

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АГРАРНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**Энергосбережение – важнейшее
условие инновационного
развития АПК**

**МАТЕРИАЛЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ
КОНФЕРЕНЦИИ**

**24-25 ноября 2011 г.
г. Минск**

Минск
БГАТУ
2011

631.371:620.9 + 620.9:004.895

УДК 620.9:001.895

ББК 31.19

Э65

Редакционная коллегия:

М. А. Прищепов, д.т.н., доцент; И.В. Протосовицкий, к.т.н., доцент;

В.И. Русан, д.т.н., профессор; Н.Е. Шевчик, к.т.н., доцент;

В.А. Коротинский, к.т.н., доцент; В.П. Степанцов, к.т.н., доцент;

В.А. Дайнеко, к.т.н., доцент; О.Ч. Ролич, к.т.н., доцент

Э65

Энергосбережение – важнейшее условие инновационного развития АПК : материалы международной научно-технической конференции, Минск, 24-25 ноября 2011 г. / М.А. Прищепов [и др.]; под ред. М.А. Прищепова. – Минск : БГАТУ, 2011. – 352 с.
ISBN 978-985-519-511-6.

В сборнике обобщены материалы конференции, посвященной рассмотрению перспектив и направлений развития энергетики, энергообеспечению, нетрадиционным и возобновляемым источникам энергии, применению электротехнологии и электрооборудования, автоматизации технологических процессов в АПК, а также энергосберегающим технологиям и техническим средствам для производства, переработки и хранения сельскохозяйственной продукции, последипломному образованию специалистов, управлению качеством образования в вузе. В докладах отражены теоретические и практические достижения ученых Беларуси, России, Украины, Молдовы, дается анализ состояния энергетики АПК и представлены перспективы ее развития.

Материалы будут полезны и интересны для научных сотрудников, занимающихся энергетикой АПК, студентов и других специалистов.

**Ответственность за достоверность публикуемых материалов
несут их авторы.**

УДК 620.9:001.895

ББК 31.19

ISBN 978-985-519-511-6

© БГАТУ, 2011

ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ

УДК 631.171: 620.9

ПРОБЛЕМЫ И СТРАТЕГИЯ УСТОЙЧИВОГО ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ СЕЛЬСКИХ ТЕРРИТОРИЙ БЕЛАРУСИ

Русан В.И., д-р техн. наук профессор

*УО "Белорусский государственный аграрный технический университет",
г. Минск, Республика Беларусь*

Надежное, экономичное и экологически чистое энергообеспечение сельских территорий является важнейшим условием инновационного развития АПК страны.

Однако в энергетическом обеспечении АПК в настоящее время отмечается сложная энергетическая ситуация. Это проявляется в виде дефицита ТЭР, постоянном росте их стоимости и высоким удельным весом в стоимости сельскохозяйственной продукции, высокой энергоемкостью и низкой энергоэффективностью, недостаточной (около 50 %) обеспеченностью кадрами специалистов-энергетиков и низкой надежностью электроснабжения потребителей.

Низкая надежность электроснабжения потребителей наносит значительный материальный ущерб сельскохозяйственному производству и отрицательно сказывается на стоимости, качестве и конкурентоспособности сельскохозяйственной продукции. Достаточно привести хотя бы такой пример, что удельный ущерб от недоотпуска 1 кВт.ч электроэнергии потребителям при аварийном отключении электроснабжения составляет от 10 до 40 тысяч рублей.

В будущем проблема надежного и эффективного энергообеспечения АПК приобретет еще большую значимость, потому что необходимо будет значительно повысить энергоэффективность сельскохозяйственного производства, увеличить энергопотребление, при этом с опережающим темпом электроэнергетики.

Особенно возрастает роль и значимость устойчивого энергообеспечения в реализации новой Государственной программы устойчивого развития села на 2011-2015 гг, в том числе с продолжением строительства агрогородков.

В связи с этим главными задачами в инновационном развитии АПК являются обеспечение надежного и экономичного энергоснабжения сельскохозяйственных потребителей и быта сельского населения, повышение эффективности сельскохозяйственного производства на основе электромеханизации и автоматизации технологических процессов, создание комфортных условий жизни сельского населения.

Для решения этих задач приоритетными направлениями в области электроснабжения потребителей АПК являются модернизация и совершенствование систем электроснабжения, снижение степени износа электрических сетей, переход на адаптивные системы электроснабжения, выбор принципов построения и путей технического развития интеллектуальных электрических сетей для повышения их надежности и качества электроэнергии, а также снижение потерь энергии и эксплуатационных затрат. Необходимо также обеспечить гарантированную надежность энергообеспечения устойчивого развития АПК страны.

Интеллектуальные электрические сети – это сети нового поколения, которые интегрируют производителей, потребителей электроэнергии и электрические сети, образуя единое информационное и коммуникационное пространство. На технологическом уровне они объединяют электрические сети, потребителей и производителей электроэнергии в единую автоматизированную систему, которая в режиме реального времени позволяет отслеживать и контролировать режимы работы всех участников процесса выработки, передачи и потребления электроэнергии.

Эти сети в автоматическом режиме оперативно реагируют на изменения различных параметров и позволяют осуществить бесперебойное электроснабжение потребителей с максимальной экономической эффективностью при одновременном снижении влияния человеческого фактора.

Проведенные расчеты показали, что децентрализованная автоматизация сельских электрических сетей с применением multifunctional автоматических пунктов секционирования (реклоузеров) позволит достичь радикального повышения надежности электроснабжения потребителей без их глобальной реконструкции.

Одним из приоритетов энергетической политики Беларуси в настоящее время и на перспективу являются энергосбережение и вовлечение в топливно-энергетический баланс возобновляемых источников энергии (ВИЭ) и местных топливно-энергетических ресурсов (ТЭР).

В соответствии с Республиканской программой энергосбережения на 2011-2015гг для Минсельхозпрода установлены следующие задания по экономии ТЭР и доли использования местных видов ТЭР.

Таблица 1.

Показатели	Годы					За 5 лет
	2011	2012	2013	2014	2015	
Экономия ТЭР, тыс. т.у.т.	140-170	110-200	100-202	100-210	100-215	550-997
Доля местных ТЭР, %	28	30	32	35	38	

Достижение поставленных показателей в сельском хозяйстве предусматривается путем реализации комплексного подхода к энергоснабжению агрогородков за счет внедрения в крупные сельскохозяйственные организации и перерабатывающие предприятия электрогенерирующих установок на местных видах топлива (МВТ), а также строительства когенерационных установок и других энергетических комплексов на биомассе и углеводородном топливе;

- использования соломы в энергетических целях в объеме до 230 тыс. т.у.т.;
- использования гелиоводонагревателей;
- модернизации зерносушилок с укомплектованием их теплогенераторами на МВТ;
- строительства локальных биогазовых комплексов в сельскохозяйственных организациях, занимающихся производством крупного рогатого скота, свиней, птицы;
- модернизации животноводческих комплексов с переходом на новые энергоэффективные технологии;
- снижения потерь воды в водопроводных сетях и непроизводительных расходов электроэнергии на перекачку воды, внедрения современных пластиковых трубопроводов;
- внедрения энергоэффективного оборудования в производстве сжатого воздуха и холода;
- внедрения энергоэффективных систем освещения в сельскохозяйственном производстве и жилищно-коммунальном секторе.

Новой концепцией энергетической безопасности Республики Беларусь на период до 2020 г. предусматривается использование нетрадиционных и возобновляемых источников энергии, при этом в нарастающих масштабах. С учетом природных, географических и метеорологических условий республики предпочтение отдается малым гидроэлектростанциям, ветроэнергетическим и биоэнергетическим установкам, установкам для сжигания отходов растениеводства и бытовых отходов, фотоэлектрическим установкам и гелиоводонагревателям, тепловым насосам.

Возобновляемая энергетика может стать основой региональных и локальных систем энергоснабжения. ВИЭ используются с целью экономии истощаемых традиционных энергоресурсов, защиты окружающей среды и улучшения условий жизни населения, особенно в сельской местности. Это обусловлено особенностями электроснабжения и специфическими условиями эксплуатации электрооборудования в сельском хозяйстве.

ВИЭ могут быть использованы для целей электро- и теплоснабжения сельскохозяйственных объектов, сушки сельскохозяйственной продукции и механического привода технологических процессов сельскохозяйственного производства и др. Наиболее эффективно использование ВИЭ при комплексном их применении, в т.ч. с установками на углеводородном

топливе. Проведенные исследования показали, что потенциал возобновляемой энергетики в республике велик и составляет 12-20 млн. т.у.т.

Для устойчивого энергообеспечения потребителей от ВИЭ наиболее эффективным представляется их комбинированное использование, в т.ч. с комплексным применением различных типов аккумуляторов электрической и тепловой энергии. Для решения этих проблем необходимо использовать соответствующие системы для энергоснабжения различных объектов, как например, жилой дом, автономные объекты в регионах, отдельные населенные пункты и т.п. Комплексный подход к использованию ВИЭ и аккумуляторов энергии обеспечивает наиболее полное использование ресурсов энергетических установок в альтернативной энергетике.

Расширение масштабов использования возобновляемых источников энергии невозможно без специалистов, которые могли бы не только разрабатывать специальное оборудование и технологии, но и грамотно эксплуатировать их на производстве. Только высококвалифицированные специалисты, понимающие, что такое возобновляемая энергия, как она производится, преобразуется и используется, смогут принимать правильные решения по энергоэффективному энергообеспечению потребителей.

В связи с расширением использования ВИЭ в АПК возникла проблема подготовки специалистов в области возобновляемой энергетики и энергосбережения. На первом этапе ее можно проводить в рамках повышения квалификации, а на втором – путем открытия специальности по возобновляемой энергетике для получения второго высшего образования.

Для подготовки научных кадров высшей квалификации в БГАТУ в 2009 г. открыта аспирантура по специальности 05.14.08 «Энергоустановки на основе возобновляемых источников энергии», проводится работа по открытию магистратуры по данной специальности.

Решением ВАК Республики Беларусь в текущем году в новом Совете Д 05.3101 при БГАТУ открыта дополнительная научная специальность 05.14.08 «Энергоустановки на основе возобновляемых видов энергии».

Создается также демонстрационная зона по возобновляемой энергетике. На базе БГАТУ в п. Боровляны установлены ВЭУ мощностью 2,5 и 7,5 кВт, фотоэлектрические установки, плоский и вакуумный гелиоколлекторы, тепловой насос и другое оборудование.

Мировой опыт показывает, что наиболее эффективно возникшие проблемы необходимо решать в комплексе на основе интеграции обучения, науки и практики. В связи с этим нами в 2007 г. предложено создать в структуре БГАТУ учебно-научно-практический центр возобновляемой энергетики и энергоэффективности (в дальнейшем «Центр»), что позволит наиболее оперативно и эффективно решать назревшие проблемы в энергообеспечении и энергосбережении в АПК.

Основной целью создания Центра являются учебно-научно-практические работы и инновационная деятельность по эффективному энергообеспечению и энергопотреблению в АПК с максимальным вовлечением местных видов топлива, возобновляемых и нетрадиционных источников энергии.

Создание такого Центра отвечает основным положениям социально-экономического развития Республики Беларусь на 2011-2015 гг., где в области образования определено придать университетам функции центров научно-инновационной деятельности, создать и развить при них субъекты инновационной инфраструктуры. Функционирование данного Центра позволит достигнуть высокого качества образования, реализовать тесное взаимодействие науки и производства, а также обеспечить формирование личности ученого и специалиста XXI века.

Реализация устойчивого энергетического обеспечения АПК невозможно без создания энергетической службы на всех уровнях с современной производственной базой и организации технического сервиса электрооборудования в соответствии с ТКП-181-2009 «Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей» и требованиями Госэнергонадзора Республики Беларусь.

В этой связи необходим переход на систему технического обслуживания электрооборудования по техническому состоянию с использованием современных информационных технологий и средств диагностирования.

Многие изложенные выше проблемы требуют решения как на государственном, так и на ведомственном уровнях.

Для их реализации с целью эффективного энергообеспечения и устойчивого развития АПК необходимо:

1. Разработать и утвердить концепцию устойчивого энергетического обеспечения АПК на период до 2020 г.
2. Разработать и принять постановление Совета Министров Республики Беларусь «О дальнейшем развитии аграрной энергетики на период до 2020г.»
3. Разработать и утвердить мероприятия по повышению надежности электрообеспечения сельскохозяйственных потребителей.
4. Создать при БГАТУ учебно-научно-образовательный центр возобновляемой энергетики и энергоэффективности.
5. Организовать подготовку и повышение квалификации специалистов в области ВИЭ и энергоэффективности.

Неотложное решение вышеизложенных проблем будет способствовать преодолению энергетического кризиса, возрождению и развитию сельских территорий, а также внесет существенный вклад в обеспечение энергетической и продовольственной безопасности Республики Беларусь.

УДК 631.372:621.1

СОВРЕМЕННЫЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕПЛОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

**Стребков Д.С., академик Россельхозакадемии, д.т.н., профессор, Тихомиров А.В.,
к.т.н., Растимешин С.А., д.т.н., профессор**

Государственное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт электрификации сельского хозяйства Россельхозакадемии, г. Москва, Российская Федерация

Повышение эффективности сельскохозяйственного производства неразрывно связано с дальнейшим развитием энергоресурсосберегающих систем теплообеспечения, существенно влияющих на снижение себестоимости и энергоемкости производимой сельскохозяйственной продукции. В связи с необходимым ростом сельскохозяйственной продукции в перспективе будут расти и масштабы потребления топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) на эти цели. Так, на 1% прироста валовой продукции с\х производства приходится до 2% прироста энергопотребления.

Сельскохозяйственное производство является крупным потребителем топливно-энергетических ресурсов в стационарных процессах в объеме около 10 млн. т.у.т. Из них свыше 60% ТЭР используется в системах теплообеспечения производственных объектов. К 2020 году ожидается рост потребления ТЭР на 20-25%.

Однако, производство и поставка отечественного теплоэнергетического оборудования и обеспеченность им производственных объектов весьма низкая и составляет менее 40%. Состояние же топливных котельных, тепловых сетей и теплоэнергетического оборудования характеризуется их старением и значительным снижением технико-экономических показателей.

Имеется прямая связь производства продукции с энергозатратами, доля которых в ее себестоимости возросла с 3-8% до 15-30%, а по некоторым видам сельскохозяйственных объектов (теплицы, птицефабрики другие) – до 30-50% и более. Это вызвано в том числе опережающим ростом тарифов и цен на электроэнергию и топливо по сравнению с ценами на сельхозпродукцию.

Поэтому имеется острая необходимость экономного использования электрической и тепловой энергии. И здесь приоритетно и наиболее эффективно – использование систем и технических средств теплообеспечения **децентрализованного типа**:

Обеспечение микроклимата – один из наиболее энергоемких процессов в системах теплообеспечения животноводческих ферм. На это используется до 60% тепловой энергии от общих затрат на теплообеспечение объекта в целом. Резервы снижения энергозатрат – точное автоматическое регулирование температурно-влажностного режима, а также использование теплоты удаляемого воздуха. Так, использование теплоутилизаторов рекуперативного типа позволяет экономить расход энергии в системах микроклимата до 50%.

Эффективная разработка ВИЭСХа – вентиляционно-отопительная установка модульного типа с утилизацией теплоты, частичной рециркуляцией и озонированием воздуха, обеспечивающая снижение годовых энергозатрат до 50% и улучшение экологии. Ожидаемый годовой экономический эффект – в среднем более 25 тысяч руб. на 1 установку.

Локальный электрообогрев молодняка животных и птицы. За счет снижения теплового фона в помещении экономия энергии на обогрев помещения достигает 30% и более. Это позволяет осуществить новые низкотемпературные радиационные обогреватели, разработанные ВИЭСХом совместно с промышленными предприятиями.

К 2014 году в Европейском Союзе (ЕС) все здания государственного и частного сектора должны иметь соединенные сетью энергоустановки, использующие местные возобновляемые источники энергии. Данное требование действует в ЕС согласно директиве 2009/28 от 23.04.2009 г. и программам «Миллион солнечных крыш», реализуемых в Европе, США и Японии.

В России также подготовлены и будут приняты соответствующие законы. В первую очередь необходимо обеспечить сельские здания теплом и горячей водой. В Краснодарском крае круглогодичное теплоснабжение зданий и объектов сельскохозяйственного производства можно обеспечить с помощью солнечных коллекторов и аккумуляторов тепла.

В средней и северных широтах солнечное отопление эффективно в течение 7-8 месяцев, а в зимнее время необходимо использовать ветроустановки, котлы на пеллетах и тепловые насосы.

В ГНУ ВИЭСХ разрабатываются гибридные солнечные модули с концентраторами для производства тепла и электроэнергетики, созданы образцы экологически чистых ВЭС без лопастей мощностью 1-3 кВт.

Важнейшей задачей является перевод всех котельных на когенерационные энергетические установки (микро ТЭЦ) российского и зарубежного производства, это позволяет в 2 раза снизить затраты на электроэнергию и тепло.

В ГНУ ВИЭСХ разработаны экспериментальные установки и технологии получения жидкого котельного топлива из отходов сельскохозяйственного производства, отходов переработки древесины и торфа производительностью до 10 т/час (до 2 МВт по электроэнергии).

Основными направлениями работ на перспективу по электрификации тепловых процессов должны являться:

- обоснование и разработка эффективных энергосберегающих систем и средств комплексного энергообеспечения и электрификации тепловых процессов с минимальными энергетическими и приведенными затратами (с учетом использования энергосберегающих устройств – теплоутилизаторов, тепловых насосов, гелиоустановок и др.);
- разработка и широкое внедрение теплоэнергетических установок, работающих на местных видах топлива, отходах сельскохозяйственного производства, а так на базе возобновляемых и нетрадиционных источниках энергии.
- обоснование и разработка новых способов и технических средств непосредственного применения электроэнергии в тепловых технологических процессах (электротехнологиях) – электротермической обработки и приготовления кормов, молока, соков и других видов сельскохозяйственной продукции;

- разработка и внедрение новых технических средств для электронагрева воздуха и локального обогрева молодняка животных и птицы, растений, для производства и обработки сельскохозяйственной продукции, используемых в отдельных технологических процессах;

- создание автоматизированных систем управления электротепловыми процессами (АСУ ЭТП) на животноводческих фермах и на других объектах в целом, с использованием децентрализованных систем регулирования.

Формирование и массовое внедрение энергосберегающих технологий в сельском хозяйстве может обеспечить в целом снижение энергозатрат на 20-30% и более.

Основной задачей сельскохозяйственной теплоэнергетики следует считать снижение энергоемкости сельскохозяйственной продукции. С этой целью необходимо усовершенствование теплоэнергетического оборудования и его эксплуатации, а также разработка и внедрение новых энергоэкономных технологий, отработка структуры и рациональных схем теплоснабжения.

Экономические механизмы реализации стратегии энергосбережения должны включать в том числе разработку региональных социально ориентированных программ производства и потребления энергии, региональных центров и фондов энергосбережения, ценовую, налоговую и инвестиционную политику.

Разработка научных основ и решение первоочередных задач развития энергетики позволят решить актуальные вопросы рационального энергообеспечения сельскохозяйственных потребителей, экономии топливно-энергетических ресурсов, осуществить внедрение принципиально новых технологий, технических средств и видов топлива со значительным экономическим эффектом.

УДК 621.311.1

КЛАССИФИКАЦИЯ И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ ЭНЕРГОТЕХНОЛОГИЙ И УСТАНОВОК С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕСТНЫХ И ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ РЕСУРСОВ В АПК

Герасимович Л.С. д.т.н., академик, Ланкевич Ю.И. аспирант, Синенький А.В., Кошелев В.В. инженер

*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,
Институт энергетики НАН Беларуси
г. Минск, Республика Беларусь*

Современная энергоэкономическая ситуация в Беларуси предполагает энергоэффективное реформирование деятельности всех отраслей народного хозяйства. Одной из составляющих такой реструктуризации является изменение структуры потребления топливно-энергетических ресурсов (ТЭР).

Проблемы использования ТЭР на современном этапе сталкиваются со следующими факторами: существенным повышением цен на большинство видов ресурсов; увеличением доли энергозатрат в себестоимости продукции; ростом зависимости от изменения цен на импорт ТЭР. Положение дел можно существенно улучшить за счет вовлечения в структуру действующего энергетического хозяйства возобновляемых и источников энергии и местных биоресурсов использованию которых в мировой практике уделяется все большее внимание.

Целью разработанной Национальной программы развития местных и возобновляемых энергоресурсов на 2011 – 2015 годы является определение основных организационных и технических мероприятий, позволяющих обеспечить долю собственных энергоресурсов в балансе котельно-печного топлива до 30 процентов в 2015 году [1].

Анализ потенциального объема запланированных мероприятий по установке различных типов энергоустановок с использованием нетрадиционных и возобновляемых энергоресурсов на производственных объектах Беларуси достаточно разносторонний и охватывает все сферы народного хозяйства. Наиболее встречающиеся диапазоны мощностей и виды установок представлены ниже.

При подготовке этой программы для объектов АПК более важными запланированными мероприятиями (по запросам областей) является:

- строительство 25 линий по производству топливных гранул (пеллет, брикетов) из соломы и костры единичной производительностью 10 т/сутки;
- потенциально возможный объем строительства 775 биогазовых комплексов, с диапазоном мощности 0,19-3,1 МВт электрической энергии;
- внедрение 39 тепловых насосов с диапазоном мощности 5-20 кВт тепловой энергии.

В отрасли ЖКХ запланировано:

- строительство 8 котельных работающих на местных видах топлива с диапазоном 2-15 МВт тепловой энергии;
- строительство 13 мини ТЭЦ работающих на местных видах топлива с диапазоном мощности 0,25-60 МВт электрической энергии;
- строительство 19 биогазовых комплексов работающих на отходах сточных вод с диапазоном мощности 0,2-7,9 МВт электрической энергии;
- строительство 11 биогазовых комплексов работающих на захоронениях твердых коммунальных отходов с диапазоном 0,2-8,4 МВт электрической энергии;
- внедрение 46 тепловых насосов с диапазоном 5-230 кВт тепловой энергии.

В других областях народного хозяйства, также запланированные различные мероприятия:

- строительство новых и реконструкция действующих гидроэлектростанций мощностью 102 МВт;
- строительство ветроэнергетических установок мощностью 460 МВт;
- внедрение 172 гелиоводонагревателей и гелиоустановок и т.д.

Главными требованиями энергоэффективности АПК является энергоэкономичное, бесперебойное и качественное комплексное энергообеспечение предприятий всех отраслей аграрного производства. С позиции совместного эффективного использования различных энергоресурсов и энергобезопасности АПК необходимо научное обоснование длительного комплексного использования традиционных централизованных и нетрадиционных местных и возобновляемых энергоресурсов. При этом особое значение имеют предприятия и агрогородки АПК, обладающие значительным энергетическим потенциалом местных, вторичных и возобновляемых ресурсов.

Социальный и экономический эффект комплексного энергообеспечения агрогородков возникает на различных этапах развития энергетики: при эксплуатации, планировании, прогнозировании развития, строительстве новых и реинжиниринг существующих энергосистем.

Для предпроектного технико-экономического обоснования эффективного и рационального варианта комплексного энергообеспечения с использованием местных и возобновляемых энергоресурсов необходимо знать ряд существенных экономических и энергетических параметров и показателей: потенциал первичных ресурсов и виды потребляемой энергии, прогнозные цены первичных ресурсов и т.д.

Для моделирования комплексной энергосети при выборе оптимального варианта энергообеспечения агрогородков требуется обобщенная база данных в системе классификации энерготехнологий и энергогенерирующих установок.

Разработана такая классификация, в ней необходимая информация представлена в удобной форме в виде фрагментов таблиц.

На основе анализа источников информации [2, 3] в таблице 1.1 представлены классы первичных энергоресурсов и известных типов конверсионных энерготехнологий, а в таблице 1.2 - основных энергетических и удельных экономических показателей и типов конверсионных энергоустановок.

Таблица 1.1 Первичные энергоресурсы и энерготехнологии

№	Тип первичного энергоресурса	Вид первичного энергоресурса	Тип энерготехнологий	Вырабатываемый энергоноситель
1	Местные энергоресурсы			
1.1	Биомасса	отходы древесины, солома, щепа, опилки, быстрорастущие растения, злаки, бобовые и т.д.	Газификация, пиролиз	Пиротопливо: газообразное, жидкое, твердое, топливный газ

Таблицы разработаны на основе имеющейся мировой информации. В таблице 1.1 содержатся данные, которые помогут выбрать энерготехнологии исходя из имеющихся первичных энергоресурсов. Данные, содержащиеся в таблице 2.2, дают наглядное представление об установках, которые будут устанавливаться в рамках разработанной Национальной программы развития местных и возобновляемых энергоисточников на 2011 – 2015 годы. Данные включают в себя сведения о виде первичного энергоносителя для установки, какой вид энергии вырабатывает установка, диапазон мощности установок, целесообразных для внедрения в АПК Беларуси, диапазон КПД установок. Также содержатся данные об удельных капиталовложениях на единицу устанавливаемой мощности и об эксплуатационных затратах на обслуживание установки на единицу мощности в год. Эти данные необходимы для моделирования работы установки на краткосрочный и среднесрочный период времени.

Таблица 1.2 Энергетические и экономические показатели конверсионных энергоустановок.

Тип энергоустановки	Вид первичного энергоносителя	Вид вырабатываемой энергии	Мощность установок	КПД энерготехнологии, %	Удельные капиталовложения, долл/кВт	Удельные эксплуатационные затраты, долл/кВт/год
Газогенераторы	Отходы древесины, солома, щепа, опилки, быстрорастущие растения, злаки, бобовые.	тепловая	0,04-10 МВт	80-92	420-498	176

Анализ таблиц открывает широкие возможности моделирования различных конверсионных энерготехнологий местных и возобновляемых энергоресурсов, но одновременно показывает большие диапазоны изменения количественных значений удельных показателей энергоустановок, которые зависят от единичной энергетической мощности, типов и рыночной конъюнктуры энергетического оборудования.

Существенный размах удельных показателей характеризует рыночное состояние различных энерготехнологий и установок на мировом рынке. Последнее при моделировании требует обоснование комплекса допустимых показателей при выборе вариантов энергообеспечения и поставщика энергооборудования при оценке потенциала энергоэффективности агрогородков для учета жизненного цикла и сроков обновления основных производственных технологий.

Предпроектный отбор энергоэффективных мер позволяет провести оценку различных вариантов систем энергоснабжения агрогородка перед тем, как выполнять более детализированный анализ сценария бизнес-плана. Такой отбор может включать количественную оценку потенциала энергосбережения (т.у.т.), стоимость сэкономленной энергии (\$/т.у.т.) для каждой энерготехнологии.

Таким образом, данные содержащиеся в классификаторе, являются базой для моделирования систем комплексного энергообеспечения при решении вопросов энергобезопасности и энергоэффективности производственной и социально-бытовой сфер агрогородков, разработки научно-методических рекомендаций по выбору энергоэффективных решений по совершенствованию энергосистем агрогородков и предпроектной технико-экономической оценки для принятия решения о выборе приемлемых энергоэкономических сценариев и поставщиков энергетического оборудования для последующей разработки детального бизнес-плана проектов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Национальная программа развития местных и возобновляемых энергисточников на 2011 – 2015 годы: постановление Совета Министров Республики Беларусь от 10 мая 2011 № 586. - Минск, 2011. – 21 с.
2. Технологическая картина мировой энергетики до 2050 г [электронный ресурс] / И.Э. Шкрадок, В.А. Чупров. – Москва, 2010. – Режим доступа: <http://www.rgo.ru/wp-content/uploads/2011/02/Kartina-mira.pdf>. – Дата доступа: 10.06.2011.
3. Биогаз на основе возобновляемого сырья. Сравнительный анализ шестидесяти одной установки по производству биогаза в Германии [электронный ресурс] / Специальное агентство возобновляемых ресурсов (FNR). - Брауншвайг Германия 2010. – Режим доступа: http://www.fnr-server.de/ftp/pdf/literatur/pdf_426-online_russ_brosch_bmpii_kurz_2010.pdf. – Дата доступа: 20.08.2011.

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ НАРОДНО-ХОЗЯЙСТВЕННОГО КОМПЛЕКСА РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Маньшин Г.Г., член-корреспондент НАНБ, Агаев Н.Н.

Существующие мощности по производству электрической энергии при соответствующей системе потребления могут быть значительно уменьшены. Поясняется это следующими соображениями.

Для обеспечения необходимого цикла производства каждое предприятие заказывает определенную величину мощности. Понятно, что заказанная мощность, умноженная на время действия, - есть электрическая энергия, которая всегда превышает реально потребленную предприятием электрическую энергию. Количество сгорасомого в топках министерства энергетики энергетического сырья всегда больше необходимой для функционирования предприятия величины. Это относится и к газотурбинным, и газопоршневым источникам энергии, установленным на предприятиях. И вообще это относится ко всей мировой энергетике.

На примере Республики Беларусь рассмотрим количественную сторону данной проблемы. По данным министерства энергетики в 2010 году в нашей Республике собственными генерирующими мощностями выработано в течение года $8,6 \cdot 10^6$ (восемь миллионов шестьсот тысяч) кВт электрической мощности, что в переводе на электрическую энергию составляет $7,5336 \cdot 10^{10}$ (семьдесят пять миллиардов триста тридцать шесть миллионов) кВт·час.

Потребителям выдано в течение года $3,91 \cdot 10^{10}$ (тридцать девять миллиардов сто миллионов) кВт·час электрической энергии. Превышение составляет 1,93 единицы. В том же году от Российской Федерации и Украины получено $2,5 \cdot 10^{10}$ (двадцать пять миллиардов) кВт·час электрической энергии. Разница между количеством полученной из Российской Федерации и Украины и количеством выданной электрической энергии потребителям в 2010 году – и есть электрическая энергия, полученная белорусскими потребителями от собственных генерирующих мощностей. Это составляет $(3,91 - 2,5) \cdot 10^{10}$ кВт·час, что равно $1,41 \cdot 10^{10}$ кВт·час. В этом случае превышение составляет $7,5336 \cdot 10^{10} / 1,41 \cdot 10^{10} = 5,343$ единицы.

Выработано собственными генерирующими мощностями	$7,5336 \cdot 10^{10}$ кВт·час
$8,6 \cdot 10^6$ кВт электрической мощности	электрической энергии
Выдано потребителям	$3,91 \cdot 10^{10}$ кВт·час
Превышение	1,93 единицы
Получено от РФ и Украины	$2,5 \cdot 10^{10}$ кВт·час
Получено от собственных генерирующих мощностей	$1,41 \cdot 10^{10}$ кВт·час.
Превышение	5,343 единицы

При КПД генерирующих мощностей 0,45 (без учета потерь на транспортировку электрической энергии) только 8,4% от энергии энергетического сырья доходит до потребителя.

Наша энергетическая система не просто плохая, она - никудаынная! Правда должен признать, что в России и в Украине еще хуже.

Действующий во всем мире способ потребления электрической энергии предусматривает передачу электрической энергии через распределительные сети потребителям. Такой способ доставки электроэнергии является функцией электроудаленности потребителей и функцией величины мгновенной мощности потребления. В практическом плане это выражается:

- в необходимости поддержания постоянной излишней мощности в системе для исключения флуктуаций напряжения и частоты;
- в применении трансформаторов большей мощности;
- в увеличении сечения электрических проводников;
- в аналоговом регулировании параллельной работы трансформаторов в закольцованной единой электрической системе.

В течение суток генерирующие мощности, даже исключая утренние и вечерние пики мощностей, в 3 ÷ 4 раза превышают интегральную мощность суточного потребления электрической энергии. К примеру, месячная величина электрической энергии, потребляемая одним человеком в жилом секторе, колеблется в пределах 60 ÷ 80 кВт·час. Проектная установочная мощность на одного человека составляет 1 кВт. Теоретическая величина электрической энергии, которая может быть получена потребителем за месяц - 720 кВт·час, что почти на порядок превышает реальные потребности. Фантастическую картину низкой эффективности систем генерации и потребления электрической энергии дополняет промышленный сектор, редко работающий круглосуточно и с постоянной нагрузкой. Основными производителями электрической энергии (до 90%) являются ТЭЦ, ТЭС, ГЭС, АЭС, работающие круглосуточно и не имеющие технических систем и устройств, реагирующих на мгновенные изменения потребляемой мощности. Газопоршневые и газотурбинные генераторы электрической энергии, включающиеся в единую систему как пиковые мощности, занимают 10% общей энерговооруженности. В этом разделе мы не будем рассматривать альтернативные источники энергии, так как нас в первую очередь интересуют не способы генерации, а способ потребления.

Главной задачей современных энергогенерирующих систем является обеспечение величины мощности, равной пику мощности в суточном графике потребления, что и определяет график работы генерирующих мощностей, который никак не связан с реальной величиной потребления электрической энергии. Системы энергоснабжения и потребления работают без обратной связи. Стоит заметить, что это относится не только к электрической, но и к тепловой энергии. Решение данного технического противоречия – в создании систем потребления тепловой и электрической энергии от аккумулирующих преобразователей мощности. Работоспособность таких систем, не зависящая от параметров поставляемой энергии (температура, напряжение, частота, непрерывность, мощность) и типа генерирующих энергию устройств составит, на наш взгляд, основу будущей энергетики.

В докладе рассматриваются аккумулирующие преобразователи электрической энергии и примеры их использования.

Создание аккумулирующих преобразователей мощности электрической энергии приводит:

➤ к фактическому увеличению генерирующих мощностей в 3-4 раза, что адекватно такому же увеличению запаса, добычи, транспортировки и преобразованию не существующего на земле энергетического сырья и без дополнительных воздействий на окружающую среду;

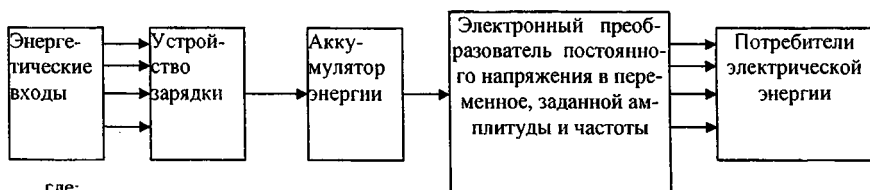
➤ к формированию благоприятных условий по развитию качественно нового витка научно-технического прогресса, внешними формами проявления которого могут быть:

- открытие энергетических источников расширяющейся Вселенной;
- новая теория энергии;
- устройства концентрации рассеянной тепловой энергии без энергетического узла;
- аккумуляторы энергии большой емкости;
- изоляционные устройства, охватывающие практически весь спектр электромагнитного излучения;
- устройства компенсации разницы давлений при движении тела в скалярных полях давлений;
- ветроустановка с эжекторным насосом вместо ветроколеса;
- иной газотурбинный цикл;
- термопары с коэффициентом преобразования до 90%;
- реактивный глушитель;
- нагревательный элемент с коэффициентом преобразования более 3÷5 единиц, реализующий обратный эффект Комптона;
- трансформатор-генератор с обмоткой, компенсирующий напряженность полезной нагрузки и т.д.

Разработка и внедрение аккумулирующих преобразователей мощности в основном зависит от появления аккумуляторов большой емкости, обеспечивающих бесперебойные поставки энергии потребителю минимум в течение суток. Но даже ионные аккумуляторы в экспериментальной модели позволяют построить опытный образец.

Анализ возможностей существующих аккумуляторов энергии особо выделяет аккумуляторы кинетической энергии, единственным слабым звеном которых является граница прочности маховика, определяющаяся величиной центробежной силы или, точнее, силой инерции массы вращающегося тела.

Ниже приведена блок-схема устройства потребления электрической энергии,



где:

- энергетические входы – различные источники энергии;
- устройство зарядки, преобразующее постоянное и/или переменное напряжение во вращательное движение или ток зарядки ионных аккумуляторов;
- аккумулятор энергии – это аккумуляторы, работающие на любых известных принципах (ионные, кинетические, пружинные и т.д.);
- электронный преобразователь с корректором мощности, обеспечивающий потребителя необходимыми характеристиками напряжения, частоты и мощности.

Мощность зарядки определяется только емкостью аккумулятора, скачки мощности на стороне потребителя изолированы от производства электроэнергии, что позволит рассчитать

и обеспечить потребление энергетического сырья в энергетически адекватных потреблению количествах (с учетом коэффициента преобразования генераторных систем).

Значительное снижение токовой нагрузки в системах распределительных сетей, устранение волновых перепадов напряжения, улучшение параллельной работы трансформаторных подстанций, приемлемая по времени динамика перераспределения генерирующих мощностей – это только видимая часть повышения энергоэффективности. Вне зависимости от динамики создания и внедрения аккумулирующих преобразователей мощности, проблемы потребления и энергосбережения не теряют своей актуальности.

В докладе приводится анализ установок по компенсации реактивной мощности и предложения по применению устройств фильтрующих конденсаторных с токодемпфирующими функциями.

УДК 674:621.928.93

ПУТИ СНИЖЕНИЯ ЭНЕРГОЗАТРАТ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ТВЕРДОГО ТОПЛИВА ИЗ БИОМАССЫ

Войтов В.А., д.т.н., проф., Дрыгуля С.В., аспирант, Бунецкий В.А., аспирант
Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства им. П. Василенко г. Харьков, Украина

В последние годы осуществляется быстрый переход к использованию биомассы как топлива. ЕС декларирует до 2030 года замещения четвертой части потребляемого топлива для транспорта за счет жидких видов биотоплива. Это значительно снизит уровень зависимости стран ЕС от импорта ископаемых видов топлива.

По заказу Национального агентства Украины по вопросам обеспечения эффективного использования энергетических ресурсов Институтом технической теплофизики НАН Украины в 2008 году был исследован и проанализирован потенциал нетрадиционных и возобновляемых источников энергии и выполнена оценка сельскохозяйственных отходов, отходов деревообработки, энергетических культур, биодизеля, биоэтанола, биогаза с отходов животноводства, торфа [1]. Как показали расчеты экономический потенциал биомассы в Украине, доступной для получения энергии, составляет 27 млн. тонн условного топлива на год [2].

Альтернативой отходам деревообработки для прессования топливных гранул (пеллет) являются сельскохозяйственные отходы (солома, лузга зерновых культур, риса, кукурузы, подсолнечника). Сельскохозяйственные отходы могут быть значительным источником твердого топлива для сельских регионов.

Теплотворная способность при сжигании соломы пшеницы составляет 17-18 МДж/кг, рапсовой соломы 16-17 МДж/кг, отходов кукурузы 18 МДж/кг. Для сравнения: теплотворная способность древесины составляет 17,5-19 МДж/кг.

Наиболее экономически выгодным является использование твердого топлива из биомассы в виде брикетов или пеллет, т.к. это не требует замены котлов и экономит средства на транспортных расходах.

Технологические процессы получения пеллет состоят из четырех этапов: измельчение; сушка; гранулирование; охлаждение и упаковка.

Анализ работы [3] показывает, что одним из путей снижения энергозатрат при производстве твердого топлива из биомассы является перераспределение мощности: снижение мощности прессового оборудования в 25 раз при одновременном увеличении мощности на измельчение в 2 раза (замена молотковой дробилки на дезинтегратор). Уменьшение тонины помола биомассы перед прессованием с одновременной активацией биомассы также приводит к повышению качества получаемых пеллет.

В качестве устройства для измельчения биомассы может выступать дезинтегратор [4]. Научные основы применения дезинтегратора для измельчения строительных материалов

разработаны Й.О. Хингом, однако для измельчения биомассы, имеющей влажность до 20%, например соломы, используемый принцип удара – малоэффективен.

Поэтому была разработана конструкция дезинтегратора, где используются два принципа измельчения: удар и истирание одновременно. В начале измельчения в большей степени используется удар, на конечной стадии измельчения – в большей степени используется истирание. Такая конструкция позволяет снизить энергозатраты на измельчение при одновременном повышении качества помола.

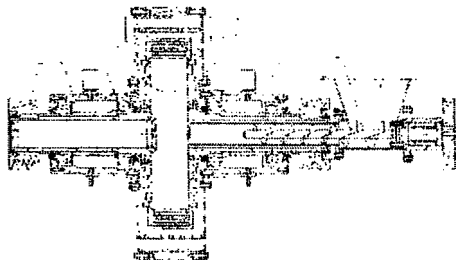


Рис. 1 – Вид общий дезинтегратора

Вид общий дезинтегратора представлен на рис. 1, из которого следует, что устройство состоит из двух, вращающихся навстречу друг другу роторов 3. загрузка биомассы происходит через полый вал ротора с помощью шнека 7 внутрь помольной камеры 1. Удар и истирание происходит между рабочими колесами 2, конструкция которых представлена на рис. 2.

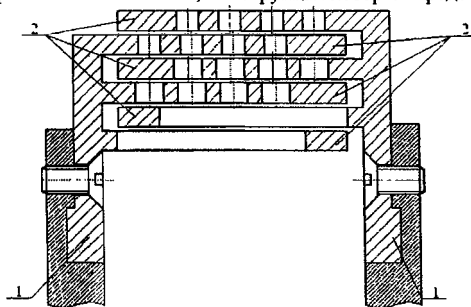


Рис. 2 – Рабочие колеса дезинтегратора
1 – рабочие диски; 2 – рабочие кольца

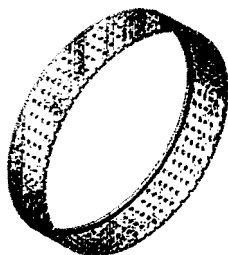


Рис.3 – Рабочее кольцо

При столкновении биомассы с отверстиями происходит измельчение за счет удара, а в зазоре между вращающимися навстречу друг другу колесами, происходит измельчение истиранием. Внешний вид колеса представлен на рис. 3.

При применении для измельчения различных видов биомассы такого принципа помола средний размер тонины составляет 70 мкм при производительности 3,6 т/ч. При этом дезинтегратор потребляет мощность 18 кВт.

Новый технологический процесс исключает из цепи измельчения молотковую дробилку, вместо которой применяется дезинтегратор. Дезинтегратор может обеспечивать наноизмельчение до уровня 5...10 мкм. Кроме этого, дезинтегратор

может выполнять измельчение биомассы с уровнем влажности до 40 %, что исключает из технологического процесса сушку.

Измельчение до наноуровня вызывает разрушение клеток, что приводит к снижению энергозатрат при прессовании. Конечный продукт – пеллета или брикет, имеет физико-механические характеристики на уровне древесного угля, что соответствует международным стандартам.

ЛИТЕРАТУРА

1. Біопалива: Технології, машини, обладнання / В.О. Дубровін, М.О. Корчемний, І.П. Масло та інші – К.: ЦП «Енергетика і електрифікація», 2004. – 256 с.
2. Новітні технології біоенергоконверсії: Монографія / Я.Б. Блюм, Г.Г. Плехува, І.П. Григорук та інші – К.: «Аграр Медіа Груп», 2010. – 326 с.
3. Бунецький В.О. Аналіз технологічних процесів отримання твердого палива у вигляді пеллет або брикетів / В.О. Бунецький // Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН, Вісник центру наукового забезпечення АПВ Харківської області, випуск 10, 2011. – с. 328-340.
4. Пат. 2353431 Российская федерация, МПК В02С13/22. Дезинтегратор / заявитель и патентообладатель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования Белгородский государственный технологический университет В.Г. Шухова; заявлено 01.10.2007; опубликовано 27.04.2009.

УДК 631.171: 65.011.56
**ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА**

И.И. Гируцкий И.И., докт. техн. наук, доцент
*РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»
г. Минск, Республика Беларусь*

Современное сельскохозяйственное производство нуждается в высокоэффективных системах управления технологическими процессами. Надежность, адаптивность (гибкость), возможность обеспечения согласованного управления разнородными объектами и построения распределенных многоуровневых систем управления вот основные требования, предъявляемые к современным системам управления. При этом современные программно-технические комплексы позволяют придавать системам управления интеллектуальные свойства. Т.е. система управления не просто поддерживает заданные параметры, например температуру, производительность и др., но и корректирует их в связи с наличием тех или иных условий, осуществляет архивацию важных параметров и аварийных событий и т.д. Придание системам управления интеллектуальных свойств позволяет в максимальной мере проявить эффективность современной автоматизации, проявляющуюся в снижении расхода дорогостоящих кормов и энергии на единицу продукции.

В качестве примеров подобных подходов рассмотрим несколько разработок применительно к автоматизации различных технологических процессов.

Система жидкого кормления является передовой технологией в области свиноводства. Жидкое кормление имеет ряд преимуществ по сравнению с системой сухого кормления [1,2]. Кормление вволю в наши дни является одной из важнейших систем кормления. В РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» разработан комплект оборудования, который обеспечивает высококачественную систему жидкого кормления, которая может работать по принципу нормированного кормления или кормления вволю.

При этом разовая доза корма, необходимая для обеспечения животных может меняться в широких пределах, с изменением численности животных, их массы и аппетита. В то же время производительность оборудования рассчитывается на максимально возможное число животных и их максимальную массу с необходимостью раздачи кормов за определенное время. Так, согласно экспериментальным исследованиям в цехе откорма СПК «Восходящая Заря» получены следующие данные по объемам раздаваемого жидкого корма и затрачиваемого для этого времени работы оборудования с постоянной производительностью (табл.).

Табл. Экспериментальные данные по необходимым объемам замеса корма и времени работы оборудования для приготовления и раздачи жидкого корма в цехе откорма свино-комплекса за 1 день кормления

Объем корма, кг	1177	1441	2090	1650	979	1793	913	1851	1958
Время кормления, сек	950	1010	1477	1220	840	1267	806	1344	1404

В то же время на одно кормление по принятой технологии допускается время до 1800 сек. Таким образом (см. табл.) имеется возможность снижения производительности оборудования и соответствующего снижения затрат электроэнергии в силу значительных колебаний в объемах потребляемого корма.

Снижение затрат электроэнергии на привод оборудования для приготовления и раздачи кормов осуществляется благодаря уменьшению частоты вращения электроприводов и, соответственно, снижению производительности оборудования при сохранении постоянным суммарного времени приготовления и раздачи жидких кормов свиньям. Расчеты, проведенные применительно к данным табл. и эксперименты, показывают, что выбор минимальной производительности оборудования для раздачи корма, обеспечивающего технологически обоснованное время кормления позволяет экономить не менее (20..40)% затрат электроэнергии. Процесс приготовления и раздачи

выполняется круглосуточно в автоматическом режиме. Этот процесс продолжается циклически в течение 100...130 дней до достижения требуемой массы свиней.

В промышленном свиноводстве большие затраты тепловой и электрической энергии связаны с созданием параметров микроклимата. Как показывают результаты компьютерного моделирования (рис.) и в этом случае, придание системе свойств интеллектуальности позволяет существенно повысить эффективность производства свинины. Поскольку при этом учитываются такие параметры как количество и масса животных в помещении, наружная температура воздуха, стоимость кормов и энергии. Моделирование осуществлялась при различных вариантах откорма свиней (рис.):

1. Поддерживается постоянный уровень кормления $\alpha=2,8$ и постоянная температура внутреннего воздуха $t_{вн}=16^{\circ}\text{C}$.
2. Поддерживается постоянный уровень кормления $\alpha=2,8$ и вычисленная нижняя критическая температура для данного уровня кормления.
3. Уровень кормления выбирается таким, чтобы рентабельность откорма была максимальной, температура внутреннего воздуха равна нижней критической для данного уровня кормления.

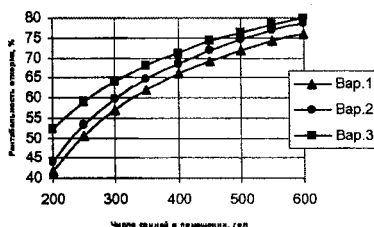


Рис.1. Зависимость рентабельности откорма свиней от количества свиней в помещении при различных вариантах откорма.

Т.е. придание интеллектуальности системе управления откормом свиней позволяет на 2...5% повысить рентабельность откорма.

Разработка микропроцессорной системы управления температурно-влажностным режимом картофелехранилища позволила обеспечить (рис.2):

- точное соблюдение технологических режимов хранения картофеля;
- эффективное использование естественного холода, преимущественно в ночное время, для поддержания требуемых температурных режимов;
- расширение информационных и управляющих функций системы, запись и хранение значений температур за заданный интервал хранения;
- отображение техпроцесса графическое и буквенно-цифровое;
- вывод и архивацию аварийных сообщений.

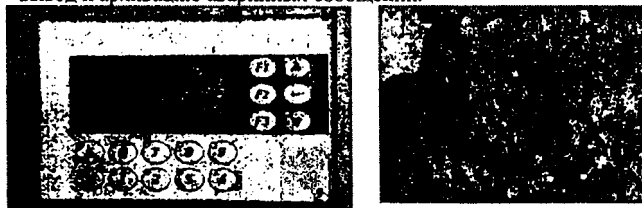


Рис.2. Элементы микропроцессорной системы управления температурно-влажностным режимом картофелехранилища

Все большее внимание уделяется экономии энергоресурсов путем автоматизации систем теплоснабжения не только производственных, но и административных и жилых зданий. Нами разработана и введена в промышленную эксплуатацию интеллектуальная система управления и учета теплоснабжения здания инновационного центра Московского государственного агроинженерного университета имени В.П. Горячкина (рис.3).

Применение системы обеспечивает:

1. гибкое (день/ночь, часы) изменение температуры воздуха в помещениях в соответствии с заданным графиком;
2. распределенный учет энергопотребления по участкам, суткам, часам;
3. архив аварий;
4. экономию энергоресурсов 10..30 %;
5. дистанционную передачу данных.

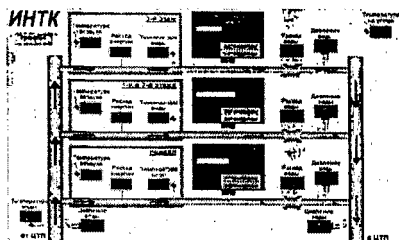


Рис. 3. Элементы интеллектуальной системы управления и учета теплоснабжения здания инновационного центра МГАУ

УДК 621.311

ОСНОВЫ ПРИКЛАДНОЙ ТЕОРИИ И МЕТОДЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭНЕРГОИСПОЛЬЗОВАНИЯ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ АПК

Карпов В.Н. доктор технических наук, профессор
Санкт-Петербургский государственный аграрный университет
Санкт-Петербург-Пушкин, Российская Федерация

Цель настоящей статьи - выявить существенную специфику потребительской энергетики АПК, не позволяющую удовлетворяться методами повышения энергоэффективности промышленной энергетики и определяющую самостоятельность существования научно-прикладного понятия агропромышленной потребительской энергетики, требующего специальных методов научного анализа и практических решений по управлению эффективностью использования энергии.

Требование повышения эффективности использования энергии привело к переосмыслению содержания понятия «потребление энергии», об эффективности которого и идет речь. Первым этапом энергообеспечения производства является выбор энергетического оборудования, то есть определение номинальной мощности по максимальной расчетной. В недавнем прошлом этим этапом и завершалась, по существу, подготовка специалиста – энергетика в вузе, поскольку выбором оборудования решается вполне определенная задача – надежное энергообеспечение механизмов и процессов. Обеспечение энергоэффективности по смысловому содержанию является следующим этапом энергообеспечения, для которого выбранное оборудование со всей инфраструктурой становится технической базой, определяющей все разнообразие (как по физико-химическому содержанию так и по эффективности) энергетических процессов, определяемых технологией производства. С учетом этого задача повышения эффективности должна формулироваться как комплексная, включающая анализ всех процессов, обоснование адекватных критериев эффективности, исследование зависимостей,

влияющих на величину критерия, разработку частных и обобщающих методов повышения эффективности.

Указанный подход к развитию схемы размещения оборудования реализован в [1] и представлен в виде энергетической схемы потребительской энергетической системы (ПЭС), приведенной на рис. 1.

Основным отличием схемы является наличие в ней энерготехнологических процессов (ЭТП) трех видов: 1-основные, производственные, результатом которых является продукция; 2- вспомогательные, с промежуточным для производства результатом; 3-энергетические процессы, обеспечивающие необходимые условия жизнедеятельности (обогрев, освещение, вентиляция). ЭТП не только определяют вид необходимой для производства энергии, но и ее минимальное количество для заданного объема П продукции при известном удельном расходе на единицу результата каждого ЭТП. По существу, с установления указанного удельного показателя и начинается анализ энергетической эффективности функционирования ПЭС. Схема дает возможность при анализе учитывать структурную иерархию системы (элемент, линия, ЭТП), что обеспечивает системную адресность показателей эффективности при ее анализе. Кроме этого, ПЭС по характеру энергетических процессов делится на две зоны: передачи энергии (ее образуют линии, подводящие энергию к ЭТП) и использования энергии (собственно ЭТП).

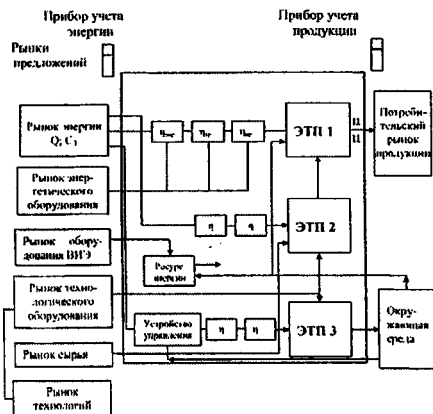


Рис. 1 Энергетическая схема ПЭС

Для второй зоны показатель эффективности процессов определен только для продук-

ции в виде ее энергоемкости $Q_P = \frac{Q}{P}$. Этот же показатель характеризует энергетическую эффективность всей системы. Поскольку введено понятие результата R для ЭТП, а продукция является его частным случаем, то в общем случае для любого ЭТП энергоемкость результата $Q_R = \frac{Q}{R}$ также может служить показателем эффективности. Для элементов и линий передачи энергии в [1] обоснована в качестве показателя эффективности процесса относи-

тельная энергоемкость $Q_3 = \frac{Q_H}{Q_K}$, равная отношению подведенной к элементу энергии к энергии в конце. В этой же работе показано, что относительная энергоемкость линейно связана с энергоемкостью продукции выражением что позволяет унифицировать методы анализа и управления эффективностью для всей потребительской системы. Этим дополнительно подчеркивается единство ПЭС. Однако, необходимость практической минимизации энергоемкости продукции требует разработки метода, ориентированного на приближение к известному минимальному значению. В разработанном в [1] методе такими значениями являются

уже упоминавшаяся удельная энергия на единицу результата для зоны ЭТП и относительная энергоемкость для номинальной или принятой расчетной нагрузки для технических элементов зоны подвода энергии к ЭТП. Поскольку энергоемкости при других условиях зависят от свойства элемента или среды передавать энергию, то для управления эффективностью эти зависимости надо знать или определять в процессе энергоаудита.

Отсутствие возможности описать изменение мощности во времени простыми функциями не позволило использовать теорию оптимизации для решения задач энергосбережения в ПЭС.

В основу теоретического обоснования практического метода энергосбережения положены измеримость энергетических показателей, признания энергии в ПЭС как объемной субстанции; мощности как неполной производной энергии в одном сечении объема, возможности перехода к полному отражению динамики процесса движения энергии через отношение мощностей в двух сечениях цилиндрического элемента. Разработанный на основе этих допущений метод конечных отношений (МКО) подтвержден алгебраическим преобразованием закона сохранения и выражением производной для относительной энергоемкости, которое позволило не только получить условия для постоянства энергоемкости, но и обосновать принцип управления этим показателем в ПЭС. Второй составляющей теории энергосбережения является доказательство возможности использования зарегистрированной кривой движения энергии как источника информации об энергетическом процессе. Методы анализа и выводы полностью базируются на положениях и теоремах определенного интегрирования и позволяют в сочетании с МКО контролировать энергоемкость процессов. В этом направлении исследований введено понятие энергетической характеристики элемента в виде зависимости конечных мощностей и предложен метод контроля синхронности изменения конечных параметров процесса. Уточняется метод использования линейной дезинтеграции кривой энергии $Q(t)$ на основе теоремы Лагранжа для решения задач повышения энергоэффективности.

Для практической проверки разработанных методов создана информационно – измерительная система (ИИС) на основе электронного 16-ти канального регистратора с блоками памяти, интерфейсами и штатным программным обеспечением (ПО). Эксперименты показали, что для контроля и управления энергоэффективностью ПЭС должно быть разработано специальное ПО, обеспечивающее выполнение следующих функций:

- измерение и регистрация энергетических и других физических параметров на элементах и ЭТП;
- анализ эффективности процессов в оборудовании и в ЭТП с учетом функции результата;
- анализ соблюдения нормативных требований к ЭТП, оборудованию и инфраструктуре;
- анализ своевременности включения и отключения приемников энергии;
- определение и анализ эффективности предприятия в целом;
- ведение базы данных по оборудованию, технологиям, нормативным требованиям;
- ведение базы локальных данных по климатическим параметрам и ресурсу нетрадиционных источников энергии;
- ведение правовой справочной системы для потребителей энергии;
- энергосервисное управление энергоэффективностью через составляющую ИИС, аналогичную диспетчерскому пункту, функции которой должны быть обоснованы;
 - функции поисковой системы через интернет;
 - функции систем логистики в энергопотреблении:
 - логистика на входе (управление потреблением энергии, операции с технологиями и оборудованием, с сырьем),
 - логистика на выходе (анализ и управление распределением энергии по видам продукции и по ЭТП).

Изложенный материал о техническом и процессовом содержании ПЭС может рассматриваться как основа для получения информации об эффективности использования энергии на любом предприятии. Применительно к предприятиям АПК ее необходимо дополнить специфиче-

скими особенностями отраслевого производства. Прежде всего это продовольственное производство, продукция которого содержит биологическую энергию. Предприятие АПК, как правило, имеет земельные площади, состояние которых определяет объем получаемой растительной продукции, локальный ресурс ВИЭ, затраты топлива (ресурса энергии) на осуществление мобильных силовых процессов, предопределяет территориальную разобщенность производственных объектов. Принципиально важную специфику создают производственные биологические объекты (растения, животные, птицы, биотехнологии), так как они:

- представляют собой биоЭТП, производящие первичную продовольственную продукцию;
- определяют технологические циклы;
- определяют вид и количество подводимой к ним энергии (например, высококачественная электромагнитная – к растениям и корм – к животным);
- через свою продуктивность определяют объем произведенной продукции;
- обуславливают наличие энергосодержащих производственных биоотходов и вторичных биоресурсов энергии.

В качестве существенной специфики, отличающей энергетику АПК от промышленной, следует отметить тесную связь социальных проблем сельских территорий с уровнем энергообеспечения и энергоэффективности производства. Дело в том, что в производстве АПК низка энерговооруженность труда и годовое потребление энергии на одного сельского жителя значительно меньше, чем на городского, что, в свою очередь, приводит к производственному и социально – бытовому дискомфорту и к миграции сельского населения. Поэтому проблема энергоэффективности должна решаться одновременно с социальной и сопровождаться общим увеличением потребления энергии при повышении эффективности производственного использования. Приведенные особенности не позволяют рассчитывать на простой перенос методик промышленного энергосбережения в сельское хозяйство. Напротив, они ориентируют на выделение энергетики АПК как самостоятельной отраслевой составляющей общей энергетики страны со специальной методикой и подготовкой кадров. Не подлежит сомнению необходимость разработки современной организационной формы обслуживания сельских потребителей энергии. Она должна основываться на создании фирм, способных по уровню приборного и программного обеспечения, квалификации специалистов осуществлять постоянный контроль энергоэффективности одновременно нескольких объектов и предприятий, составлять проекты энергосберегающих мероприятий, реализующие современные научно – технические достижения в энергоиспользовании, и организовывать реализацию проектов. Исследованиями установлено, что снижение энергоемкости продукции повышает доходность энергии и всего предприятия. Такой результат переводит управление энергетикой в управление экономикой предприятия, т.е. в производственный менеджмент. Следует также иметь в виду, что отсутствие объектовых и территориальных ограничений на масштабы распространения описанной деятельности дает основания для создания новой современной отраслевой системы обслуживания сельских потребителей энергии.

ЛИТЕРАТУРА

Карпов В.Н. Энергосбережение. Метод конечных отношений: монография / В.Н. Карпов, З.Ш. Юлдашев // -СПб.: СПбГАУ, 2010. -147с.

СЕКЦИЯ 1
«ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЕ АПК»

УДК: 001.18; 338.45:63; 631.371

**ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ ЭНЕРГОРЕСУРС-
СОСБЕРЕЖЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ ЭНЕРГЕТИКИ**

Русан В.И., д.т.н., профессор
*УО "Белорусский государственный аграрный технический университет",
г. Минск, Республика Беларусь*

Ходыко С.С., к.т.н., с.н.с, вед. инж.
НПРУП «СКБ «Камертон», г. Минск, Республика Беларусь

Растущая конкуренция требует максимального уменьшения затрат на всех этапах производства и дистрибуции продукции или оказания услуги. Практика показывает, что с учетом современного уровня бизнеса, предъявляющего жесткие требования к эффективности всей цепочки материального потока от производителя до потребителя, необходимо обратить особое внимание на внутренние проблемы субъекта хозяйствования (далее предприятия), в том числе на энергоаудиты, охрану окружающей среды и логистику.

Целью деятельности любого предприятия, а тем более предприятия энергетики является эффективное функционирование как с точки зрения рационального использования ресурсов, так и с точки зрения неуклонного ускорения научно-технического прогресса и полного удовлетворения нужд производителей и потребителей. Поэтому **первым направлением инновационного развития** в настоящее время являются повышенные требования к уровню инженерно-технического и экономического образования специалистов, к их умению применять теоретические знания на практике.

Так как дипломное проектирование является завершающим этапом подготовки специалиста в вузе, то важное место в дипломном проекте занимают вопросы технико-экономического обоснования принимаемых решений. Следовательно, студенту-дипломнику на протяжении всего процесса дипломного проектирования необходимо анализировать все принимаемые им научно-технические решения, а дипломный проект завершать обоснованием экономической эффективности, целесообразности внедрения разработанных в нем новых элементов, устройств, приборов, процессов или новых методов решения научной или технической проблемы на своем рабочем месте.

Энергетика является важнейшей отраслью любой страны, поскольку без ее продукции невозможно осуществить многие технологические процессы, как невозможно представить нашу жизнь без отопления, освещения, транспорта, бытовой техники и т. д., которые тоже зависимы от энергии. Отечественная промышленность по удельным расходам топлива и электроэнергии пока весьма далека от европейских стандартов. Не лучшее положение с энергоемкостью и в агропромышленном комплексе. Энергоемкость нашей продукции в 3–5 раз выше, чем в экономически развитых странах. Энергосбережение стало приоритетом государственной политики, важным направлением деятельности всех без исключения субъектов хозяйствования. Только в сельском хозяйстве можно сэкономить до 50% электроэнергии, а в некоторых производствах строительной индустрии — и того больше. При этом во многих случаях мероприятия по внедрению энергосберегающих технологий не требуют больших финансовых затрат так как расходы на производство 1 т условного топлива первичной энергии в 2–3 раза больше, чем на ее сбережение. В связи с этим, вторым направлением в инновационном развитии на сегодняшний день могут быть:

- поиск и развитие ресурсосберегающих и энергоэффективных технологий производства конкурентоспособной на мировых рынках продукции, а также новые материалы и новые источники энергии;

- стимулирование энергосбережения на предприятиях с увеличением притока внутренних инвестиций в проекты, направленные на повышение энергоэффективности;
- повышение эффективности использования финансовых ресурсов, выделяемых для инвестиций государством в энергоэффективные проекты;
- увеличение доли заемных средств по сравнению с финансированием энергосбережения на безвозмездной основе;
- обучение специалистов передовым методам проведения энергетических обследований, разработки бизнес-планов и принципам использования кредитных ресурсов.

Деятельность современных управленческих структур любого уровня требует исчерпывающего знания и владения информационными ресурсами, в том числе знания методик стандартизации и отраслевых систем. В их основе лежит использование автоматизированных рабочих мест, объединенных с помощью локальных и глобальных компьютерных сетей, функционирование которых опирается на использование всего арсенала информатики. Включение в мировую информационную сеть, в память которой хранится данная информация, созданная человеком, требует теперь от пользователей не только компьютерной грамотности, но и информационного мышления, информационной культуры. Следовательно, для **третьего направления инновационного развития** необходима успешная профессиональная и социальная самореализация каждого образованного человека в части:

- ♦ знания о существовании общедоступных и специализированных источников информации и владение доступами к ней;
- ♦ понимание различных форм и способов представления информации и владение основными методами ее обработки;
- ♦ умение использовать полученную информацию для решения стоящих перед ним задач.

Предприятию необходимо планировать свою текущую и будущую деятельность, исходя из спроса на выпускаемую продукцию, необходимости обеспечения производственного и социального развития и повышения личных доходов. Этого можно достигнуть **четвертым направлением инновационного развития** путем снижения единовременных и текущих затрат, которые должны быть минимальными, следует добиваться, чтобы эти затраты производились с наибольшей экономической эффективностью. Благодаря этим расчетам мы сможем определить себестоимость изделия, которая является важнейшим показателем деятельности каждого предприятия.

Пятым направлением инновационного развития является определение экономической эффективности от внедрения природоохранных мероприятий на предприятии **энергетики**, которую можно выразить величинами предотвращенного экономического ущерба Π и народнохозяйственного эффекта $\mathcal{E}$. Величина предотвращенного или устраненного экономического ущерба от загрязнений окружающей среды равна разности величин ущерба, который имел место до осуществления рассматриваемого мероприятия Y_I , и остаточного ущерба после внедрения этого мероприятия Y_{II} . Экономическая оценка ущерба от выбросов годовых объемов вредных веществ в природную среду (атмосферу, воду, землю) для отдельного источника Y_I и Y_{II} (до и после осуществления мероприятия), у.е./год, определяется по формуле:

$$Y = g * s * f * M,$$

где g - удельный ущерб от выброса вредных веществ, определенный исходя из затрат на преодоление загрязнения окружающей среды, у.е./т у.т;

s - константа, значения которой различны в зависимости от типа загрязняемой территории;

f - константа, характеризующая высоту источника загрязнения и среднего годового выброса загрязнений из источника в природную среду, т у.т/год.

M - приведенная масса годового выброса загрязнений из источника в природную среду, т у.т/год.

Для определения очередности природоохранных мероприятий можно использовать экспертный метод оценок. При составлении плана природоохранных мероприятий необходимо представлять

себе сложные взаимосвязи планово-экономических показателей с динамическими характеристиками ресурсов (водных, почвенных, энергетических, трудовых и др.), возможные климатические изменения в результате воздействия на окружающую среду, на людей, животных и растительность.

Как известно, при существующем уровне техники, технологии и производства выпуск продукции или оказания услуги достаточно рентабельный, изделия или услуги пользуются спросом и являются конкурентоспособными на рынке. Однако рост цен на сырье и энергетические ресурсы требует шестого направления инновационного развития в виде поиска резервов экономии затрат на производство продукции, снижения металлоемкости и энергоемкости продукции путем совершенствования технологии и организации производства. В связи с этим на предприятиях в первом полугодии текущего года наряду с выпуском продукции по традиционной технологии внедряется комплекс научно-технических мероприятий, который позволит во втором полугодии снизить потери металла, сократить потребление электроэнергии, увеличить объемы выпуска продукции за счет повышения производительности труда. На внедрение научно-технических мероприятий и повышение технического уровня производства будет направлена годовая сумма амортизационных отчислений и часть годовой чистой прибыли предприятия. Во втором полугодии текущего года произойдет изменение некоторых факторов внешней среды и в результате внедрения научно-технических мероприятий изменится ряд технико-экономических факторов производства, что окажет влияние на себестоимость продукции.

Важное значение в направлениях инновационного развития энергетики занимает логистика, являющаяся частью экономической науки, предмет которой заключается в организации рационального процесса продвижения товаров и услуг от производителей к потребителям. Важнейшей частью данного предмета является перевозка грузов, являющаяся основным видом услуг транспорта. В качестве продукции транспорта традиционно рассматривалась только перевозка, измеряемая такими валовыми показателями, как объем перевозок, грузооборот и т.п. Однако так как предприятия транспорта делятся на следующие группы: транспортные, экспедиционные, информационно-посреднические, по ремонту подвижного состава и оборудования и др., то и к услугам транспорта следует относить не только перевозку грузов, но и любую операцию, не входящую в состав перевозочного процесса, но связанную с его подготовкой и осуществлением. Например, упаковка и маркировка груза, их пакетирование, промежуточное хранение, предоставление грузовладельцу необходимой информации и пр. В современных условиях указанный перечень услуг необходимо дополнять маркетинговыми, коммерческими, информационными услугами, услугами страхования и т.п. В условиях рынка седьмым направлением инновационного развития для каждого предприятия энергетики является выработка и поиск своего собственного пути развития. Чтобы развиваться, оно должно улучшать состояние собственной экономики и искать оптимальное соотношение между затратами и результатами производства, изыскивать новые формы приложения капитала, находить новые, более эффективные формы доведения услуг до потребителя, проводить соответствующую рекламную политику. Основные фонды, в силу их большой стоимости и продолжительности использования, должны обладать высокой производительностью, экономичностью в использовании, универсальностью, надежностью в работе. Являясь наиболее гибким и хорошо приспособленным к изменениям рыночной конъюнктуры, автомобильный транспорт, вместе с тем, и наиболее ресурсоемкая транспортная подотрасль. Снижение себестоимости на основе оптимизации затрат на производство и реализацию продукции является первоосновой экономического роста предприятия - способом его выживания.

Управление развитием предприятий энергетики становится все более актуальным по мере того, как растет темп социально-экономического развития. В постоянно меняющихся условиях современного мира восьмым направлением инновационного развития предприятия является не только следствием естественной эволюции, но и результатом целенаправленных усилий руководителей. В соотношении «управление функционированием - управление развитием» все больший удельный вес приобретает управление развитием. Управление развитием – процесс

целенаправленного, систематического и непрерывного воздействия на изменение направления деятельности выполняемых функций, структуры организации, уровня эффективности и качества организации. Управление развитием проявляется в различных формах. Основной формой, в которой реализуется менеджмент развития, является стратегическое управление. Стратегическое управление – процесс формирования стратегии, ее реализации и контроля соответствия достигнутых результатов запланированным целям. Определение стратегии для фирмы принципиально зависит от конкретной ситуации, в которой она находится (позиция организации на рынке, динамика ее развития, ее потенциала, поведение конкурентов, характеристика производимого товара или оказываемых услуг, состояние экономики и других факторов). Фактически можно сказать что, сколько существует фирм, столько же существует конкретных стратегий. С каждым годом увеличивается интерес к вопросам управления развития бизнесом. В последние десять - пятнадцать лет стратегическому управлению стало уделяться повышенное внимание. Это связано, не только с тем, что управление развитием играет очень важную роль в бизнесе, но и с тем, что стратегическое управление как практическая деятельность постоянно развивается, обретая иногда такие формы, которые по своей сущности в корне противоположны тому, что прежде в практике и в теоретическом осмыслении считалось образцом правильного управления.

Выводы

Как известно, целью деятельности любого предприятия, а тем более предприятия энергетики является эффективное функционирование как с точки зрения рационального использования ресурсов, так и с точки зрения неуклонного ускорения научно-технического прогресса и полного удовлетворения нужд производителей и потребителей. Поэтому, на основании выше изложенного, основными направлениями их инновационного развития являются:

1. повышенные требования к уровню инженерно-технического и экономического образования специалистов предприятий и их умение применять теоретические знания на практике;
2. приоритетом политики предприятий энергетики должно быть энергосбережение, в том числе и снижение энергоёмкости продукции или оказываемой услуги;
3. от управленческих структур любого уровня требуются исчерпывающие знания и владение информационными ресурсами, в том числе методиками стандартизации и отраслевых систем;
4. предприятию энергетики необходимо планировать свою текущую и будущую деятельность исходя из спроса на выпускаемую продукцию с необходимостью обеспечения производственного и социального развития, в том числе и повышения личных доходов;
5. систематическое определение экономической эффективности от внедрения природоохранных мероприятий, предотвращающих экономический ущерб и дающих народнохозяйственный эффект;
6. в связи с ростом цен на сырьё и энергоресурсы необходим поиск резервов экономии затрат на производство продукции, снижения металлоёмкости и энергоёмкости продукции путем совершенствования технологии и организации производства;
7. в условиях нынешних экономических взаимоотношениях необходимы поиск и разработка своего собственного пути развития предприятия энергетики;
8. в постоянно меняющихся условиях современного мира должно быть не только следствие естественной эволюции, но и целенаправленные усилия руководителей предприятий энергетики.

ЛИТЕРАТУРА

1. Закон Республики Беларусь 15 июля 1998 г. №190-З «Об энергосбережении».
2. Директива Президента Республики Беларусь 14 июня 2007 г. №3 «Экономия и бережливость – главные факторы экономической безопасности государства».
3. Закон Республики Беларусь 5 января 2004 г. №269-З «Об оценке соответствия требованиям технических нормативных правовых актов в области технического нормирования и стандартизации».
4. Закон Республики Беларусь 5 сентября 1995 г. N 3848-XII «Об обеспечении единства измерений» (с изменениями и дополнениями).

5. Постановление Совета Министров Республики Беларусь 31 августа 2006 г. №1102 «О совершенствовании организации проведения работ по обеспечению повышения качества и конкурентоспособности продукции и услуг».

6. Мероприятия по обеспечению выполнения постановления Совета Министров Республики Беларусь 31 августа 2006 г. №1102 «О совершенствовании организации проведения работ по обеспечению повышения качества и конкурентоспособности продукции и услуг».

7. Постановление Госстандарта от 30 июня 2006 г. №31 «Методические рекомендации по проведению аудита систем менеджмента качества на соответствие требованиям СТБ ИСО 9001 с учетом проверки деятельности по энергосбережению».

8. Международные стандарты ИСО серии 9000. Методические документы по вопросам управления качеством, разработанные Национальным техническим комитетом по стандартизации «Управление качеством» Республики Беларусь.

9. Методические рекомендации по составлению технико-экономических обоснований для энергосберегающих мероприятий 22 декабря 2003 г.

10. Круминьш Н., Витолиньш К. Логистика в Восточной Европе. — М: SIA, 2007 г. ISBN 978-9984-39-171-7

11. Сток Д. Р. Стратегическое управление логистикой. — М: Инфра-М, 2005. ISBN 5160020071

12. Джонсон Д., Вуд Д., Вордлоу Д., Мэрфи-мл. П. Современная логистика. 8-е изд. — М.: Издательский дом Вильямс, 2009. ISBN 978-5-8459-0969-5

ВВЕДЕНИЕ В ОПТИМИЗАЦИЮ РАЗОМКНУТОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ ПО ДИСКРЕТНЫМ ПАРАМЕТРАМ

Фурсанов М.И., д.т.н., проф.

УО «Белорусский национальный технический университет»

Минск, Республика Беларусь

Проанализированы проблемы формирования целевой функции приведенных затрат, принятой в качестве критерия оптимальности при решении рассматриваемой оптимизационной задачи.

В общем виде суммарные приведенные затраты:

$$Z = E_H \cdot K + I, \quad (1)$$

где E_H – ссудный (банковский) процент; K – капитальные затраты на внедрение мероприятий; I – ежегодные издержки (себестоимость продукции).

Составляющие затрат на внедрение мероприятий рассчитываются по прейскурантам, сметным нормам, укрупненным единичным расценкам, удельным показателям стоимости и справочным данным.

Суммарные капитальные вложения на внедрения мероприятий по повышению экономичности работы сети определяются по формуле:

$$K = \sum_{i=1}^n K_{Fi} + \sum_{j=1}^m K_{Sj} + \sum_{k=1}^e K_{Qk}, \quad (2)$$

где: K_{Fi} – капитальные вложения на замену провода (кабеля) сечением F на i -м участке сети; K_{Sj} – капитальные вложения на замену j -о трансформатора мощностью S ; K_{Qk} – капитальные вложения на установку компенсирующего устройства мощностью Q в k -м узле сети.

Затраты K_* на капитальный ремонт и реконструкцию электрических сетей или их элементов складываются из трёх составляющих:

$$K_* = K_i + K_{Ai} - K_E, \quad (3)$$

где K_H – капитальные затраты на строительство и монтаж нового оборудования; K_{DM} –

стоимость демонтажа оборудования; $K_{\text{л}}$ – ликвидная стоимость оборудования, пригодного для использования на других объектах.

Величина $K_{\text{н}}$ включает в себя все денежные затраты производственного назначения, в том числе: стоимость строительно-монтажных работ $K_{\text{см}}$, оборудования, механизмов и инвентаря K_0 , а также прочие затраты $K_{\text{пр}}$, в которые входят и транспортные расходы:

$$K_{\text{н}} = K_{\text{см}} + K_0 + K_{\text{пр}}. \quad (4)$$

Рассмотрим процедуру формирования составляющих формулы (2) на примере величины $K_{\text{фи}}$.

Из приведенных общих соображений (формула 3) видно, что величина $K_{\text{фи}}$ будет равна:

$$K_{\text{фи}} = K_{\text{смfi}} + K_{\text{оfi}} + K_{\text{прfi}} + K_{\text{дми}} - K_{\text{ли}}. \quad (5)$$

Стоимость строительно-монтажных работ $K_{\text{смfi}}$ зависит от характера местности (населенная и ненаселенная) и номинального напряжения сети. Приблизленно значения $K_{\text{смfi}}$ могут быть вычислены по линейному уравнению регрессии:

$$K_{\text{смfi}} = a_{\text{см}} + b_{\text{см}} \cdot F_i. \quad (6)$$

Стоимость провода $K_{\text{оfi}}$ зависит от его сечения, причём эта зависимость для алюминиевых и сталеалюминиевых проводов носит линейный характер:

$$K_{\text{оfi}} = G_{\text{yi}} \cdot C_{\text{yi}}, \quad (7)$$

где G_{yi} – удельная норма весового расхода проводов на один километр воздушной линии с учётом нормальных отходов; C_{yi} – стоимость одной тонны провода данного сечения.

Стоимость демонтажа вычисляется по формуле:

$$K_{\text{дми}} = [(K_{\text{смfi}} + K_{\text{оfi}}) \cdot k_{\text{ни}} - K_{\text{оfi}}] \cdot k_{\text{п}} \cdot k_{\text{дми}}, \quad (8)$$

где $k_{\text{ни}}$ – коэффициент накладных расходов; $k_{\text{п}}$ – коэффициент плановых накоплений; $k_{\text{дми}}$ – коэффициент демонтажа ($k_{\text{дi}} = 0,4$ для проводов, предназначенных для дальнейшего использования, $k_{\text{дi}} = 0,3$ для проводов, идущих на металлолом).

Ликвидная стоимость $K_{\text{ли}}$ определяется на основании специальных актов, учитывающих как моральный, так и физический износ. При отсутствии актов величина $K_{\text{ли}}$ определяется по формуле:

$$K_{\text{ли}} = K_{\text{оfi}} \cdot \left(1 - \frac{p_p \%}{100} \cdot t \right), \quad (9)$$

где $p_p \%$ – норма отчислений на реновацию, %; t – срок службы оборудования до его демонтажа.

Опуская $K_{\text{прfi}}$, в общем виде формула для определения суммарных капитальных затрат на замену проводов по сети в целом с учётом коэффициента территориальности $k_{\text{тери}}$ будет иметь вид:

$$\sum_1^n K_{\text{фи}} = \sum_1^n \left\{ K_{\text{смfi}} \cdot k_{\text{тери}} + G_{\text{yi}} \cdot C_{\text{yi}} + [(K_{\text{смfi}} + K_{\text{оfi}}) \cdot k_{\text{ни}} - K_{\text{оfi}}] \cdot k_{\text{п}} \cdot k_{\text{дми}} - K_{\text{оfi}} \cdot \left(1 - \frac{p_{\text{pi}} \%}{100} \cdot t \right) \right\} \cdot \ell_i, \quad (10)$$

где ℓ_i – длина участка линии, на котором производится замена провода.

Рассуждая аналогичным образом и имея в виду, что стоимость демонтажа трансформаторов $K_{\Delta T}$ равна:

$$K_{\Delta T} = [(K_{Nj} + K_{\Delta j}) \cdot k_{Ij} - K_{\Delta j}] \cdot k_{Ij} \cdot k_{\Delta Mj} \quad (11)$$

а все составляющие капитальных вложений для компенсирующих устройств аналогичны трансформаторным, получим:

$$\sum_1^m K_{Sj} = \sum_1^m \left\{ K_{CMj} \cdot k_{терj} + K_{OSj} + [(K_{CMj} + K_{OSj}) \cdot k_{Hj} - K_{OSj}] \cdot k_{Гj} \cdot k_{DMj} - K_{OSj} \cdot \left(1 - \frac{p_{pj}\%}{100} \cdot t\right) \right\}, \quad (12)$$

$$\sum_1^l K_{Qk} = \sum_1^l \left\{ K_{CMk} \cdot k_{терk} + K_{OQk} + [(K_{CMk} + K_{OQk}) \cdot k_{Hk} - K_{OQk}] \cdot k_{Гk} \cdot k_{DMk} - K_{OQk} \cdot \left(1 - \frac{p_{pk}\%}{100} \cdot t\right) \right\}. \quad (13)$$

Подставляя (10), (12), (13) в (2) получим формулу для определения суммарных капитальных затрат на внедрение мероприятий по снижению потерь в электрических сетях 6-20 кВ. Таким образом определяется первая составляющая $E_H \cdot K$ в выражении (1). Ежегодные издержки I включают издержки на амортизацию I_a , обслуживание сетей I_0 и затраты на потери электроэнергии $3_{\Delta w}$:

$$I = I_a + I_0 + 3_{\Delta w}. \quad (14)$$

Издержки на амортизацию (капитальный ремонт и восстановление первоначальной стоимости объекта) и издержки на обслуживание сетей (текущий ремонт, заработная плата, производственные и непроизводственные расходы) можно определить в процентах от капитальных вложений:

$$I_a = \frac{p_a\%}{100} \cdot K, \quad I_0 = \frac{p_0\%}{100} \cdot K. \quad (15)$$

Теперь с учётом (10, 12, 13 и 14) в общем виде формула (1) будет выглядеть следующим образом:

$$3 = E_H \cdot \left(\sum_1^n K_{Fi} + \sum_1^m K_{Sj} + \sum_1^l K_{Qk} \right) + \left(\frac{p_{ai}\%}{100} + \frac{p_{oi}\%}{100} \right) \cdot \sum_1^n K_{Fi} + \left(\frac{p_{aj}\%}{100} + \frac{p_{oj}\%}{100} \right) \cdot \sum_1^m K_{Sj} + \left(\frac{p_{ak}\%}{100} + \frac{p_{ok}\%}{100} \right) \cdot \sum_1^l K_{Qk} + 3_{\Delta w} \quad (16)$$

Составляющая $3_{\Delta w}$ определяется традиционными способами. Задача решена. Искомая целевая функция сформирована.

Для отыскания оптимального состояния электрических сетей за счёт замены её дискретных параметров разработана методика, основанная на исследовании матрицы эластичностей, вычисляемой по всем оптимизируемым параметрам одновременно. Для определения коэффициентов эластичностей необходимо соответствующим образом модифицировать исходную целевую функцию (16), а именно представить её в виде, позволяющем дифференцировать функцию 3 по оптимизируемым F , Q , S параметрам. Необходимые аналитические преобразования также выполнены. Они позволили получить формулы для расчета коэффициентов эластичности, которые положены в основу методики оптимизации разомкнутых электрических сетей по дискретным параметрам.

ЛИТЕРАТУРА

1. Федин В.Т., Фурсанов М.И. Основы проектирования энергосистем: учебное пособие для студентов энергетических специальностей: в 2 ч. частях. – Минск: БНТУ, -2010.
2. Фурсанов М.И. Методология и практика расчетов потерь электроэнергии в электрических сетях энергосистем.- Минск: Тэхналогія, 2000.- 247 с.

УДК 621.311.017

ПРОГРАММНО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС GORSR ДЛЯ АНАЛИЗА РЕЖИМОВ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

Фурсанов М.И. докт. техн. наук, проф., Муха А.Н. , инж.,
Гапанюк С.Г. магистр техн. наук

*УО «Белорусский национальный технический университет»
Минск, Республика Беларусь*

Представляется усовершенствованная версия программного комплекса GORSR разработанного на кафедре «Электрические системы» и внедренного в электрических сетях Республики Беларусь.

Комплекс представляет собой пакет программ, состыкованных между собой в информационном плане, т.е. каждая программа учитывает особенности других программ, входящих в комплекс. Программы объединены общей сервисной оболочкой.

Комплекс позволяет решать следующие задачи.

1. Расчеты и анализ режимов электрических сетей 10(6) кВ. Расчеты режимов с симметричной нагрузкой выполняются, как правило, при заданных напряжении источников питания, постоянных нагрузок I_j и коэффициентов мощности $\cos \varphi$, на стороне низшего напряжения ТП [1]. Режим разомкнутой электрической сети при задании указанных режимных параметров рассчитывается в два этапа [1]. На первом этапе (снизу вверх) определяются потоки и потери мощности в линиях $\mathcal{L}$ и трансформаторах $\mathcal{L}_t$ от нагрузок до источников питания. В исходной информации предусматривается возможность задания значений фактических замеров токов на всех потребительских подстанциях. На втором этапе (сверху вниз) вычисляются напряжения в узлах сети от источника питания до нагрузок.

Кроме изложенного, разработана методика учета трехфазных трансформаторов 10(6)/0,38 кВ с целью уточненного пофазного расчета режимов в условиях несимметричной нагрузки фаз. Особенностью методики является возможность учета группы и схемы соединения обмоток трансформаторов в условиях режимной несимметрии

2. Определение оптимальных мест размыкания сети. Размыкание контуров электрической сети является одним из эффективных способов ликвидации контурных уравнительных токов на пути их протекания [1]. Данная задача относится к числу базовых задач комплекса [1, 3]. Дальнейшее развитие задача оптимизации мест размыкания распределительной сети 10(6) кВ получила в направлении совместного учета изменений потоков мощности в питающей сети 110 кВ и выше [4]. При расчете режима сети в процессе оптимизации потери мощности в распределительной сети определяются с учетом потерь мощности холостого хода потребительских трансформаторов. Мощности нагрузок ТП рассчитываются таким образом, чтобы ток на головном участке распределительной линии всегда был равен сумме токовых нагрузок ТП.

3. Расчет токов двухфазных и трехфазных коротких замыканий. Расчет токов двух- и трехфазных коротких замыканий выполняется по эквивалентным параметрам схемы сети, заданным в виде активного R_c и реактивного X_c сопротивлений системы току КЗ и номинальному напряжению на шинах ЦП или по напряжению на шинах ЦП при КЗ, зафиксированному регистрирующими приборами и R_n , X_n – активное и реактивное сопротивления петли от шин ЦП до точки КЗ.

4. Расчет и анализ коэффициентов чувствительности максимальных токовых защит. Расчет коэффициентов чувствительности k_v максимальных токовых защит производится по с целью анализа работы защиты в качестве основной и резервной. Исходными данными служат результаты расчетов токов двух- и трехфазных КЗ.

5. Расчет эквитоковых кривых. Расчет эквитоковых кривых производится с целью определения расстояния L_{Σ} от шин ЦП до места КЗ. Исходными данными служат результаты расчетов токов двух- и трехфазных КЗ на шинах ЦП $I_{кз}$ при моделировании коротких замыканий в конце каждого i -о участка сети, а также величина тока КЗ на “головном” участке РЛ $I_{кзл}$, зафиксированная регистрирующим прибором.

6. Расчет емкостных токов замыкания на землю. Провода воздушной линии обладают емкостью по отношению к земле и через нее течет электрический емкостной ток замыкания на землю. Сила этого тока не велика, но при определенных условиях могут появляться отрицательные последствия – возникновение устойчивой перемежающейся дуги, которое может привести к возникновению перенапряжений, опасно также термическое действие дуги. Для компенсации емкостного тока устанавливают дугогасящие катушки (ДГК). Рассчитанные по программе значения емкостных токов могут быть использованы для настройки ДГК.

7. Расчет зарядных токов. Зарядный ток допускается отключать разъединителем в том случае, если его величина не превышает допустимого значения. Разъединители, как правило, отключают участок сети, который нельзя разделить коммутационными аппаратами. Для каждого такого участка программа рассчитывает зарядный ток, затем формируется таблица, показывающая в каких случаях отключение зарядного тока разъединителем недопустимо.

Для удобства восприятия исходной информации предлагаются табличная и графическая формы ее представления. Графическое отображение схемы формируется программным путем на основе топологии сети.

Для работы с графикой пользователю предоставляется ряд сервисных возможностей:

- просмотр схемы сети с использованием прокрутки и масштабирования изображения;
- изменение конфигурации сети с целью приближения к реальным условиям, корректировка параметров и добавление (удаление) элементов схемы;
- оперативный поиск информации на схеме;
- элементы паспортизации электрических сетей, позволяющие оперативно просматривать и изменять паспортные данные;
- предварительный анализ схемы сети перед печатью.

ВЫВОД: Рассмотренный комплекс программ может быть использован в промышленных целях для анализа и оптимизации режима и топологии распределительной сети 6-10 кВ. Также программы комплекса и методики расчета применимы при обучении студентов электроэнергетических специальностей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Герасименко А.А. Передача и распределение электрической энергии: учеб. пособие / А.А. Герасименко, В.Т. Федин. – Красноярск: НПП КИТУ; Минск: БНТУ, 2006. – 808 с.
2. Фурсанов М.И., Жерко О.А. Оценка и анализ режимов и потерь электроэнергии в электрических сетях 6-20 кВ на основе программно-вычислительного комплекса «Дельта» // Изв. высш. учеб. заведений и энерг. объединений СНГ. Энергетика. – 2005. – № 1. – С. 31 – 43.
3. Фурсанов М.И., Муха А.Н. Программно-вычислительный комплекс “GORSR” для расчета и оптимизации распределительных (городских) электрических сетей 10(6) кВ // Изв. высш. учеб. заведений и энерг. объединений СНГ. Энергетика. – 2000. – № 3. – С. 34 – 39.
4. Фурсанов М.И., Золотой А.А., Макаревич В.В., Муха А.Н. Методические принципы определения оптимальных мест размыкания распределительных электрических сетей с уче-

УДК 621.3

ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ СОВМЕСТИМОСТЬ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ КАК НЕОБХОДИМОЕ УСЛОВИЕ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ

Фурсанов М.И., д.т.н., профессор, Криксии П.В., м.т.н., аспирант
УО «Белорусский национальный технический университет»
Минск, Республика Беларусь

Введение

В современных электроустановках применяется широкая номенклатура различных технических средств, как силовых, высоковольтных, так и электронных, микропроцессорных. Технические средства функционируют в некоторой электромагнитной обстановке, которая определяется совокупностью электромагнитных явлений, процессов в заданной области пространства, в частотном и временном диапазонах [1]. Технические средства могут быть как источниками помех, так и их приемниками, в большей или меньшей степени подвергаться влиянию различных помех. Актуальная проблема в этом направлении заключается в необходимости обеспечения электромагнитной совместимости применяемых технических средств, т.е. обеспечения их функционирования с заданным качеством в заданной электромагнитной обстановке, не создавая при этом недопустимых электромагнитных помех другим техническим средствам [1]. Применение технических средств без учета требований электромагнитной совместимости является причиной снижения показателей их эффективности, надежности и качества функционирования.

В представленном докладе проводится обоснование необходимости обеспечения электромагнитной совместимости с точки зрения энергоэффективности.

Аспекты проблемы

В зависимости от специфики электроустановки проблемы электромагнитной совместимости могут проявлять себя по-разному. Для электроустановок конечного потребителя наиболее актуальны вопросы качества электроэнергии, а именно: высшие гармоники, переходные процессы, перерывы в электроснабжении, провалы напряжения, перенапряжения.

Потери от низкого качества электроэнергии

По данным исследований, проведенным в 2001 году, на промышленных предприятиях европейского союза (ЕС) стоимость потерь, связанных с плохим качеством энергии, составила €10 млрд. за год. Вместе с тем расходы на предотвращение этих потерь не превысили 5 % от названной суммы [2].

К 2007 году потери от плохого качества электроэнергии достигли €150 млрд. [3]. Потери ряда компаний составили до 10 % от их годового оборота. При этом потери предприятий с большим энергопотреблением достигли величины €50 млрд.

По отраслям потери в различных отраслях стран ЕС распределились следующим образом (см. табл. 1)

Таблица 1

Отрасль	Средние потери за одно событие
Производство полупроводников	€ 3 800 000
Коммерческий сектор	€6 000 000 за час
Компьютерные центры	€750 000
Телекоммуникация	€30 000 за минуту
Производство стали	€350 000
Стекольная промышленность	€250 000

Потери в результате одного из события приведены в таблице 2.

Таблица 2.

Событие	Потери за событие
Перенапряжения или переходные процессы	€120 000 – 180 000
Длительные прерывания питания	€90 000
Короткие перерывы питания в сфере обслуживания	€18 000 – 36 000
Короткие перерывы питания в промышленности	€7 000 – 14 000
Провалы напряжения	€2 000 – 4 000

Рассмотрим причины ухудшения некоторых параметров качества электроэнергии и их влияние на оборудование.

Высшие гармоники

Основным источником высших гармоник в сетях электроснабжения является нелинейная нагрузка, величина которой заметно возросла в последнее время. При мощности нелинейной нагрузки менее 10-15 % каких либо проблем в системах электроснабжения, как правило, не возникает. При превышении этой величины следует ожидать появление различных негативных явлений. Если величина нелинейной нагрузки превышает 25 % - отдельные проблемы могут проявиться сразу [4]. Основными результатами воздействия высших гармоник на системы электроснабжения являются [5]:

- увеличение токов и напряжений вследствие параллельного и последовательного резонансов;
- снижение эффективности процессов генерации, передачи и использования электроэнергии;
- старение изоляции электрооборудования и сокращение срока его службы;
- ложная работа устройств.

Для оборудования систем электроснабжения в результате воздействия высших гармоник возможны следующие последствия [5]:

- во вращающихся машинах возрастают потери электроэнергии вследствие вихревых токов, поверхностного эффекта, возрастания токов утечки. Возрастают дополнительные потери, приводящие к повышению общей температуры машины и местным перегревам;
- на линиях электропередач возрастают потери энергии и напряжения. В кабельных линиях к тому же с ростом высших гармоник возрастает нагрузка на диэлектрик, что приводит к росту повреждений;
- в трансформаторах высшие гармоники обуславливают рост потерь на гистерезис, потерь, связанных с вихревыми токами в стали, потерь в обмотках. Сокращается срок службы изоляции;
- в батареях конденсаторов с ростом частоты возрастают потери энергии, что приводит к их перегреву и выходу из строя;
- в телевизорах возможны искажения изображений и изменение яркости вследствие возросшего пика напряжения, обусловленного высшими гармониками;
- конденсаторы во флуоресцентных и ртутных лампах в результате действия высших гармоник могут выйти из строя.

Наличие высших гармоник в сети электроснабжения приводит также к неверному измерению мощности и энергии. Измерительные приборы проходят проверку при синусоидальном напряжении на основной частоте, поэтому при их применении в сетях с искаженными токами и напряжениями возможны существенные погрешности при определении платы за электроэнергию (как в одну, так и в другую сторону).

При наличии высших гармоник возникают проблемы с компенсацией реактивной мощности, т.к. искаженные кривые тока и напряжения исключают работу компенсирующих устройств при номинальных условиях, следовательно, величина реактивной мощности точно не может быть определена.

Переходные процессы

Переходные процессы, как правило, имеют малую длительность (до нескольких миллисекунд) и высокую амплитуду (до нескольких тысяч вольт) с весьма крутым фронтом. Причиной большинства переходных процессов являются: удары молнии, переключения мощной или реактивной нагрузки. Результаты переходных процессов могут проявлять себя мгновенно: выход из строя оборудования, потеря информации, или могут проявляться постепенно: ухудшение свойств изоляции.

Провалы напряжения

Провалом напряжения называют внезапное понижение напряжения в точке электрической сети ниже $0,9 U_{ном}$ с последующим восстановлением напряжения до первоначального. Большинство провалов напряжения возникает по причине повреждений в питающей сети. Серьезность повреждений зависит от расположения генераторов в сети, точки повреждения и точки измерения. По результатам исследования этого явления на 12 предприятиях с установленной мощностью от 6 до 30 МВА в течение 10 месяцев было зарегистрировано 858 провалов напряжения, 42 из которых повлияли на производство и привели к финансовым потерям. В частности, в результате недовыпуска продукции потери составили €600 000 (в среднем €14 300 за событие, €50 000 на предприятие) с наиболее крупным единичным убытком в €165 000 [2].

Большие потери возникают в результате наиболее простых событий: потери информации в компьютерных системах, их перезагрузки, изменение режимов работы оборудования, скорости вращения машин. Для непрерывных производств, к примеру, бумаги, потери и вовсе могут быть астрономическими.

Заключение

Обеспечение высокой энергоэффективности производства является комплексной задачей, при решении которой необходимо учитывать все наиболее значимые аспекты. В современных условиях, когда применяется большое число разнообразных технических средств, актуальной стала проблема обеспечения их электромагнитной совместимости, т.е. создание условий для их нормального функционирования друг с другом. В низковольтных системах с конечным потребителем наиболее актуальны проблемы качества электроэнергии, основными из которых являются высшие гармоники, переходные процессы, провалы напряжения, перенапряжения. Плохие показатели качества электроэнергии являются причиной как непосредственных потерь от повреждения оборудования, недовыпуска продукции, так и вторичных последствий в виде снижения КПД, ухудшения эксплуатационных свойств оборудования, работоспособности персонала и др. В современном высокотехнологичном мире необходимость обеспечения электромагнитной совместимости технических средств возрастает. Решение этой проблемы самым непосредственным образом сказывается на энергоэффективности любого предприятия, использующего электрическую энергию.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 30372-95. Совместимость технических средств электромагнитная. Термины и определения.
2. Chapman, D. The Cost of Poor Power Quality: Copper Development Association, 2001. www.copperinfo.co.uk.
3. European Power Quality Survey. Leonardo Energy. www.leonardo-energy.org
4. Григорьев, О., и др. Высшие гармоники в сетях электроснабжения 0,4 кВ. Журнал "Новости Электротехники". 1 (19), 2002.
5. Дьяков, А.Ф. и др. Электромагнитная совместимость и молниезащита в электроэнергетике: учебник для вузов. Москва : Издательский дом МЭИ, 2009.
6. ГОСТ 13109-97. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения.

УДК 621.314
**О ДОПУСТИМЫХ СИСТЕМАТИЧЕСКИХ ПЕРЕГРУЗКАХ СИЛОВЫХ
ТРАНСФОРМАТОРОВ**

Анищенко В.А., д.т.н., проф., Иванов В.В., магистрант
УО «Белорусский национальный технический университет»
г. Минск, Республика Беларусь

Мощность силовых трансформаторов выбирают исходя из экономической целесообразности режима работы и надежности электроснабжения потребителей электроэнергии при условии, что нагрузка трансформаторов не должна по условиям нагрева приводить к сокращению естественного срока их службы.

Если не учитывать потенциальную перегрузочную способность трансформаторов, то это может привести к выбору трансформаторов с необоснованно завышенной номинальной мощностью. Однако при перегрузках износ изоляции витков обмоток трансформаторов, соответствующий установившимся превышениям их температур над температурой охлаждающей среды (масла, воздуха), превышает износ при нормальном режиме. Действующие стандарты различают систематические и аварийные (кратковременные) перегрузки.

Трансформаторы общего назначения допускают систематические перегрузки, обоснованные их компенсацией предшествующими и последующими недогрузками. При этом расчетный износ изоляции за установленное время (обычно за 1 сутки), включающее длительности перегрузок и предшествующих и последующих нагрузок, не должен превышать нормального износа за это время.

Допустимые систематические перегрузки определяют по стандартным кривым в зависимости от известных характеристик графиков нагрузки (коэффициент заполнения, продолжительности максимума нагрузки), коэффициента нагрузки трансформатора, предшествующей его перегрузке, температуры охлаждающей среды, а также с учетом недогрузки в летнее время и в течение суток.

При неизвестных графиках нагрузки допустимые систематические перегрузки определяют только по допустимым превышениям температуры верхних слоев масла перед наступлением перегрузки [1-5].

В обоих случаях предполагается, что кратность возникшей перегрузки остается неизменной до ее окончания. Однако возможные изменения состава включенных электроприемников и их нагрузки в ходе возникшей перегрузки трансформаторов приводит к тому, что кратность перегрузки изменяется во времени.

Неучет переменного характера перегрузок ведет к ошибкам определения их допустимых продолжительностей, что может привести к недопустимому перегреву отдельных частей трансформаторов (в первую очередь – изоляции обмоток) или неполному использованию потенциальной перегрузочной способности трансформаторов, могущему вызвать преждевременное отключение части электроприемников и привести к соответствующему ущербу от недоотпуска электроэнергии.

В связи с этим возникает потребность в методике нормирования допустимой длительности систематических перегрузок. Основой методики должна быть математическая модель, описывающая температурный режим трансформатора при перегрузках, которая даст возможность учесть изменение постоянной времени трансформатора при перегрузке и его предыдущее состояние. Исходной информацией являются также стандартные кривые, определяющие допустимые перегрузки с установленными кратностями.

Реализация алгоритма, разработанного на основе этой методики, предполагается с помощью автоматизированных систем контроля и управления электроснабжения, устанавливаемых на понизительных трансформаторных подстанциях, что повысит надежность работы электроэнергетических систем при перегрузках.

ЛИТЕРАТУРА

1. Трансформаторы силовые масляные общего назначения. Допустимые нагрузки: ГОСТ 14.209-69. – М.: Изд-во стандартов, 1969.
2. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации. – М.; Л.; Омега, 2007.
3. Инструктивные и информационные материалы по проектированию электроустановок. – М.: ВНИПИ «Тяжпромэлектропроект». – 1996. – № 5.
4. Шницер, Л.М. Основы теории и нагрузочная способность трансформаторов / Л. М. Шницер. – М.; Л.: Госэнергоиздат, 1959. – 232 с.
5. Боднар, В.В. Нагрузочная способность силовых масляных трансформаторов / В. В. Боднар. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 177 с.

УДК 631.171

ОБОСНОВАНИЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕЖПОВЕРОЧНОГО ИНТЕРВАЛА УЛЬТРАЗВУКОВОГО СЧЕТЧИКА ГАЗА СГУ 001 G25

Головин А.Н. д.т.н., проф.

*Белорусский государственный институт метрологии РБ
г. Минск, Республика Беларусь*

Лисовский В.В., к.т.н., доцент, Булко М.И., ст. препод., Бугсев Е.В., инженер

*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»
г. Минск, Республика Беларусь*

Опытная партия отечественных ультразвуковых счетчиков газа для работы в диапазоне расходов от $0,25 \text{ м}^3/\text{час}$ до $40 \text{ м}^3/\text{час}$ было принято в производственную эксплуатацию в 2001 году.

Начиная с 2008 года получены технические условия и сертификат типа №4221 на ультразвуковые счетчики на номинальный измеряемый объем $0,25 \text{ м}^3/\text{час}$. Первоначальный межповерочный интервал (МПИ), установленный Госстандартом Республики Беларусь составил 2 года, что в настоящее время явилось большим препятствием для продвижения данной продукции на рынки стран СНГ. Данная работа посвящена обоснованию выбора оптимального межповерочного интервала для ультразвуковых счетчиков газа серии СГУ 001.

В соответствии с рекомендациями РМГ 74-2004 ГСИ [1] критериями для определения межповерочного интервала являются показатели метрологической надежности либо критерий экономической оптимальности. В качестве показателей метрологической надежности используются следующие:

- вероятность работы без метрологических отказов $P_{\text{м}}(t)$ за интервал времени t ;
- интенсивность метрологических отказов $\lambda_{\text{м}}$;
- наработка на метрологический отказ T_0 .

Экономическим критерием оптимальности МПИ является условный минимум экономических издержек при эксплуатации средств измерений (СИ).

В данном случае, на основе опыта эксплуатации 30-ти экземпляров счетчиков газа ультразвуковых СГУ 001 G25 (являющихся прототипом БУГ-1) на Барановичской бройлерной птицефабрике «Дружба» начиная с 2001г., а также учитывая принцип работы ультразвукового счетчика газа для которого метрологическая надежность практически соответствует общей надежности прибора для определения МПИ используем *критерий метрологической надежности*.

Анализ отказов опытной партии счетчиков СГУ 001 G25 более чем за 10-летний период промышленной эксплуатации подтверждает высокую метрологическую надежность приборов, т.к. после всех случаев выхода их из строя за указанный период по причине отказа отдельных комплектующих элементов (в 85% случаев из-за отказа литиевой батареи) не требовалась повторная калибровка, т.е. все счетчики после ремонта соответствовали классу 1,5. Данное обстоятельство подтверждается и результатами испытаний образцового ультразвукового счетчика газа СГУ 001 G25(м) зав.№ 001 класса точности 0,5, проходившего первоначальную калибровку в ДП

«Ивано-Франковскстандартметрология» в 2006г. с использованием государственного первичного эталона единицы объема и объемного расхода газа ДЕТУ 03-01-96 и периодическую поверку там же в 2008г. (копии протоколов прилагаются). Кроме того, следует учесть то обстоятельство, что измерение расхода счетчиками, с целью уменьшения энергопотребления, производится один раз в 3,8с, остальное время схема находится в «спящем» состоянии, т.е. коэффициент использования $K_{и} \leq 0,5$.

Поскольку в данном случае нет долгосрочных статистических данных по результатам поверки большого количества ультразвуковых счетчиков МПИ определяем расчетным путем тремя способами.

Расчет межповерочного интервала по показателям надежности производим по критерию интенсивности метрологических отказов $\lambda_{и}$, т.к. оценить реальное время наработки счетчиков затруднительно. Принимая экспоненциальный закон распределения времени безотказной работы, МПИ определяем по формуле

$$t = \frac{\ln P_{доп.}}{\lambda_{и}}$$

где t – межповерочный интервал;

$\lambda_{и} = 5,5684 \times 10^{-6}$ – интенсивность метрологических отказов;

$P_{доп.}$ – допускаемая вероятность безотказной работы.

Допускаемую вероятность безотказной работы $P_{доп.}$ для рабочих средств измерений выбирают в пределах 0,85–0,99 в зависимости от степени ответственности измерений. В соответствии с рекомендациями [2] для средств измерений предназначенных для учета и расчетов с потребителями, значение этого коэффициента принимается 0,85. Т.о. расчетный межповерочный интервал

$$t = 0,18 \times 10^6 \times 0,1625 = 29182 \text{ ч.}, \text{ или при } K_{и} = 0,5 \quad t = 79,9 \text{ мес.}$$

Принимаем рекомендуемый межповерочный интервал [1] – 72мес.

По вероятности работы без метрологических отказов $P_m(t)$ за интервал времени t воспользуемся результатами поверки партии УЗ счетчиков СГУ-G25 после 2-х лет работы (первый межповерочный интервал был установлен в 24 мес.). Как видно из приведенных результатов (Приложение 2) все 36 счетчиков, подвергнутых поверке признаны годными, т.е. $N_i = 36$ шт., $n_i = 0$, тогда согласно [2] статистическое значение вероятности безотказной работы

$$\bar{P} = (N_i - n_i) / N_i = (36 - 0) / 36 = 1,0.$$

Оценку правильности ранее назначенного межповерочного интервала производим с доверительной вероятностью 0,85. Тогда согласно [2]

$$P_{доп.} - 1,28 \sqrt{\frac{P_{доп.}(1 - P_{доп.})}{N_i}} \leq \bar{P} \leq P_{доп.} + 1,28 \sqrt{\frac{P_{доп.}(1 - P_{доп.})}{N_i}};$$

$$0,85 - 1,28 \sqrt{\frac{0,85(1 - 0,85)}{36}} \leq P \leq 0,85 + 1,28 \sqrt{\frac{0,85(1 - 0,85)}{36}};$$

$$0,773 \leq P \leq 0,927.$$

Статистическое значение $\bar{P} = 1,0$ выходит за пределы полученных границ. Следовательно, первый межповерочный интервал ($t_1 = 24$ мес.) по результатам проведенной поверки может быть изменен в сторону увеличения. Согласно таблице 4.4 из [2] поправочный коэффициент c для $N_i = 36$ и $n_i = 0$ при доверительной вероятности 0,95 равен 5,100 (для 0,85 – 16,20).

Новый межповерочный интервал с учетом коэффициента коррекции c определяем по формуле $t_2 = t_1 \times c = 24 \times 5,1 = 122,4$ мес.

Третий вариант расчета проведем по времени наработки на метрологический отказ по формуле [2]

$$T_s = \frac{T \ln K_d}{R(N, n)},$$

Где $R(N, n)$ – коэффициент, определяемый по таблице 4.7 из [2] на основе статистической обработки исходных значений N и n . В нашем случае

$$T_s = \frac{24 \ln 0,85}{0,05} = \frac{24 \times 0,162}{0,05} = 77,76 \text{ мес.}$$

Принимаем рекомендуемый межповерочный интервал – 72 мес.

Таким образом, окончательно принимаем межповерочный интервал равный 72 мес.

ЛИТЕРАТУРА

1. РМГ 74-2004 ГСИ. Методы определения межповерочных и межкалибровочных интервалов средств измерений
2. Артемьев Б.Г., Лукашов Ю.Э. Поверка и калибровка средств измерений. – М. ФГУП «Стандартинформ», 2006. – 408с.

УДК 621.762

НАГРЕВ И ПРОПЛАВЛЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ КОНТАКТОВ ПРИ КОММУТАЦИИ

Мрачковский А.Н., Радько И.П.,

Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины, Киев, Украина

Кохановский В.А.

Национальный технический университет Украины "КПИ", Киев, Украина

Конструктивные разиеры электрических контактов зависят от энергии, выделяющейся в межконтактном промежутке, их материала, характера нагрузки, рода тока.

Были проведены исследования зависимости выделяющейся энергии и определяемой этим глубины проплавления контактов в зависимости от величины тока, индуктивности нагрузки, а также теплофизических свойств материала контакта.

1. Мощность и энергия, выделяющаяся на поверхность контактов.

Сопротивление размыкающихся контактов R_t изменяется от 0 до ∞ за время размыкания t_0 и зависит от времени ($t(0 \leq t \leq t_0)$)

$$R_t = R \frac{t}{t_0 - t},$$

где R – активное сопротивление отключаемой нагрузки.

Поэтому процесс размыкания цепи с индуктивностью L и сопротивлением R равноценен введению последовательно в такую цепь сопротивления R_t в соответствии с рис.1.

В этом случае закон изменения тока в цепи описывается дифференциальным уравнением

$$iR + L \frac{di}{dt} + U_b = U_0, \quad (1)$$

где $U_b = iR_t$ – напряжение на контактах выключателя.

Предполагаем, что ток в цепи и напряжение на контактах при отключении чисто активной нагрузки изменяются пропорционально времени.

В этом случае уравнение (1) – линейное и его решение имеет следующий вид

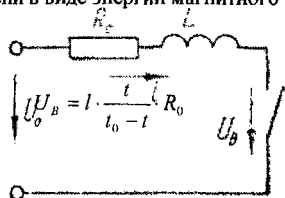
$$i = I_0 \frac{t_0 - t}{t_0} \cdot B; \quad U_b = U_0 \frac{t}{t_0} \cdot B, \quad (2)$$

где I_0 и U_0 – ток нагрузки и напряжение на ней до размыкания контактов.

Коэффициент, зависящий от характера цепи (соотношения R и L) и от времени t_0 .

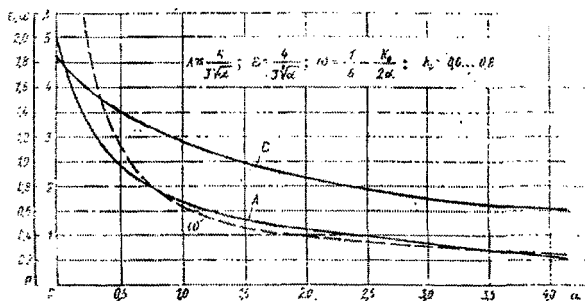
$$B = \frac{\left(\frac{t_0 - t}{t_0}\right)^{\alpha} - 1}{1 - \alpha}.$$

Параметр $\alpha = \frac{Rt_0}{L}$ представляет по существу отношение активной энергии, потребляемой цепью за время размыкания контактов, ко всей энергии, запасенной в индуктивностях цепи в виде энергии магнитного поля ($W_L = \frac{1}{2}LI_0^2$).



Для чистой активной цепи ($L = 0$), $\alpha = \infty$; при чисто индуктивной ($R = 0$) нагрузке $\alpha = 0$. Мощность на размыкающихся контактах в каждый момент времени равна

$$P = U_0 i = U_0 I_0 \frac{t_0 - t}{t_0} = \frac{t}{t_0} \cdot B.$$



Обозначив $\frac{t}{t_0} = \beta$, получим

$$P = U_0 I_0 \beta (1 - \beta) \left| \frac{(1 - \beta)^2 - 1 - \alpha}{1 - \alpha} \right|^{1/2} = U_0 I_0 \eta. \quad (3)$$

Коэффициент η зависит от t и α .

Для упрощения расчетов изменение мощности на контактах можно принять по закону

$$P = U_0 I_0 A \beta^E, \quad \eta = A \left(\frac{t}{t_0} \right)^E = A. \quad (4)$$

Значение коэффициентов A и E для определения мощности при разных значениях параметра α могут быть приближенно найдены из формул

$$A = \frac{5}{3\sqrt{\alpha}}, \quad E = \frac{4}{3\sqrt{\alpha}},$$

а также из графика на рис 2.

По известной мощности определяется расход энергии на контактах в любой момент времени их размыкания.

Энергия выделяющаяся на контактах до момента t_1 (меньшего t_0), составляет

$$Q = \int_0^{t_0} U_0 I_0 A \left(\frac{t}{t_0} \right)^x dt \text{ или } Q = U_0 I_0 \frac{A}{x+1} \cdot \frac{t_0^{x+1}}{t_0^x}. \quad (5)$$

Вся энергия, затрачиваемая в контактах за время коммутации и определяющая их нагрев и эрозию (плавление), составляет

$$W = \int_0^{t_0} i i d t = U_0 I_0 \int_0^{t_0} \frac{t_0 - t}{t_0} \cdot \frac{t}{t_0} B^2 d t. \quad (6)$$

После интегрирования

$$W = U_0 I_0 t_0 \frac{1}{(1-x)^2} \left[\frac{1}{2x(2x+1)} - \frac{2x}{(x+1)(x+2)} + \frac{x^2}{6} \right].$$

Из выражения (6) видно, что общая коммутируемая энергия на контактах за время их размыкания составляет

$$W = \frac{1}{6} U_0 I_0 t_0 + K_0 \frac{L I_0^2}{2}, \quad (6a)$$

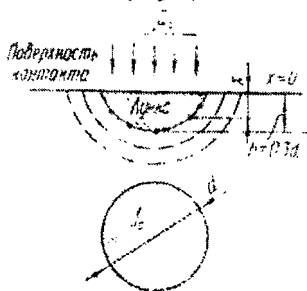
или

$$W = U_0 I_0 t_0 \omega, \quad (6б)$$

где K_0 – коэффициент, учитывающий характер нагрузки ($K_0 = 0,7 \dots 0,8$)

При чисто индуктивной нагрузке $K_0 = 1,0$; при чисто активной $K_0 = 0$

Вспогательная диаграмма для определения коэффициента



Составляющая $\frac{1}{6} U_0 I_0 t_0$ есть энергия, расходуемая на контактах при отключении чисто активной нагрузки.

Коэффициент ω , как это видно из формул (6) и (6б), зависит от характера цепи и равен

$$\omega = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{3} + \frac{K_0}{\alpha} \right).$$

Многочисленными исследованиями [2] установлено, что энергия, отдаваемая в тело контактов и расходуемая на их эрозию, составляет примерно 90% от всей энергии, расходуемой в разрядном промежутке. На излучение расходуется не более 7%.

Характер нагрева массы контактов, температура точек внутри объема контакта и изменение ее во времени устанавливается на основании решения уравнения теплопроводности [3, 4].

2. Определения момента наступления плавления контактов. Так как сопротивление контактов происходит по поверхности и энергия, выделяющаяся в контактном промежутке, поступает в массу контакта через поверхность, то следует считать, что на поверхности в течение времени t действует плоский источник теплоты.

Уравнение теплопроводности в этом случае такое, при котором изотермические поверхности являются концентрическими сферами (рис.3) и температура точек зависит только от координаты x и времени t [3, 4], т.е.

$$\frac{\partial T}{\partial t} = a \left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{2}{x} \frac{\partial T}{\partial x} \right), \quad (7)$$

где T – температура точек нагреваемого объема контакта;

α – коэффициент температуропроводности.

В случае действия плоского источника теплоты решение уравнения (7)

$$T = \frac{Q}{2\sqrt{\pi\alpha t}} \cdot e^{-\frac{x^2}{4\alpha t}}, \quad (7a)$$

где Q – сила плоского мгновенного источника теплоты, расположенного на плоскости разъема, непосредственно на поверхности контакта при $X = 0$

$$Q = \frac{Q_0}{\gamma c}, \quad (7b)$$

где Q_0 – количество теплоты, выделяемой единицей поверхности плоского источника;

γ и c – плотность и теплоемкость материала контакта.

Поэтому, если энергия, выделяющаяся в двух контактах за период их размыкания t_0 , составляет W , то сила плоского источника в формуле (7b) составляет:

$$Q = \frac{W}{2\gamma c f_0},$$

где f_0 – величина контактной поверхности.

Решение уравнения (7) определяет распределение температуры на глубину X от поверхности контактов за время t .

Ввиду того, что плавление контактов наступает на их поверхности (при $X = 0$), из уравнения (7) можно найти силу источника теплоты, при котором за время t_1 температура поверхности достигает температуры плавления $T_{пл}$

$$Q = T_{пл} \cdot 2\sqrt{\pi\alpha t_1} = \frac{Q_0}{\gamma c}.$$

Общее количество энергии, поступившее в оба размыкающихся контакта за время t_1 , и есть общий тепловой поток, который доводит температуру их поверхностей до плавления

$$\frac{1}{2} U_0 I_0 \frac{A}{\varepsilon + 1} \cdot \frac{t_1^{\varepsilon+1}}{t_0^{\varepsilon}} = T_{пл} \cdot 2 \sqrt{\pi\alpha t_1} \gamma c f_0.$$

Из этого равенства определяется момент, при котором наступает плавление поверхности контактов

$$t_1^{2\varepsilon+1} = \left[\frac{t_0^{\varepsilon} (\varepsilon + 1) \cdot 4 \sqrt{\pi\alpha} \gamma c T_{пл} f_0}{AU_0 I_0} \right]^2.$$

Так как $a = \frac{\tau_0}{c\gamma}$

$$t_1 = \left[\frac{4 \sqrt{\pi\alpha} \gamma c T_{пл} (\varepsilon + 1) t_0^{\varepsilon} f_0}{AU_0 I_0} \right]^{\frac{2}{2\varepsilon+1}},$$

При $\varepsilon=1$

$$t_1 = \sqrt{\pi \gamma c \lambda \left(\frac{8 T_{пл} \cdot t_0 \cdot f_0}{A U_0 I_0} \right)^2}.$$

Чем выше температура плавления $T_{пл}$, тем позже наступает оплавление контактной поверхности. Для цепей с индуктивностью, для которых коэффициент A больше, момент наступления плавления контактов сокращается.

3. Расчет глубины проплавления контактов. Теплота, поступающая в контакт в течении всего времени коммутации, нагревает его объем и плавит некоторую часть материала, определяемого глубиной проплавления контактов, к моменту окончания их размыкания t_0 .

В отдельных случаях наступает не только плавление, но и кипение металла и его испарение.

Для определения глубины проплавления введем понятие эффективной температуры, определяемой скрытой теплотой плавления металла.

Эффективная температура – это температура, до которой была бы нагрета расплавленная масса металла при затрате на это теплоты, определяемой скрытой теплоты плавления.

$$m_1 c_1 T_{эф} = m_1 q,$$

где q – скрытая теплота плавления;

c_1 – теплоемкость металла.

В первом приближении можно считать, что теплоемкость расплавленного металла равна теплоемкости застывшего

$$T_{эф} = \frac{q}{c_1}.$$

Расчетная температура плавления

$$T_{расч} = T_{пл} + T_{эф} = T_{пл} + \frac{q}{c_1}. \quad (9a)$$

Глубина лунки расплавления h определяется координатой из уравнения 7(7a).

Расчетная температура кипения

$$T_{расч.к} = T_{кип} + \frac{q_{исп}}{c_0}, \quad (9b)$$

где c_0 – теплоемкость расплавленного металла,

$q_{исп}$ – скрытая теплота испарения.

Расчетная температура испарения металла

$$T_{расч} = T_{кип} + q/c + q_{исп}/c_0. \quad (9в)$$

Принимаем, что все количество теплоты, выделяющееся в зоне размыкания контактов, равно энергии, затрачиваемой в контактной паре за время коммутации.

Становится возможным определить глубину проплавления контактов, исходя из решения уравнения теплопроводности (7a), из которого следует

$$e^{-\frac{h^2}{4at_0}} = \frac{T_{расч} \cdot 2\sqrt{\pi a t_0}}{Q},$$

где h – глубина проплавления, координата точек, температура которых достигает $T_{расч}$ к концу размыкания контактов t_0 .

Сила плоского источника, действующего на один контакт через всю энергию, выделяющуюся в контактном промежутке W за время t_0 .

$$Q = \frac{W}{2\gamma c f_0},$$

то

$$e^{-\frac{h^2}{4at_0}} = \frac{W}{4\pi e T_{расч} \sqrt{\pi a t_0 f_0}}, \quad (10a)$$

где $W = U_0 I_0 t_0 \omega$.

Величина контактной поверхности f_0 при плавлении зависит от глубины проплавления.

Экспериментально Л. Джонсом [2] установлено соотношение между размерами расплавленной зоны

$$h = 0,3 d_0, \quad f_0 = \frac{1}{4} \pi d_0^2 = 0,95 h^2 = \varphi h^2.$$

Определение глубины проплавления h сводится к решению трансцендентного уравнения

$$h^2 e^{-\frac{h^2}{4at_0}} = \frac{U_0 I_0 \omega \sqrt{t_0}}{4\pi b T_{расч}}, \quad (10b)$$

где $b = \sqrt{\pi \lambda C \gamma}$ - коэффициент, который определяется только теплофизическими характеристиками материала контакта.

Практически длительность размыкания электрических контактов находится в пределах $t_0 = 0,01 \dots 0,03$ с, глубина проплавления составляет $h = 0,1 \dots 0,6$ мм.

Поэтому отношение $\frac{h^2}{4at_0} = 0,08 \dots 0,11$, т.к. коэффициент температуропроводности для металлов $d = 0,3 \dots 0,4$. $l = \frac{h^2}{4at_0} = 1$

Глубина проплавления одного контакта может определяться из формулы

$$h = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{U_0 I_0 \omega \sqrt{t_0}}{\pi b T_{расч}}}. \quad (11)$$

Коэффициент b зависит от свойств материала и для разных металлов составляет

$$b = (30 \dots 70) \cdot 10^3 \text{ Дж}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C} \cdot \text{с}^{0,5}).$$

Основные теплофизические характеристики и расчетные температуры плавления для некоторых металлов приведены в таблице 1.

Материал	ρ	γ	ϵ	$\delta \cdot 10^{-3} \text{ см}$	$T_{\text{пл}}$	$T_{\text{нгр}}$	$T_{\text{нгр}}$	Расчетные температуры, °C	
	$\frac{\rho}{\mu\Omega \cdot \text{см}}$	$\frac{\gamma}{\text{мм}^2/\text{А}}$	$\frac{\epsilon}{10^{-12}}$	$\frac{\delta}{\text{мм}}$	$^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{C}$	$T_{\text{нгр}}$	$T_{\text{нгр}}$
Медь	300	8920	159	70030	1230	2460	213	1710	2500
Серебро	275	10500	172	54210	560	2180	100	1310	2590
Никель	565	8900	55	30110	1450	3000	305	2000	2530
СН-70 (серебро - 70%, никель - 30%)	380	10090	170	66110	960	2430	173	1420	2380

Материал	$T_{\text{нгр}}$	$I_0 = 1 \text{ А}$		$I_0 = 5 \text{ А}$		$I_0 = 10 \text{ А}$	
		$T_{\text{нгр}}$	$T_{\text{нгр}}$	$T_{\text{нгр}}$	$T_{\text{нгр}}$	$T_{\text{нгр}}$	$T_{\text{нгр}}$
Серебро	$T_{\text{нгр}}$	0,1746	0,1518	0,4915	0,4488	0,8317	0,8105
Никель	$T_{\text{нгр}}$	0,0773	0,1028	0,3613	0,3244	0,6580	0,6078
СН-70 (ср.)	$T_{\text{нгр}}$	0,1127	0,1724	0,5673	0,5091	1,0809	0,9546
Ср. (ср.)	$T_{\text{нгр}}$	0,1148	0,1299	0,4265	0,3530	0,812	0,71
Ср. (ср.)	$T_{\text{нгр}}$	0,0910	0,1061	0,4038	0,4117	0,8427	0,8886
Ср. (ср.)	$T_{\text{нгр}}$	0,1122	0,1503	0,3420	0,3188	0,6603	0,6456

В таблице 2 приведены значения рассчитанной глубины проплавления контактов в миллиметрах при $U_0=200 \text{ В}$, неизменной индуктивности $=0,5 \text{ Гн}$ и токах нагрузки 1; 5; 10 А.

Из табл. 2 следует, что глубина проплавления контактов, изготовленных методами порошковой металлургии, типа СН-70 меньше, чем у серебра или никеля.

Выводы

1. Мощность на размыкающихся контактах с увеличением индуктивности возрастет и имеет максимум в конце размыкания. Энергия, выделяющаяся на контактах, зависит от длительности размыкания и в большей степени от характера нагрузки.

2. Глубина проплавления контактов зависит от характера нагрузки (активная, индуктивная). С увеличением индуктивности глубина проплавления увеличивается.

3. Увеличение времени размыкания контактов увеличивает глубину проплавления. Особенно это характерно для активной нагрузки цепи.

4. Приведенные расчеты дают возможность подбирать контактные материалы для низковольтных электроаппаратов с учетом характера нагрузки обеспечивающие минимальную эрозию контактных поверхностей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Томан А.С., Кохановский С.П. Электроэнергетические показатели разрывных контактов. Тр. УСХА, 1975, вып. 110.
2. Намитоков К.К. Электроэрозионные явления. М.: Энергия, 1978.
3. Карслоу Г.С. Теория теплопроводности. М., 1947
4. Лыков А.В. Теория теплопроводности. М.: Высшая школа, 1967.
5. Вейник А.И. Приближенный расчет процессов теплопроводности. М., 1959.

УДК 621.316:631.371

ЭФФЕКТИВНОСТЬ АВТОМАТИЗАЦИИ СЕЛЬСКИХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

Русан В.И., докт. техн. наук, проф.,

УО "Белорусский государственный аграрный технический университет",
г. Минск, Республика Беларусь

Пухальская О.Ю.

УО "Гомельский государственный технический университет им. П.О. Сухого",
г. Гомель, Республика Беларусь

Среди мероприятий по повышению надежности распределительных электрических сетей сельскохозяйственного назначения стоит выделить те, которые связаны с внедрением средств автоматизации, например, секционирование и сетевое резервирование сетей 10 кВ.

Указанные выше мероприятия могут быть реализованы при помощи реклоузеров, которые представляют собой коммутационные аппараты являющиеся также интеллектуальными устройствами. Реклоузер анализирует режимы работы электрической сети и автоматически производит ее реконфигурацию в аварийных режимах, т.е. локализацию места повреждения и восстановление электроснабжения потребителей, питающихся от неповрежденных участков сети.

Исследование надежности электроснабжения выполнено для структурных моделей ВЛ 10 кВ, построенных на основании вероятностно-статистических методов [1]. В исходном варианте схем установлены неавтоматические секционирующие устройства, реконструкция сети предусматривает установку реклоузеров, т.е. построение интеллектуальной сети. Места установки пунктов автоматического секционирования (ПАС) (см. рисунки 1-3) выбраны таким образом, что произведения суммарной длины участков линии и мощностей ТП, присоединенных к данным участкам, являются величинами одного порядка [2]. Это обеспечивает минимальный недоотпуск электроэнергии потребителям.

В качестве показателя надежности, на основании которого оценивается эффективность автоматизации сети, использован недоотпуск электроэнергии ΔW_u .

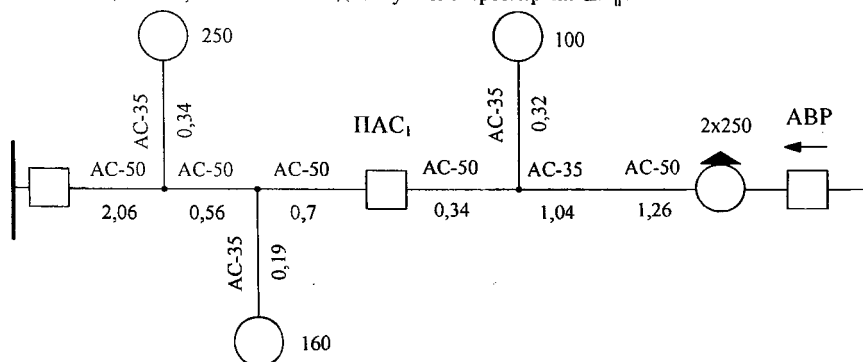


Рисунок 1 – Автоматизация с применением реклоузеров на примере модели ВЛ 10 кВ I типа

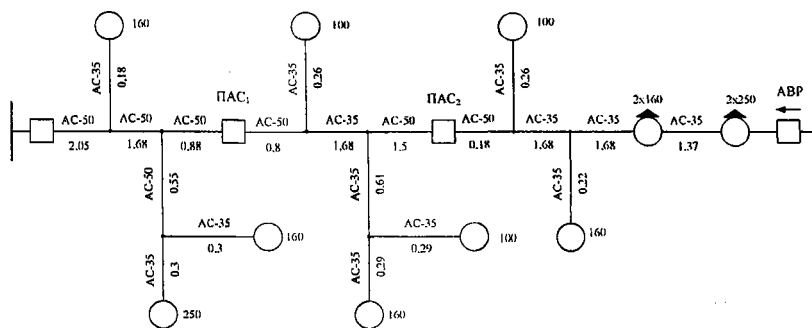


Рисунок 2 – Автоматизация с применением реклоузеров на примере модели ВЛ 10 кВ II типа

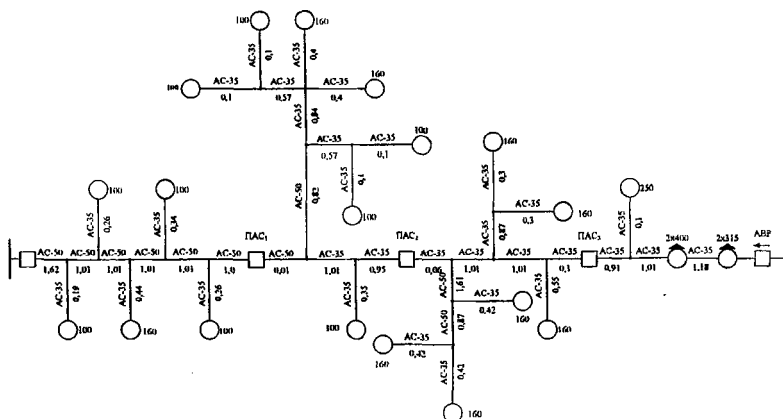


Рисунок 3 – Автоматизация с применением реклоузеров на примере модели ВЛ 10 кВ III типа

Ожидаемый годовой недоотпуск электроэнергии потребителю по причине внезапных отключений ВЛ 10 кВ может быть определен по формуле

$$\Delta W_{n10} = \frac{W_n}{8760} \cdot N_{10} \cdot \tau_{10},$$

(1)

где W_n – величина годового потребления активной электрической энергии рассматриваемым потребителем, кВт·ч;

N_{10} – количество внезапных отключений потребителя из-за отказов ВЛ 10 кВ, откл/год;

τ_{10} – средняя продолжительность одного внезапного отключения из-за отказов ВЛ 10 кВ, час.

Расчёт количества N_{10} и продолжительности τ_{10} внезапных отключений потребителя из-за повреждений на питающей его ВЛ 10 кВ выполнен по разработанным методикам [3, 4].

Из формулы (1) можно получить следующее выражение

$$\Delta W_{n10} = k_3 S \cos \varphi N_{10} \tau_{10},$$

(2)

где k_3 – коэффициент загрузки ТП 10/0,4 кВ;

S – номинальная мощность ТП 10/0,4 кВ, кВт·А;

$\cos \varphi$ – коэффициент мощности; для ТП 10/0,4 кВ с производственной нагрузкой и дневного максимума нагрузки $\cos \varphi = 0,7$ [5].

Величина ожидаемого ущерба от недоотпуска электроэнергии потребителям из-за отказов ВЛ 10 кВ определена исходя из удельных ущербов для различных групп потребителей

$$\Delta Y_{n10} = y_0 \cdot \Delta W_{n10},$$

(3)

где y_0 – удельный ущерб от недоотпуска электроэнергии потребителю, руб./кВт·ч;

ΔW_{n10} – см. формулу (2).

В таблице 1 приведены результаты исследования показателей надежности электроснабжения для двух вариантов схем, коэффициент загрузки всех ТП 10/0,4 кВ принят равным 1.

Таблица 1 – Эффективность реконструкции на основе построения интеллектуальной сети

Схема ВЛ 10 кВ	S, кВА	Исходная схема		Автоматизация сети с применением рекло-узлов		$\frac{\Delta W_{n1}}{\Delta W_{n2}}$, о.е.	Снижение ущерба ΔU , тыс. руб.
		τ_{Σ} , ч	ΔW_{n1} , кВт·ч	τ_{Σ} , ч	ΔW_{n2} , кВт·ч		
Модель I типа	1010	4,82	3359,5	1,21	807,9	4,16	18456,4
Модель II типа	2010	15,47	21239,3	1,67	2077,2	10,22	138602,6
Модель III типа	4020	35,01	96258,1	2,44	6268,1	15,36	650910,9

Таким образом, эффективность автоматизации сельских электрических сетей увеличивается с ростом протяженности ВЛ 10 кВ и должна рассматриваться энергоснабжающими организациями в качестве перспективного мероприятия по повышению надежности электро-снабжения потребителей АПК.

ЛИТЕРАТУРА

1. Русан, В.И. Вероятностно-статистические модели ВЛ 10 кВ сельскохозяйственного назначения / В.И. Русан, О.Ю. Пухальская // Агропанорама. – 2008. – №5. – С. 20-24.
2. Воротницкий, В.В. Распределительные сети 6(10) кВ – модернизация или автоматизация? / В.В. Воротницкий [и др.] // Энергия и Менеджмент. – 2011. – №2. – С. 11-15.
3. Куценко, Г.Ф. Методика определения расчетного количества внезапных отключений потребителей сельскохозяйственного назначения по цепи “источник-потребитель” / Г.Ф. Куценко, О.Ю. Пухальская // Вестник Гомельского государственного технического университета им. П. О. Сухого. – 2005. – №3. – С. 30-33.
4. Пухальская, О.Ю. Методика расчета продолжительности отключения потребителя агропромышленного комплекса при повреждении на ВЛ 10 кВ без автоматики / О.Ю. Пухальская // Вестник Гомельского государственного технического университета им. П.О. Сухого. – 2008. – №1. – С. 27-36.
5. Лещинская, Т.Б. Электроснабжение сельского хозяйства / Т.Б. Лещинская, И.В. Наумов. – М.: КолосС, 2008. – 650 с.

УДК 621.316:631.371

РАСЧЕТ НАДЕЖНОСТИ СХЕМ СЕЛЬСКИХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ ФУНКЦИЙ АЛГЕБРЫ ЛОГИКИ

Русан В.И., докт. техн. наук, проф.,

УО “Белорусский государственный аграрный технический университет”,
г. Минск, Республика Беларусь

Пухальская О.Ю.

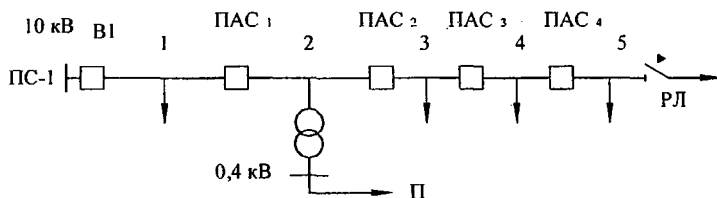
УО “Гомельский государственный технический университет им. П.О. Сухого”,
г. Гомель, Республика Беларусь

В настоящее время для расчета надежности используются следующие методы:

- 1) аналитический;
- 2) логико-вероятностный;
- 3) таблично-логический.

Сущностью расчета надежности с помощью логико-вероятностного метода, или функций алгебры логики (ФАЛ), является описание схем при помощи аппарата математической логики [1]. На примере схем распределительных сетей сельскохозяйственного назначения, рассмотрим последовательность расчета надежности с использованием ФАЛ.

На рисунке 1 представлена схема ВЛ 10 кВ, оснащенной пунктами автоматического секционирования (ПАС).



ПС-1 – питающая подстанция один; В1 – выключатель на ПС1; ПАС – пункт автоматического секционирования ВЛ 10 кВ; РЛ – линейный разъединитель; 1 - 5 – номера участков ВЛ 10 кВ; П – потребитель электроэнергии
Рисунок 1 – Вариант оснащения ВЛ 10 кВ двумя и более ПАС

Структура расчета надежности ВЛ 10 кВ при оснащении ПАС представлена на рисунке 2. В соответствии с условными обозначениями рисунка 1: элемент *a* – участок № 1 ВЛ (головной участок), элемент *b* – участок ВЛ, к которому присоединен потребитель, т.е. участок № 2, элемент *c* – участок ВЛ за потребителем, т.е. участок №3, элемент *d* – ПАС₂.

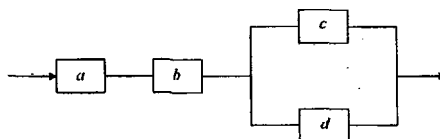


Рисунок 2 – Структура расчета надежности схемы ВЛ 10 кВ, оснащенной ПАС

Условие работоспособности структуры на рисунке 2: схема работоспособна, если работоспособны элементы цепочек (*a, b, c*), или (*a, b, d*), или (*a, b, c, d*).

Этому условию соответствует логическая функция

$$F_n = [a \wedge b \wedge c] \vee [a \wedge b \wedge d] \vee [a \wedge b \wedge c \wedge d] = abc \vee abd \vee abcd.$$

(1)

Приводим F_n к бесповторной форме:

$$F_{\min} = ab(c \vee d \vee cd) = ab(c(1 \vee d) \vee d) = ab(c \vee d).$$

(2)

Арифметизируя функцию, получим:

$$F_n = ab(c + d - cd).$$

(3)

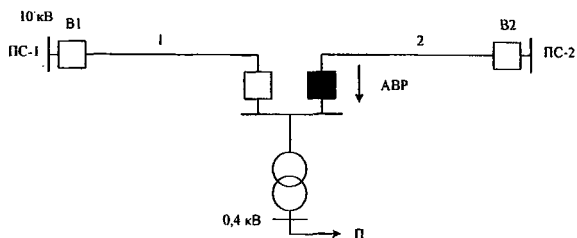
Вероятность безотказной работы

$$P_c = P_a P_b (P_c + P_d - P_c P_d).$$

(4)

Вероятности безотказной работы отдельных элементов схем приняты равными для ВЛ 10 кВ: $P_{\text{ВЛ}} = 0,779$; ПАС: $P_{\text{ПАС}} = 0,9$; местного АВР: $P_{\text{АВР}}^{\text{ТНБ}} = 0,92$; сетевого АВР $P_{\text{АВРс}} = 0,88$. С учетом этого вероятность безотказной работы составит $P_c = 0,593$.

На рисунке 3 предложена схема местного АВР одностороннего действия в ТП 10/0,4 кВ.



ПС-1 и ПС-2 – соответственно питающая подстанция один и два; В1 и В2 – выключатель на ПС-1 и ПС-2 соответственно; АБР – пункт автоматического включения резерва; 1 - 2 – номера участков ВЛ 10 кВ; П – потребитель электроэнергии

Рисунок 3 – Вариант оснащения ВЛ 10 кВ местным АБР одностороннего действия

Структура расчета надежности ВЛ 10 кВ при оснащении местным АБР одностороннего действия представлена на рисунке 4. В соответствии с условными обозначениями рисунка 3: элемент *a* – участок № 1 ВЛ, элемент *b* – участок № 2 ВЛ (резервной), элемент *c* – устройство АБР.

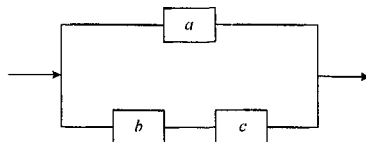


Рисунок 4 – Структура расчета надежности схемы местного АБР одностороннего действия

Условие работоспособности структуры на рисунке 4: схема работоспособна, если работоспособны элемент *a*, или элементы (*b, c*), или элементы (*a, b, c*).

Логическая функция и ее бесовторная форма

$$F_a = a \vee (b \wedge c) \vee (a \wedge b \wedge c) = a \vee bc \vee abc; \quad F_{\min} = a(1 \vee bc) \vee bc = a \vee bc. \quad (5)$$

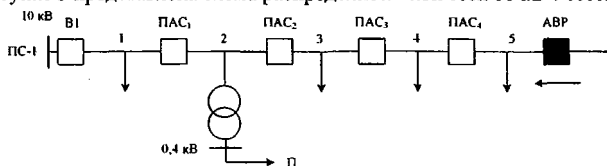
Арифметизация функции дает следующее выражение

$$F_a = a + bc - abc. \quad (6)$$

Вероятность безотказной работы схемы

$$P_c = P_a + P_b P_c - P_a P_b P_c = 0,937. \quad (7)$$

На рисунке 5 представлена схема распределительной сети 10 кВ с сетевым АБР.



ПС-1 питающая подстанция один; В1 – выключатель на ПС-1; ПАС – пункт автоматического секционирования ВЛ 10 кВ; АБР – пункт автоматического ввода резерва; 1 - 5 – номера участков ВЛ 10 кВ; П – потребитель электроэнергии

Рисунок 5 – Вариант оснащения ВЛ 10 кВ сетевым АБР

Структура расчета надежности ВЛ 10 кВ при оснащении сетевым АВР представлена на рисунке 6. В соответствии с условными обозначениями рисунка 3: элемент a – головной участок ВЛ, т.е. участок № 1, элемент b – участок № 2 ВЛ, т.е. участок, от которого питается потребитель, элемент c – участок ВЛ за потребителем, т.е. №3, элемент d – ПАС₁, элемент e – АВР; элемент f – ПАС₂.

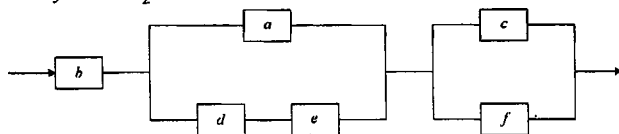


Рисунок 6 – Структура расчета надежности схемы ВЛ 10 кВ, оснащенной сетевым АВР

Условие работоспособности структуры на рисунке 6 схема работоспособна, если работоспособны элементы цепочек (b, a, c) , или (b, a, f) , или (b, d, e, c) , или (b, d, e, f) , или (b, a, d, e, c) , или (b, a, d, e, f) , или (b, a, c, f) , или (b, d, e, c, f) , или (b, a, d, e, c, f) .

Логическая функция и ее бесповторная форма

$$F_a = bac \vee baf \vee bdec \vee bdef \vee bdef \vee badef \vee bacf \vee bdecf \vee badecf; \quad (8)$$

$$F_{\min} = b(a \vee de)(c \vee f).$$

(9)

Арифметизируя функцию, получим:

$$F_a = b(a + de - ade)(c + f - cf).$$

(10)

Вероятность безотказной работы схемы

$$P_c = P_b(P_a + P_d P_e - P_a P_d P_e)(P_c + P_f - P_c P_f).$$

(11)

В численном выражении $P_c = 0,742$.

Метод функций алгебры логики позволяет анализировать надежность схем электро-снабжения потребителей АПК с относительной простотой расчетов, основанных на использовании параллельно-последовательных структур. Анализ полученных результатов подтверждает перспективность автоматизации электрических распределительных сетей как средства повышения надежности электроснабжения потребителей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Острейковский В.А. Теория надежности: Учеб. для вузов / В.А. Острейковский. – М.: 1.: Высш. шк., 2003. – 463 с.

ОПТИМИЗАЦИЯ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ ЗА СЧЕТ ЗАМЕНЫ ТРАНСФОРМАТОРОВ

Фурсанов М.И., д.т.н., проф., Петрашевич Н.С., магистрант
УО «Белорусский национальный технический университет»
Минск, Республика Беларусь

Представлены основные результаты оптимизации сети 10 кВ, проведенной на основе разработанного авторами алгоритма на примере конкретной схемы распределительной линии (схема и параметры линии представлены на рисунке 1).

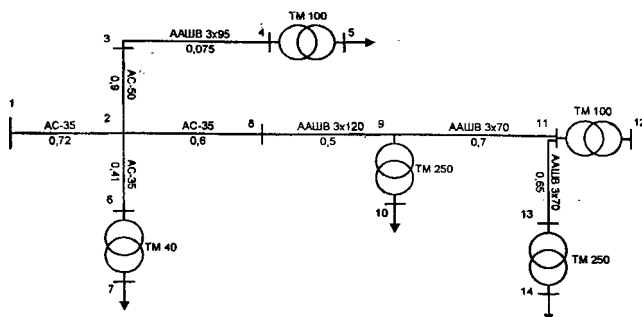


Рисунок 1. Схема разомкнутой электрической сети 10кВ

В режиме наименьших нагрузок загрузка распределительных трансформаторов принята одинаковой и равной 20%, в режиме наибольших нагрузок – 100%.

В качестве критерия оптимальности принят минимум стоимости передачи электрической энергии:

$$C_I = \frac{D_E K_E + \Delta W_{lE} \beta_{lE}}{W} + \frac{D_O K_O + \Delta W_{\infty} \beta_{\infty} + \Delta W_{lO} \beta_{lO}}{W}, \quad (1)$$

где P_{Σ} – суммарный коэффициент отчислений от стоимости линий сети КЛ;

$\Delta W_{\text{нл}}$ – суммарные нагрузочные потери электроэнергии в линиях, тыс.кВт·ч

$\beta_{\text{нл}}$ – стоимость 1 кВт·ч $\Delta W_{\text{нл}}$, у.д.е./кВт·ч;

P_T – суммарный коэффициент отчислений от стоимости трансформаторов КТ;

$\Delta W_{\text{хт}}$ – потери электроэнергии холостого хода в трансформаторах, тыс.кВт·ч;

$\beta_{\text{хт}}$ – стоимость 1 кВт·ч $\Delta W_{\text{хт}}$, у.д.е./кВт·ч;

$\Delta W_{\text{нт}}$ – нагрузочные потери электроэнергии в трансформаторах, тыс.кВт·ч;

$\beta_{\text{нт}}$ – стоимость 1 кВт·ч $\Delta W_{\text{нт}}$, у.д.е./кВт·ч;

W – отпуск электроэнергии в сеть, тыс. кВт·ч.

В целях упрощения расчетов формула (1) преобразуется к виду:

$$C_I = \frac{A}{W} + \frac{B}{W} + \frac{C}{W}, \quad (2)$$

где $\frac{A}{W} = \frac{D_E \hat{E}_E + D_O \hat{E}_O}{W}$, у.д.е./кВт·ч;

$\frac{B}{W} = \frac{\Delta W_{\infty} \beta_{\infty}}{W}$, у.д.е./тыс.кВт·ч;

$\frac{C}{W} = \frac{(\Delta W_{lE} + \Delta W_{lO})}{W}$, у.д.е./тыс.кВт·ч.

Расчеты проведены по компьютерной программе, разработанной на кафедре «Электрические системы» БНТУ. Результаты расчета потерь электрической энергии в исследуемой схеме для двух режимов приведены в таблице 1.

Таблица 1 — Результаты расчета потерь электроэнергии в схеме в режимах наибольших и наименьших нагрузок

Показатели	Обозначение и единицы измерения	Режим наименьших нагрузок (НН)	Режим наибольших нагрузок (НБ)
Нагрузочные потери в линиях	$\Delta W_{\text{НЛ}}$, тыс.кВт·ч (%)	0,55 (0,16%)	7,75 (0,49%)
Нагрузочные потери в трансформаторах	$\Delta W_{\text{НТ}}$, тыс.кВт·ч (%)	1,35 (0,40%)	19,14 (1,22%)
Потери холостого хода в трансформаторах	$\Delta W_{\text{ХТ}}$, тыс.кВт·ч (%)	29,04 (8,70%)	28,94 (1,84%)
Суммарные потери	ΔW_{Σ} , тыс.кВт·ч (%)	30,93 (9,26%)	55,82 (3,55%)
Поток на головном участке	$W_{\text{ГУ}}$, тыс.кВт·ч	339,89	1572,62

Из таблицы 1 видно, что в режиме наименьших нагрузок потери холостого хода (8,70%) значительно превышают суммарные потери нагрузочные потери – 0,56%, а в режиме наибольших нагрузок эти величины сопоставимы между собой – 1,84% и 1,71% соответственно. Следовательно, оптимальная загрузка сети будет находиться в районе стопроцентной загрузки трансформаторов. Аналитически она определяется путем построения зависимости $C_{\text{п}}$ в функции K_3 (рисунок 2).

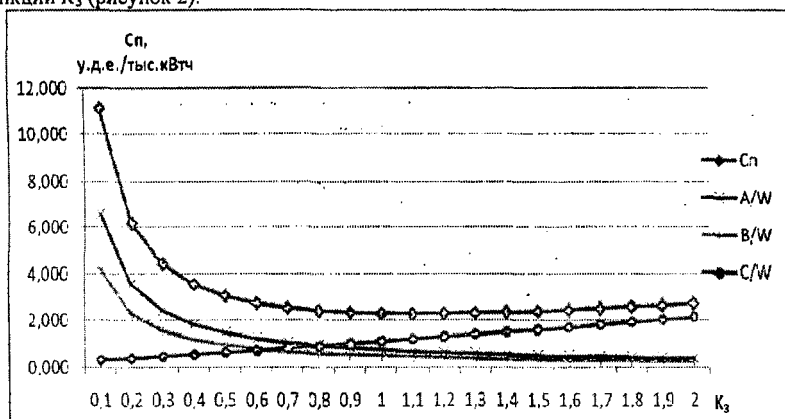


Рисунок 2. График стоимости передачи электрической энергии

Расчетная оптимальная загрузка сети позволяет найти мощности трансформаторов, которые необходимо установить в сети, чтобы стоимость передачи электрической энергии приблизить к экономически обоснованному значению (таблица 2).

Таблица 2 – Экономически обоснованные значения номинальных мощностей трансформаторов

$S_{ном}, \text{кВ} \cdot \text{А}$ (установленная)	Исходный коэффициент загрузки, $K_{зи}, \text{о.е.}$	Рекомендованный коэффициент загрузки, $K_{зр}, \text{о.е.}$	$S_{ном.р}, \text{кВ} \cdot \text{А}$ (рекомендованная к установке)	Фактический коэффициент загрузки, $K_{зф}, \text{о.е.}$
Режим минимальных нагрузок				
40	0,20	1,17	16	0,5
100	0,20	1,01	25	0,80
100	0,20	1,01	25	0,80
250	0,20	1,07	40	1,25
250	0,20	1,03	40	1,25
Режим максимальных нагрузок				
40	1,00	1,17	40	1,00
100	1,00	1,01	100	1,00
100	1,00	1,01	100	1,00
250	1,00	1,07	250	1,00
250	1,00	1,03	250	1,00

Обобщенные результаты расчета представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты расчета потерь электроэнергии в сети до и после замены трансформаторов

Показатели	Обозначение и единицы измерения	Режим наименьших нагрузок	Режим наибольших нагрузок	Режим НН после замены	Режим НБ после замены в
Нагрузочные потери в линиях	$\Delta W_{нл}, \text{тыс. кВт} \cdot \text{ч} (\%)$	0,55 (0,16%)	7,75 (0,49%)	0,3 (0,1%)	7,75 (0,49%)
Нагрузочные потери в трансформаторах	$\Delta W_{нт}, \text{тыс. кВт} \cdot \text{ч} (\%)$	1,35 (0,40%)	19,14 (1,22%)	5,58 (1,77%)	19,14 (1,22%)
Потери холостого хода в трансформаторах	$\Delta W_{хт}, \text{тыс. кВт} \cdot \text{ч} (\%)$	29,04 (8,70%)	28,94 (1,84%)	7,09 (2,25%)	28,94 (1,84%)
Суммарные потери	$\Delta W_{\Sigma}, \text{тыс. кВт} \cdot \text{ч} (\%)$	30,93 (9,26%)	55,82 (3,55%)	12,97 (4,11%)	55,82 (3,55%)
Поток на головном участке	$W_{гу}, \text{тыс. кВт} \cdot \text{ч}$	339,89	1572,62	315,42	1572,62

ЛИТЕРАТУРА

1. Федин В.Т., Фурсанов М.И. Основы проектирования энергосистем: учебное пособие для студентов энергетических специальностей: в 2 ч. частях. – Минск: БНТУ, -2010.
2. Фурсанов М.И. Методология и практика расчетов потерь электроэнергии в электрических сетях энергосистем. – Минск: Тэхналогія, 2000. – 247 с.
3. Неклепаев Б.Н., Крючков И.П. Электрическая часть электростанций и подстанций. Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 608с.

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ АЛГОРИТМИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ РАЙОННОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ

Дуль И.И., Фурсанов М.И. д.т.н. профессор
УО «Белорусский национальный технический университет»
г. Минск, Республика Беларусь

В докладе представлены некоторые результаты по разработке алгоритмов системы автоматизированного проектирования районной электрической сети.

Понятие «автоматизированное проектирование» означает процесс проектирования, при котором часть операций осуществляется автоматически, без вмешательства человека, а часть – автоматизировано, с малой долей участия человека, оставшиеся же операции выполняются только человеком.

Технология автоматизированного проектирования электрической сети применяется с целью сокращения сроков выполнения проекта и создания условий для более детального и качественного поиска инженерных решений.

Содержание проектов развития электрических сетей показывает [1], что в них входит очень широкий круг вопросов, которые в совокупности решаются на основе системного подхода. Эта задача чрезмерно громоздка, практически ее можно решить только по частям. При проектировании каждой из частей остальные части проекта представляются приближенно, в них учитываются лишь влияющие на проектируемую часть элементы, для которых первоначально предполагаются типовые решения. В дальнейшем полученные при проектировании очередного элемента решения уточняются и согласуются с остальными частями, что превращает процесс проектирования в итерационную задачу.

Согласно исследованиям, проведенным на кафедре «Электрические системы» БНТУ [2], непосредственное плодотворное время участия проектировщика в проекте составляет 15% от общего времени выполнения проекта. Таким образом, срок выполнения проекта можно значительно сократить посредством автоматизации процесса проектирования.

В основе любого проектирования электрической сети лежит расчет его режимов. Ниже описана авторская программа как шаг к созданию полноценной программы по автоматизированному проектированию электроэнергетической сети. В программе использован разработанный алгоритм расчета установившегося режима замкнутой электрической сети.

Основные положения данного алгоритма представлены ниже. Ядро программы составляет блок расчета установившегося режима сети. В процессе расчета режима электрической сети каждая ветвь графа сети замещается общепринятой математической моделью (рисунки 1) [3].

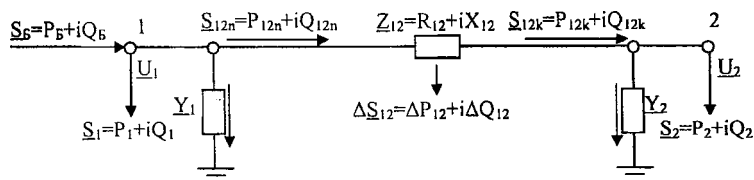


Рисунок 1 – Схема замещения ветви

Перед началом расчета режима (рисунок 2) производится размыкание сети (блок 1). Блок 1 производит поиск линий, при отсоединении которых от узлов схемы, рассчитываемая замкнутая сеть преобразуется в разомкнутую сеть, все узлы которой будут запитаны от опорного узла (рисунок 3).

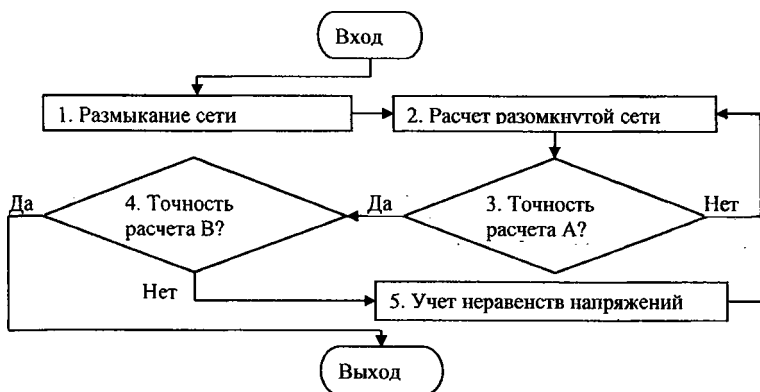


Рисунок 2 – Блок-схема алгоритма расчета режима

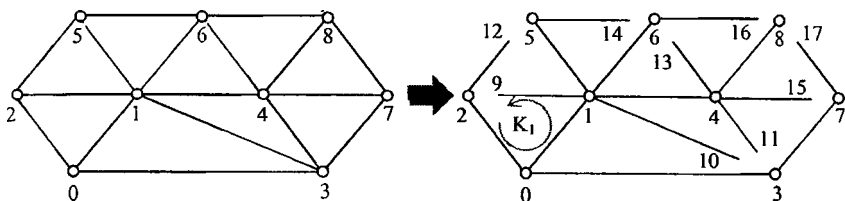


Рисунок 3 – Пример преобразования замкнутой сети

Расчет полученной разомкнутой сети (блок 2) представляет собой классическое решение задачи расчета разомкнутой сети с известными нагрузками узлов и напряжением опорного узла [3]. Точность расчета А (блок 3) характеризует точность расчета полученной разомкнутой сети. Точность расчета В (блок 4) характеризует желаемую точность расчета исходной замкнутой электрической сети. Если по результатам расчета разомкнутой сети разница напряжений действительных и фиктивных узлов меньше желаемой, то алгоритм заканчивает свою работу, иначе выполняются действия следующего блока. При этом, действительными узлами назовем узлы исходной замкнутой сети, а фиктивными узлами назовем узлы, которые образуются при отсоединении линий.

При необходимости блок 5 вносит поправки в нагрузку действительного узла и соответствующего фиктивного узла. Поправкой является половина расчетной уравнивающей мощности по контуру, который получится при соединении действительного и соответствующего фиктивного узла. Например, формула расчета поправки для контура K_1 (рисунок 3) выглядит следующим образом

$$\Delta P_i = 0,5 \cdot U_m \cdot \frac{U_2^* - U_9^*}{Z_{20}^* + Z_{01}^* + Z_{19}^*} \quad (1)$$

На величину вычисленной поправки увеличивается нагрузка одного узла и уменьшается нагрузка второго. Поправка вносится с целью исключить поток мощности по ветвям, которые соединили бы действительные и соответствующие фиктивные узлы.

В результате расчет режима замкнутой электрической сети сводится к разнесению нагрузки между реальными и примыкающими фиктивными узлами так, чтобы при расчете эквивалентной разомкнутой сети напряжения в реальных узлах и примыкающих фиктивных узлах были близки по значению в пределах заданной точности.

Прямо на рабочем пространстве пользователь при помощи мыши может указать место положения станций, подстанций (узлов), которые условно отображаются прямоугольниками (рисунок 4). Мышью можно перемещать узлы, при этом рядом с узлом отображаются координаты его текущего положения. Для создания линии требуется выделенный узел соединить со следующим узлом, указав на последний правой кнопкой мыши. Выделенный узел отображается красным цветом. Первоначально принимается, что создаваемые линии выполнены проводом одной марки. Длина каждой линии вычисляется пропорционально расстоянию между узлами. При создании каждой новой линии автоматически выполняется расчет режима. Программа автоматически выполняет выбор марок проводов и трансформаторов, после чего повторяет расчет режима с новыми параметрами. Также пользователь может запустить автоматический анализ построенной конфигурации электрической сети.

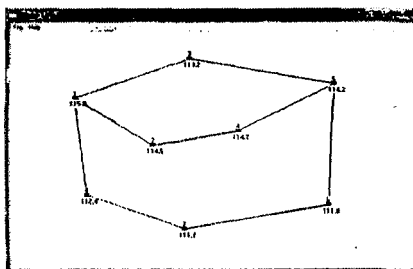


Рисунок 4 – Внешний вид программы «Строим сеть»

Возможности программы автоматизированного проектирования сети на момент написания статьи:

- графический ввод конфигурации схемы сети;
- расчет режима введенной схемы сети;
- выбор марок трансформаторов;
- выбор марок проводов линий;
- анализ режимов по допустимому по нагреву току;
- анализ режимов на достаточность регулировочного диапазона трансформаторов;
- автоматическое составление отчетов о выполненном анализе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Справочник по проектированию электрических сетей: под ред. Файбисовича Д.Л. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: ЭНАС, 2009. – 392 с.
2. Автоматизация процесса проектирования районной электрической сети: дипломная работа, БНТУ, энергетический факультет, кафедра «Электрические системы», И.В. Дуран. 2010. – 173 с.
3. Передача и распределение электрической энергии: Учебное пособие / Герасименко А.А., Федин В.Т. – Ростов н/Д: «Феникс», 2008. – 715 с.

ДОЖДЕВАЛЬНЫЕ МАШИНЫ ФРОНТАЛЬНОГО ДЕЙСТВИЯ ТИПА «КУБАНЬ-Л» КАК ОБЪЕКТ ЭНЕРГОРЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЯ

Юлдашев З.Ш., канд. техн. наук, доцент

Санкт-Петербургский государственный аграрный университет

Санкт-Петербург-Пушкин, Российская Федерация

Внедрение широкозахватных дождевальных машин (ШДМ) фронтального действия типа «Кубань-Л» с электроприводом опорных тележек, которые предназначены для полива сельскохозяйственных культур, в том числе высокостебельных, делает актуальной задачу энергетической оценки, которая отражает качества выполнения энерготехнологического процесса полива.

Система автоматического управления движением машины, основанная на взаимодействии рычажно-тросовых механизмов, не исключает возможности случайных срабатываний регуляторов системы синхронизации тележек в линию и стабилизации курса при случайных внешних возмущениях (ветер, неровность поля, и т.п.), что может приводить к неравномерному движению и не эффективному расходу энергии и оросительной воды на полив орошаемого участка, а также к аварийным остановкам.

Перспективным является построение системы управления ШДМ на базе микропроцессорных средств управления (МСУ) с фильтрацией случайных сигналов, поступающих на регуляторы движения. Для разработки алгоритма функционирования МСУ требуется детальное изучение объекта управления и, прежде всего, составления его математического описания.

ШДМ «Кубань-Л» состоит из ферменного водопроводящего трубопровода, который установлен на опорных тележках (16 шт.) с электроприводом и энергетической установки. В состав энергетической установки входит двигатель внутреннего сгорания (ДВС) (ЯМЗ-238НБ, мощность 168 кВт), трехфазный генератор (мощность 30 кВт) и водяной насос (мощность на валу 100 кВт). Уникальность ШДМ заключается в том, что она представляет собой автономный мобильный агрегат, где в качестве источника энергии используется ДВС, потребляющий дизельное топливо, механическая энергия которого тратится на привод водяного насоса и преобразуется при помощи генератора в электрическую энергию.

Оросительная вода из оросительного канала, проложенного посередине поля, подается при помощи водяного насоса в водопроводящий трубопровод, на котором равномерно размещены дождевальные насадки (307 шт.) Полив осуществляется при движении в автоматическом режиме, обеспечивая установленную норму полива в пределах $79...790 \text{ м}^3/\text{га}$. Конструктивная длина ШДМ с учетом консолей составляет 787 м, а ширина захвата дождем – 807 м [1].

Множество факторов, влияющих на качество выполнения энерготехнологического процесса полива, условно можно разделить на две группы:

- факторы, не зависящие от характера движения машины (например, разновидность дождевальных насадок и их расположение по длине машины, производительность насоса, стабильность давления воды по длине водопроводящего трубопровода);
- факторы, связанные с равномерностью движения машины (например, разброс скоростей движения опорных тележек и настроечные параметры систем синхронизации тележек в линию и стабилизации курса).

Влияние первой группы факторов на показатели качества полива изучено достаточно широко. Поэтому наибольшую актуальность представляют исследования второй группы.

Теоретические исследования влияния второй группы факторов на показатели качества полива путем математического моделирования движения ШДМ, учитывающие неравномерность движения отдельных опорных тележек машины недостаточны и в основном ограничиваются получением модели движения машины, никак не связанных с показателями качества

полива. Разработанное автором математическое моделирование позволило установить зависимости, связывающие показатели качества полива и энергоэффективности процесса полива с характеристиками движения. Получение такой модели усложняется большой протяженностью машины, большим количеством опорных тележек и сугубо нелинейными характеристиками регуляторов систем синхронизации тележек в линию и стабилизации курса.

При моделировании, имеющем цель выявить влияния неравномерности движения машины на энергетическую эффективность полива, необходимо предположить, что статическая составляющая неравномерности полива отсутствует, то есть интенсивность дождя по всей длине машины постоянна. Динамическая составляющая неравномерности полива зависит от неравномерности движения опорных тележек, и как следствие, неравномерности распределения оросительной воды на орошаемом участке полива [2].

Такое разделение оправдано тем, что необходимое снижение составляющих достигается различными методами:

- статическая неравномерность может быть снижена за счет увеличения количества дождевателей и изменения их характеристик;

- динамическая составляющая может быть снижена путем изменения алгоритма управления движением ШДМ и конструкции ее регуляторов.

Важнейшее прикладное значение разработанной математической модели заключается в использовании ее для разработки значительно более сложных энергоэффективных алгоритмов управления, которые могут быть реализованы при помощи МСУ с целью повышения качества полива и экономии оросительной воды, и как следствие, снижение энергоемкости энерготехнологического процесса полива, что особенно актуально при точном земледелии. Неравномерность полива приводит к неравномерному произрастанию сельскохозяйственных культур и нерациональному расходованию оросительной воды, образованию участков переполива, которые могут вызвать эрозию почвы

Энергоресурсосбережение на ШДМ предполагает повышения эффективности использования энергии и оросительной воды при выполнении энерготехнологического процесса (ЭТП) полива. Для разработки методов энергоресурсосбережения при поливе разработана автономная энергетическая система ШДМ. Основные особенности энергетической системы заключены в энергетических линиях, по которым энергия движется к месту потребления, образующих энергетическую сеть путем разветвления в узлах ЭТП [3].

Применительно к ШДМ, можно назвать три основных ЭТП использования потребленной энергии:

- ЭТП подачи оросительной воды при помощи водяного насоса в водопроводящий трубопровод, равномерное распределение по дождевальным насадкам и образование дождевого облака;
- ЭТП передвижения ШДМ с заданной скоростью при помощи электропривода опорных тележек;

- ЭТП, обеспечивающий необходимые условия жизнедеятельности - освещение и сигнализация.

ЭТП позволяет определять вид необходимой энергии для выполнения процесса полива. Анализ автономной энергетической системы позволит провести оценку эффективности использования энергоресурсов (дизельное топливо) и оросительной воды на существующей конструкции машины, а также на перспективных конструкциях, определить потенциальные возможности повышения их энергоэффективности и разработать энергоресурсосберегающие мероприятия.

До 30...40% экономии энергии может быть обеспечено в результате внедрения энергоресурсосберегающих ШДМ фронтального действия путем разработки алгоритмов управления движением, определения оптимальных параметров диаметра водопроводящего трубопровода, снижения рабочего давления насосного агрегата и дождевальных насадок и другие.

Перспективным направлением снижения энергоемкости ЭТП полива при помощи ШДМ является замена ДВС ($\eta_{\text{энер}} < 40\%$) на централизованный источник электроснаб-

жения переменного тока (380В, 50 Гц.) с троллейной системой передачи электрической энергии на электродвигатель насосного агрегата и электропривод опорных тележек.

Сложность и трудоемкость экспериментальных исследований, направленных на совершенствование ШДМ с целью повышение качества полива, обуславливает необходимость создания математической модели движения машины, позволяющей с помощью ЭВМ эффективно решать многовариантные задачи оценки показателей энергоэффективности и качества полива при различных значениях конструктивных и настроечных параметров машины и алгоритмов ее управления.

ЛИТЕРАТУРА

1. Юлдашев З.Ш. Математическая модель системы управления движением широкозахватной машины фронтального действия / Ю.С. Бернер, З.Ш. Юлдашев.// Применение микроэлектроники и робототехники в сельском хозяйстве. Тезисы докладов научно-технической конференции. -Рига. -1985. -С.33-34.
2. Юлдашев З.Ш. Повышение качества полива дождевальной машины «Каравелла» путем оптимизации настроенных параметров [Текст] / З.Ш. Юлдашев // Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук, Ленинград-Пушкин. - 1988. -С.16.
3. Карпов В.Н. Энергосбережение. Метод конечных отношений: Монография / В.Н. Карпов, З.Ш. Юлдашев. СПб.: -СПбГАУ. -2010. -147с.

УДК: 621.31.004.14

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВНЕДРЕНИЯ КОМПЛЕКСНЫХ СИСТЕМ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ СЕЛЬСКИХ ЗДАНИЙ

Шеповалова О.В., канд. техн. наук.

*Всероссийский институт электрификации сельского хозяйства,
Москва, Российская Федерация*

Работа посвящена разработке базовой программы внедрения комплексных систем энергообеспечения сельских зданий с использованием возобновляемых источников энергии в сочетании с мероприятиями по энергосбережению.

Использование возобновляемых источников энергии (ВИЭ) и мероприятия по энергосбережению должны быть обязательной составляющей современных энергоэффективных комплексных систем энергообеспечения (КСЭО). Их совместное включение в КСЭО позволяет резко повысить результирующую эффективность[1].

Внедрение КСЭО с возобновляемыми источниками энергии является актуальной задачей для повышения надежности энергоснабжения, обеспечения бесперебойности энергоснабжения и энергетической безопасности, снижения зависимости потребителя от поставщиков энергоресурсов, снижения затрат ресурсов, повышения экологических показателей оборудования. Энергосбережение, учет и минимизация потерь являются необходимым условием эффективного функционирования КСЭО с ВИЭ, обеспечивают возможность их эффективного функционирования.

Программа рассчитана на 2014-2020гг. Для внедрения КСЭО с использованием ВИЭ значения целевых индикаторов и показателей базовой программы, их взаимосвязь определяем следующим образом.

1. Определяем общее количество систем исходя из: существующих потребностей; количества, заложенного в законодательных актах РФ; опыта развития возобновляемой энергетики за рубежом; прогнозов роста каждого вида ВИЭ и их соотношения; состояния производства по каждому виду ВИЭ и перспектив его роста; существующих проблем и сложностей с внедрением ВИЭ; возможностей по финансированию общей стоимости систем. Общее количе-

ство систем N 190 тысяч. Закладываемая возможность финансирования общей стоимости 53200 млн. руб.

2. Определяем разделение по видам ВИЭ.

Объектом энергообеспечения является здание, строение, хозяйственные постройки. Требуемая установленная мощность 0,2 – 10 кВт. Энергопотребление одного дома (группы) до 20 кВт·ч в сутки, энергопотребление сельского поселения до 1,5 МВт·ч в сутки. Начальная общая потребность в системах основана на данных по количеству человек - потенциальных потребителей и уровню энергообеспеченности регионов Роскомстата и Центра всероссийского мониторинга социально- трудовой сферы села ГНУ ВНИИЭСХ. При определении стоимостных показателей использованы данные предприятий-изготовителей. Базовый вариант системы – система с солнечным электроснабжением. Солнце как ресурс есть повсеместно. Солнечные батареи обладают самым большим потенциалом по быстрому улучшению экономических и технических характеристик и увеличению объемов выпуска, наибольшей дробностью установленной мощности и являются наиболее жестким вариантом по стоимости при определении показателей и индикаторов внедрения ВИЭ.

При определении показателей систем по видам и по годам начинаем с систем с наименее дробной мощностью:

1) Минимальная мощность систем на основе микроГЭС $\approx$ максимальной закладываемой мощности системы, поэтому сначала определяем распределение систем, использующих гидроресурсы, в количестве по годам с учетом объемов ресурса и возможностей производства. Находим их процент в общем количестве.

2) Для улучшения энергоснабжения районов с геотермальными источниками закладываем конкретную выпускаемую установку с минимальной установочной мощностью 500 кВт, стоимость 34500 тыс. руб. – это 123 шт. систем средней стоимости, учитывая самый большой коэффициент использования (до 70%), эту цифру принимаем для расчетов как условное количество.

3. Находим количество систем, использующих каждый ресурс, вводимых в i -том году: $N_{\text{виэ}}^i = a \cdot N^i$, N^i - общее количество систем, вводимых в i -том году; a – доля ресурса в общем количестве систем.

Вносим поправку на количество по неделимым типовым мощностям (гидро- и гео- ресурсы). Определяем стоимость и мощность систем данного ресурса, вводимых в данном году $C_{\text{виэ}}^i$ и $P_{\text{виэ}}^i$: $P_{\text{виэ}}^i : C_{\text{виэ}}^i = C_{\text{виэ}}^i \cdot C_{\text{уд.виэ}}^i$, где $C_{\text{уд.виэ}}^i$ – удельная стоимость единицы мощности системы данного типа в i -том году, определяется из графиков [2]. При этом должно выполняться проверочное равенство: $\sum C_{\text{виэ}}^i = C^i$.

В результате мероприятий по энергосбережению при тех же объемах финансирования можно снизить стоимость системы для одного объекта за счет снижения требуемой мощности (перераспределить средства, увеличить количество систем) или, при той же стоимости, обеспечить более высокий уровень потребностей и уровень комфорта потребителей внутри системы, повысить уровень реальной энергообеспеченности.

Влияние энергосбережения через снижение энергопотребления зданий учтено в потенциале снижения мощности систем в i -том году при осуществлении мероприятий по энергосбережению $\Delta P_{\text{зс}}^i$:

$$\Delta P_{\text{зс}}^i = \xi \frac{K_{\text{зс}}^i}{100} P^i = \Delta P_{\text{виэ}}^i$$

где $P_{\text{виэ}}^i$ – общая установленная мощность систем энергообеспечения, использующих данный ресурс в i -том году; $K_{\text{зс}}^i$ – величина снижения энергопотребления здания i -го года, принимаем допущение, что сокращение энергопотребления идет равномерно в течении всего срока действия программы; ξ – поправочный коэффициент, для электроснабжения – 0,7; для теплоснабжения – 0,8.

Значения расчетных коэффициентов для учета снижения энергопотребления зданий приведены в таблице 1. Целевой индикатор программы - снижение энергопотребления зданий на 48,9 процента. K_{Σ}^t определяем из графика рис.1. Если возможен вариант систем с одним и тем же ресурсом и для теплоснабжения и для электроснабжения – выбираем по более жесткому варианту.

Таблица 1.

Коэффициенты для учета снижения энергопотребления зданий

Годы	K_{Σ}^t	A при $\xi=0,7$	A при $\xi=0,8$
2015	8	0,056	0,064
2016	16,5	0,116	0,192
2017	24,2	0,169	0,194
2018	32,3	0,226	0,258
2019	40,8	0,286	0,326
2020	48,9	0,342	0,391

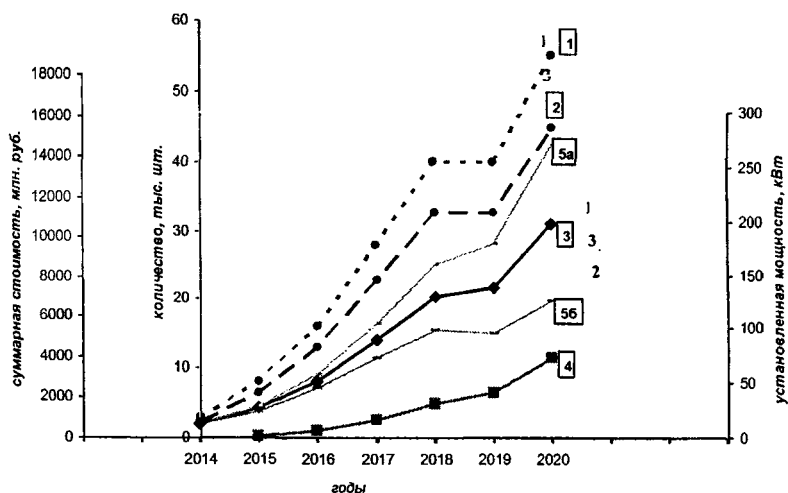


Рис.2. Изменение показателей систем энергообеспечения за годы реализации программы 1 – количество систем; 2 – стоимость систем; 3 – установленная мощность; 4 – потенциал изменения установленной мощности за счет энергосбережения; 5а – потенциал увеличения установленной мощности систем без увеличения количества оборудования источников; 5б – уменьшение требуемой мощности систем за счет энергосбережения

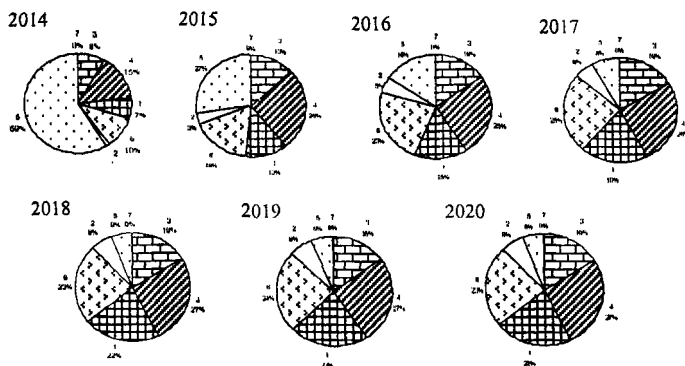
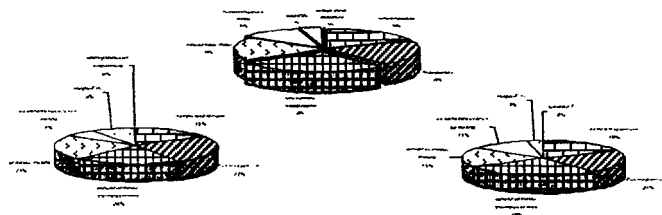


Рис. 3. Распределение установленной мощности систем по видам ВИЭ



1- солнечная, электричество; 2 –низкопотенциальное тепло; 3 – энергия ветра; 4 – биомасса;
5 – гидроресурсы; 6 –солнечная, тепло; 7 – геотермальная энергетика

Рис.4. Распределение итоговых показателей по видам ВИЭ

а) – общая стоимость КСЭО; б) – суммарная установленная мощность систем; в) – количество КСЭО

Полученные данные расчетов для каждого вида ВИЭ сводятся в итоговую таблицу. Итоговые графики для базового варианта приведены на рис.2. Общая установленная мощность систем 644,1МВт, потенциал мощности за счет мероприятий по энергосбережению 16,9МВт. На рис. 3 показано распределение мощности комплексных систем с различными видами ВИЭ по годам, на рис.4 распределение итоговых показателей по видам ВИЭ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шеповалова О.В. Организация и построение систем энергообеспечения сельских зданий// Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве. Труды 7-ой Международной научно-технической конференции (18–19 мая 2010 года, Москва). Часть 1. М.: ГНУ ВИЭСХ, 2010. С.344-349.
2. Шеповалова О.В. Использование возобновляемых источников энергии в комплексных системах энергообеспечения сельских зданий// Ползуновский вестник. – 2011 – №2/2. – С. 79-85.

УДК 631.16:658.152 (07)
**ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ В ДИПЛОМНОМ
ПРОЕКТИРОВАНИИ ПО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЮ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА**

Королевич Н.Г., к.э.н., доцент, Янукович Г.И., профессор, к.т.н.
*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»
Минск, Республика Беларусь*

Проектировать систему электроснабжения сельскохозяйственного установок необходимо с учетом эффективного использования капитальных вложений, что невозможно без глубоких знаний экономических аспектов производственной деятельности предприятия.

Экономические расчеты являются неотъемлемой частью каждого дипломного проекта. Только с их помощью можно ответить на вопрос, в какой степени спроектированный вариант экономически выгоден. Цель экономического обоснования проекта – выбор оптимального с точки зрения экономики варианта проектных решений.

Экономическая часть проекта разрабатывается после того, как выявлены основные технологические требования, предъявляемые к электрооборудованию.

При технико-экономическом обосновании дипломного проекта необходимо сравнить проектируемый вариант с базовым.

В процессе разработки экономической части дипломного проекта необходимо выполнить анализ существующих электроустановок, определить степень их соответствия предъявляемым в соответствии с ПУЭ и ПТЭ к ним требованиям по удовлетворению перспективных нагрузок, по надежности электроснабжения и по качеству электроэнергии.

Расчет натуральных технико-экономических показателей производится по общеизвестным формулам.

Проект может оцениваться на основе критерия «эффективность» путем сопоставления капиталовложений с получаемым доходом, а также на основе критерия «затраты» путем сопоставления затрат по проекту с затратами, принятыми за базу сравнения.

Показатели эффективности определяются исходя из объема капиталовложений и получаемого от проекта дохода. Они представлены рядом показателей:

- чистый дисконтированный доход ЧДД (NPV) за расчетный период;
- совокупные дисконтированные затраты;
- индекс доходности (рентабельности) инвестиций ИД (PI);
- статический (элементарный) срок окупаемости капиталовложений;
- динамический срок окупаемости капиталовложений.

Чистый дисконтированный доход (ЧДД) показывает весь эффект (выигрыш) инвестора, приведенный во времени к началу расчетного периода. Эффект определяется в сравнении с нормативным приростом на уровне ставки дисконтирования.

ЧДД определяется из выражения:

$$\text{ЧДД} = \sum_{t=1}^T \frac{D_t}{(1+E)^t} - K_n, \quad (1)$$

где D_t – доход, получаемый в год t ;

T – расчетный период в годах;

K_n – капиталовложения, приведенные во времени к началу расчетного периода;

E – принятая ставка дисконтирования (базовая ставка, норма дисконта), отн. ед.

В большинстве случаев для практических расчетов принимается ставка дисконтирования $E = 10\%$, что соответствует расчетам в постоянных ценах и обеспечивает сопоставимость показателей

Проект целесообразен при $\text{ЧДД} \geq 0$.

Если $ЧДД < 0$, необходимо проанализировать возможность уменьшения нормы дисконта, снижения капиталовложений, увеличения годового дохода и факторов, его определяющих.

Индекс доходности инвестиций (ИД) показывает, во сколько раз увеличиваются вложенные собственные средства за расчетный период в сравнении с нормативным увеличением на уровне базовой ставки. Он представляется в виде выражения:

$$ИД = \frac{ЧДД}{K_n} + 1. \quad (2)$$

Проект целесообразен при $ИД \geq 1$.

Различают срок окупаемости капиталовложений статический (элементарный) и динамический.

Статический срок окупаемости капиталовложений показывает, за какой срок инвестор возвращает первоначальные капиталовложения. При постоянном годовом доходе этот срок определяется из выражения:

$$T_o^{ст} = \frac{K}{D_t}. \quad (3)$$

Динамический срок окупаемости капиталовложений соответствует времени, за которое инвестор вернет израсходованные средства и получит нормативный доход на уровне принятой ставки. Проект считается целесообразным, если динамический срок окупаемости капиталовложений находится в пределах расчетного периода, т.е. при $T_0 < T$.

Вышеперечисленные критерии эффективности инвестиций применимы для оценки проектов, приносящих доход. Однако на практике встречаются проекты затратного характера. В первую очередь к ним относятся проекты, связанные с созданием объектов инженерной инфраструктуры (отопление и вентиляция, водоснабжение, освещение зданий и т.п.). Такие проекты могут отличаться друг от друга сроками службы и надежностью конструкций и оборудования, потерями энергии, размером капиталовложений и текущих затрат. Как правило, вариант, в котором задействовано более дорогое энергосберегающее оборудование, обеспечивает меньший размер текущих издержек. В этом случае требуется произвести сравнение нескольких альтернативных вариантов технических решений с точки зрения их экономической целесообразности. Целесообразный проект выбирается из нескольких возможных по критерию совокупных дисконтированных затрат. Если совокупные дисконтированные затраты (СДЗ) за расчетный период являются наименьшими, вариант считается выгодным.

Если текущие издержки по годам расчетного периода неизменны, для расчета СДЗ используются формулы:

$$СДЗ_1 = K_{n1} + (И_{Э1} - И_{А1})\alpha_T, \quad (4)$$

$$СДЗ_2 = K_{n2} + (И_{Э2} - И_{А2} + \Delta НП)\alpha_T, \quad (5)$$

где K_{n1} , K_{n2} – дисконтированные капиталовложения соответствующих вариантов;

$И_{Э}$, $И_{А}$ – годовые текущие издержки и амортизационные отчисления;

$\Delta НП$ – изменение налога на прибыль во втором варианте;

E – принятая процентная ставка (норма дисконта), отн. ед.

α_T – дисконтирующий множитель (коэффициент приведения постоянных по величине денежных сумм к началу расчетного периода).

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВИДА ПОВРЕЖДЕНИЯ В СЕЛЬСКИХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ

Калентиюнок Е.В. канд. техн. наук, доцент
 УО «Белорусский национальный технический университет»
 г. Минск, Республика Беларусь

Определение мест повреждений является наиболее сложной и длительной технологической операцией по локализации поврежденного элемента электрической сети. На поиск места повреждения в распределительной электрической сети напряжением 6-10 кВ, как следует из опыта эксплуатации, уходит две трети всего времени при ликвидации аварии [1].

Разнообразие видов и характера повреждений, а также структуры и условий работы электрических сетей не позволяет получить какой-либо универсальный метод и тем более создать какую-либо универсальную аппаратуру для определения мест повреждений (ОМП) [1, 2]. Для успешного решения задач ОМП, на первых порах, важно определить вид повреждения в сельских распределительных сетях, к которым относятся:

- трехфазные короткие замыкания (КЗ) (на землю и без “земли”);
- двухфазные КЗ (на землю и без “земли”);
- двойные КЗ; однофазные КЗ или замыкания на землю.

К настоящему времени нет достаточно широко разработанных для условий эксплуатации методов решения такой задачи. Известен, например, способ определения места и характера повреждения линии электропередачи с использованием ее моделей [3]. Недостаток такого способа – необходимость математической модели линии и выполнение вычислительного эксперимента. В [4] определение вида повреждения выполняется по относительной несимметрии токов фаз в аварийном режиме сети. Недостаток такого подхода заключается в выявлении только режима трехфазных и двухфазных КЗ. Поэтому для разработки методики определения вида повреждения в сельских распределительных сетях напряжением 6-10 кВ выполнены расчеты нормальных и аварийных режимов с использованием программно-вычислительного комплекса Matlab для типовой схемы сети, содержащей 7 трансформаторных подстанций 10/0,4 кВ, воздушных линий электропередачи длиной 9,3 км, выполненных проводами марки АС-35. В качестве примера на рисунках 1 - 3 приведены осциллограммы напряжений и токов фаз и их симметричных составляющих при возникновении двухфазного короткого замыкания.

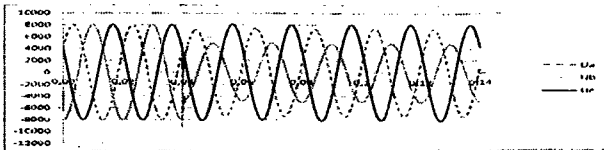


Рис. 1 – Изменением фазных напряжений

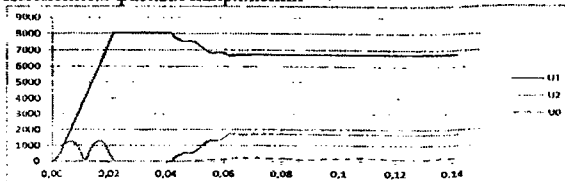


Рис. 2 – Изменения напряжений прямой (U_1), обратной (U_2) и нулевой (U_0) последовательностей

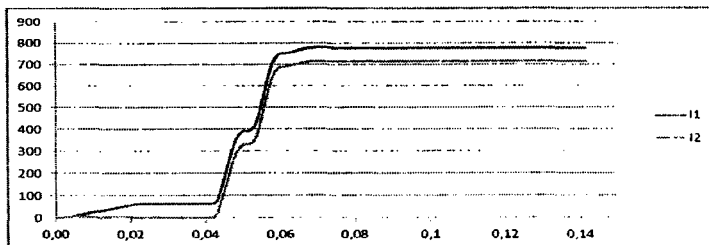


Рис. 3 - Изменения токов прямой (I_1) и обратной (I_2) последовательностей

Определение вида повреждения в сельских распределительных электрических сетях предложено определять путем оценки:

1. Значений токов в различных фазах электрической сети и сопоставление их с уставками срабатывания релейной защиты.
2. Значений токов симметричных составляющих.
3. Соотношения токов прямой и обратной последовательностей при возникновении аварийного режима.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шалыт, Г.М. Определение мест повреждения в электрических сетях / Г.М. Шалыт. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 312 с.
2. Кузнецов, А.П. Определение мест повреждения на воздушных линиях электропередачи / А.П. Кузнецов. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 94 с.
3. Способ определения места и характера повреждения линии электропередачи с использованием ее моделей: пат. 2033622 Российская Федерация / Ю.Я. Лямец, В.И. Антонов, В.А. Ефремов, С.Г. Нудельман, Н.В. Подшивалин // Бюл. – 1995. - № 11. – С. 36.
4. Устройство для адаптивной ступенчатой токовой защиты от междуфазных коротких замыканий: пат. 5111 Респ. Беларусь / А.А. Тишечкин, Ф.А. Романюк, Н.Н. Бобко, Е.В. Глинский // Афіцыйны бюл. – 2003. - № 6. – С.5.

УДК 621.311

МНОГОУРОВНЕВЫЕ БАЛАНСЫ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ ОЭС БЕЛАРУСИ

Золотой А. А. канд. техн. наук, доцент

УО «Белорусский национальный технический университет»
г. Минск, Республика Беларусь

Балансы электроэнергии в электрических сетях энергосистем составляются с целью определения, локализации и снижения величины отчетных потерь электроэнергии. Форма составления балансов электроэнергии полностью определяется целью и существующим состоянием действующей системы приборного учёта электроэнергии в электрических сетях.

До 2006 года в Витебской, Минской и Могилёвской энергосистемах ОЭС Беларуси кроме балансов по энергосистемам дополнительно составлялись ещё балансы электроэнергии по электрическим сетям нижнего 0,38-10 кВ, среднего 35-110 кВ и верхнего 220-750 кВ уровней напряжений. В остальных энергосистемах ОЭС Беларуси балансы электроэнергии составлялись только в целом по структурным подразделениям без каких-либо детализаций.

В 2006 году приказом ГПО «Белэнерго» от 01.02.2006 г. № 39 «О совершенствовании работы по достоверному определению и снижению технологического расхода электроэнергии на ее транспорт в электрических сетях» в ОЭС Беларуси был начат эксперимент по дополнительному составлению во всех областных энергосистемах трёх полных отчётных балансов электроэнергии по энергосистемам и их структурным подразделениям, а также в це-

лом ОЭС Беларуси с определением отчётных потерь электроэнергии для трёх уровней электрических сетей: 220-750 кВ (верхний уровень), 35-110 кВ (средний уровень) и 0,38-10 кВ (нижний уровень электрических сетей).

Начало обязательного составления трёхуровневых балансов электроэнергии во всех энергосистемах ОЭС Беларуси, и особенно в которых данные балансы никогда не составлялись, сразу вскрыло целый ряд недостатков и трудностей. К основным из них можно отнести следующие:

- несоответствие балансов электроэнергии по структурным подразделениям между собой (например, суммарные отчетные потери по отдельным филиалам электрических сетей часто не равнялись отчётным потерям по области и т.д.)
- в некоторые отчетные периоды потери по отдельным уровням напряжений определялись с отрицательным знаком;
- обнажились трудности с определением полезного отпуска электроэнергии по ступеням номинального напряжения;
- суммы полезного отпуска по отдельным районам электрических сетей не всегда равнялись полезным отпускам на напряжении 0,38-10 кВ филиалов электрических сетей;
- выявились трудности с отражением в балансе количества электроэнергии, поступившей в сети районов электрических сетей, и отпущенной беспотерным потребителям для сети данного подразделения;
- выявились трудности с распределением величины небаланса электроэнергии на электростанциях по уровням номинальных напряжений, а также с отражением отпуска электроэнергии с шин собственных электростанций в отчетных балансах структурных подразделений областных энергосистем;
- выявилась нехватка приборов учета электроэнергии для составления балансов электроэнергии как по сети в целом, так и по ее отдельным частям (по уровням напряжения, отдельным подстанциям, линиям и т.д.), а также недостаточное количество современных приборов учета, позволяющих в значительной мере повысить надёжность и достоверность всех составляющих баланса;
- обнажилось отсутствие нормативно-правовой базы, определяющей единые порядок и форму составления балансов электроэнергии.
- выявилось отсутствие достоверной статистики абсолютных и относительных фактических потерь электроэнергии в электрических сетях, необходимой для анализа потерь и разработки мероприятий по их снижению.

Главной целью составления балансов электроэнергии является локализация и снижение очагов фактических небалансов электроэнергии в сетях. Достижение главной цели требует детализации балансов электроэнергии вплоть до баланса по каждому элементу электрической сети (распределительным устройствам трансформаторных подстанций и электростанций, линиям электропередачи, трансформаторам, автотрансформаторам и т. д.). Ограничением на пути достижения цели является недостаточное развитие действующей системы приборного учёта электроэнергии в сетях.

В 2008 году был разработан и внедрён стандарт ГПО «Белэнерго» [1], который определил единые для электроэнергетической отрасли организационно-методические и технические подходы к составлению балансов электрической энергии в электрических сетях. В соответствии с принятым стандартом балансы электроэнергии должны составляться по трём уровням электрических сетей (220-750 кВ, 35-110 кВ и 0,38-10 кВ) в виде равенства поступления и расхода электрической энергии:

$$W_{\text{п}} = W_{\text{о}} + \Delta W, \quad (1)$$

где $W_{\text{п}}$ – поступление электроэнергии; $W_{\text{о}}$ – отпуск электроэнергии; ΔW – отчетные потери электроэнергии по балансу.

Поступление электроэнергии $W_{\text{п}}$ в сети дефицитных подразделений энергосистем рассчитывается по формуле:

$$W_{\text{ш}} = W_{\text{ш}} + W_{\text{пе}}, \quad (2)$$

где $W_{\text{ш}}$ – количество электроэнергии, отпущенной с шин собственных электростанций; $W_{\text{пок}}$ – количество электроэнергии, приобретенное на рынке перетоков.

Значение $W_{\text{пок}}$ рассчитывается по формуле:

$$W_{\text{пе}} = W_{\text{ен}}^{\text{пол}} + W_{\text{ш}} - W_{\text{ен}}^{\text{отд}}, \quad (3)$$

где $W_{\text{ен}}^{\text{пол}}$, $W_{\text{ен}}^{\text{отд}}$ – соответственно приём и отдача электроэнергии по межгосударственным, межсистемным и прочим линиям связи; $W_{\text{бс}}$ – количество электроэнергии, принятое от энергоисточников, находящихся на балансе потребителей, в том числе от блок-станций.

Поступление электроэнергии $W_{\text{пс}}$ в сети избыточных подразделений энергосистем принимается равным отпуску с шин собственных электростанций $W_{\text{ш}}$.

Отпуск электроэнергии $W_{\text{ос}}$ из сетей дефицитных подразделений рассчитывается по формуле:

$$W_{\text{ш}} = W_{\text{п}} + W_{\text{ш}} + W_{\text{э}}, \quad (4)$$

где $W_{\text{п}}$ – количество полезно отпущенной электроэнергии; $W_{\text{ш}}$ – количество электроэнергии, израсходованное на производственные нужды энергосистемы; $W_{\text{э}}$ – экспорт электроэнергии.

Отпуск электроэнергии $W_{\text{ос}}$ из сетей избыточных подразделений рассчитывается по формуле:

$$W_{\text{ш}} = W_{\text{п}} + W_{\text{ш}} + W_{\text{отд}} + W_{\text{э}}, \quad (5)$$

где $W_{\text{прод}}$ – количество электроэнергии, переданное с шин собственных электростанций на рынок перетоков.

Значение $W_{\text{прод}}$ рассчитывается по формуле:

$$W_{\text{отд}} = W_{\text{ен}}^{\text{отд}} - W_{\text{ен}}^{\text{пол}} - W_{\text{ш}}. \quad (6)$$

Относительная величина отчётных потерь электроэнергии по балансу рассчитывается в процентах по отношению к пропуску электроэнергии через сеть $W_{\text{прс}}$:

$$\Delta W_{\%} = \frac{\Delta W}{W_{\text{прс}}} \cdot 100. \quad (7)$$

Для сетей 220-750 кВ поступление электроэнергии рассчитывается по формуле:

$$W_{\text{ш}} = W_{\text{ш}} + W_{\text{ш}} + W_{\text{ен}}, \quad (8)$$

где $W_{\text{ш}}$ – количество электроэнергии, принятое через вводы 35-110 кВ автотрансформаторов 220-750 кВ электростанций и понижающих подстанций.

Отпуск электроэнергии из сетей 220-750 кВ рассчитывается по формуле:

$$W_{\text{ш}} = W_{\text{п}} + W_{\text{ш}} + W_{\text{ш}} + W_{\text{э}} + W_{\text{отд}} + W_{\text{ш}}, \quad (9)$$

где $W_{\text{прс}}$ – количество электроэнергии, отпущенное через резервные ТСН электростанций, подключенные к ОРУ 220-750 кВ; $W_{\text{хш}}$ – количество электроэнергии, отпущенное на хозяйственные нужды понижающих подстанций 220-750 кВ через ТСН, подключенные до вводов 6-35 кВ.

Пропуск электроэнергии через сети 220-750 кВ принимается равным $W_{\text{пе}}$.

Для сетей 35-110 кВ поступление электроэнергии определяется по формуле:

$$W_{\text{ш}} = W_{\text{ш}} + W_{\text{ш}} + W_{\text{ш}} + W_{\text{ш}}, \quad (10)$$

Отпуск электроэнергии из сетей 35-110 кВ определяется по формуле:

$$W_{\text{ш}} = W_{\text{п}} + W_{\text{ш}} + W_{\text{ш}} + W_{\text{ш}} + W_{\text{э}} + W_{\text{отд}} + W_{\text{ш}}, \quad (11)$$

где $W_{\text{пш}}$ – расход электроэнергии на производственные нужды энергосистемы; $W_{\text{ш}}$ – количество электроэнергии, отпущенное через понижающие подстанции глубокого ввода, находящиеся на балансе потребителей (возврат в сети энергосистемы по РЛ 6-10 кВ).

Пропуск электроэнергии через сети 35-110 кВ принимается равным $W_{\text{пе}}$.

Для сетей 0,38-10 кВ поступление электроэнергии определяется по формуле:

$$W_{ic} = W_{ic} + W_{ab} + W_{dl} + W_{en} + W_{an} + W_{A} \quad (12)$$

Отпуск электроэнергии из сетей 0,38-10 кВ определяется по формуле:

$$W_{dl} = W_{il} + W_{il} + W_{en} \quad (13)$$

Пропуск электроэнергии через сети 0,38-10 кВ рассчитывается по формуле:

$$W_{ic} = W_{il} - W_{ic}^{sy} - W_{ic}^{st} - W_{an}^{sy} - W_{an}^{st} - W_{an}^{dy} - W_{an}^{dt} \quad (14)$$

где W_{ic}^{sy} , W_{ic}^{st} – отпуска электроэнергии с шин генераторного напряжения электростанций и с шин 6-10 кВ понижающих подстанций 35-750 кВ соседним структурным энергоподразделениям по межсистемным и прочим линиям связи 6-10 кВ на балансе принимающей стороны; W_{an}^{sy} , W_{an}^{st} – беспотерные полезные отпуска электроэнергии с шин генераторного напряжения электростанций и с шин 6-10 кВ понижающих подстанций 35-750 кВ по РЛ 6-10 кВ, находящихся на балансе потребителей (абонентские, или «прямые» РЛ); W_{an}^{dy} , W_{an}^{dt} – беспотерные полезные отпуска электроэнергии с шин 0,38 кВ на хозяйственные нужды электростанций и понижающих подстанций 35-750 кВ.

ЛИТЕРАТУРА

1. СТП 09110.20.365-08 Методика составления многоуровневых балансов электроэнергии в электрических сетях.

УДК 621.311

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ АСИНХРОННОЙ МАШИНЫ

Золотой А. А. канд. техн. наук, доцент, Кунисевич А. И.

УО «Белорусский национальный технический университет»

г. Минск, Республика Беларусь

При составлении системы дифференциальных уравнений асинхронных электрических машин обычно принимаются следующие допущения [1]:

- не учитывается влияние высших пространственных гармоник магнитного поля, т. е. распределение магнитного поля каждой из обмоток вдоль окружности воздушного зазора синхронной машины считается синусоидальным;
- не учитывается неодинаковость магнитной проводимости, обусловленная наличием пазов и неравномерностью воздушного зазора машины по расточке статора;
- не учитывается гистерезис, насыщение и вихревые токи;
- результирующий магнитный поток нулевой последовательности статора не зависит от пространственного положения ротора.

Система дифференциальных уравнений Парка-Горева в именованных единицах, описывающая переходные процессы в асинхронных машинах, имеет следующий вид [2]:

$$\left. \begin{aligned} r_1 i_d + \bar{p} \psi_d + \omega_0 \psi_q &= -e_d, \\ r_1 i_q + \bar{p} \psi_q - \omega_0 \psi_d &= -e_q, \\ r_2 i_{dd} + \bar{p} \psi_{dd} + (\omega_0 - \omega) \psi_{dq} &= 0, \\ r_2 i_{dq} + \bar{p} \psi_{dq} - (\omega_0 - \omega) \psi_{dd} &= 0, \\ J \bar{p} \omega &= \frac{3}{2} (\psi_d i_q - \psi_q i_d) - M_{\dot{\omega}}, \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

где ψ_d , ψ_q , ψ_{dd} , ψ_{dq} – потокосцепления обмоток по осям d и q статора и ротора соответственно; i_d , i_q , i_{dd} , i_{dq} – токи в обмотках статора и ротора; e_d , e_q – напряжения в точках подключения машины к сети; r_1 , r_2 – активные сопротивления статора и ротора; $\bar{p}$ – оператор дифференцирования по времени, $\bar{p} = d/dt$; ω_0 – синхронная скорость, $\omega_0 = 2\pi f$ ($f = 50$ Гц); ω – угловая скорость ротора; J – момент инерции ротора; $M_{\dot{\omega}}$ – момент

механических сил.

Потокосцепления обмоток асинхронной машины выражаются следующим образом:

$$\left. \begin{aligned} \psi_d &= L_c i_d + L_\mu i_{\alpha d}, \\ \psi_q &= L_c i_q + L_\mu i_{\alpha q}, \\ \psi_{\alpha d} &= L_o i_{\alpha d} + L_\mu i_d, \\ \psi_{\alpha q} &= L_o i_{\alpha q} + L_\mu i_q, \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

где L_c – индуктивность обмотки статора; L_μ – взаимная индуктивность между обмотками статора и ротора; L_o – индуктивность обмотки ротора.

Систему уравнений (1) и (2) удобно представлять в относительных единицах, введение которых упрощает систему и позволяет исключить из нее ряд коэффициентов.

В качестве основных базисных величин статора приняты амплитудные значения тока i_d и напряжения статора e_d при номинальной нагрузке. Тогда выражения остальных базисных величин будут иметь следующий вид:

$$z_d = \frac{e_d}{i_d} \text{ – базисное сопротивление; } L_d = \frac{z_d}{\omega_0} \text{ – базисная индуктивность; } \psi_d = L_d i_d \text{ – базисное}$$

потокосцепление; $P_d = \frac{3}{2} e_d i_d$ – базисная мощность.

Выразим базисное потокосцепление ψ_d через базисное напряжение статора e_d :

$$\psi_d = L_d i_d = \frac{z_d}{\omega_0} i_d = \frac{e_d}{i_d \omega_0} i_d = \frac{e_d}{\omega_0}. \quad (3)$$

Тогда выражение базисного момента $\hat{l}_d$ с учетом (3) запишется в следующем виде:

$$M_d = \frac{P_d}{\omega_0} = \frac{3}{2} \cdot \frac{e_d i_d}{\omega_0} = \frac{3}{2} \psi_d i_d. \quad (4)$$

Запишем систему дифференциальных уравнений (1) в относительных единицах. Для этого разделим первые четыре уравнения системы (1) на базисное напряжение статора e_d , а уравнение движения ротора – на базисный момент $\hat{l}_d$. Учитывая выражения (3) и (4), получим систему дифференциальных уравнений в относительных единицах:

$$\left. \begin{aligned} r_1 i_d + p \psi_d + \psi_q &= -e_d, \\ r_1 i_q + p \psi_q - \psi_d &= -e_q, \\ r_2 i_{\alpha d} + p \psi_{\alpha d} + s \psi_{\alpha q} &= 0, \\ r_2 i_{\alpha q} + p \psi_{\alpha q} - s \psi_{\alpha d} &= 0, \\ T_j p s &= M_d - (\psi_d i_q - \psi_q i_d), \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

где p – оператор дифференцирования по синхронному времени, $p = d/d\omega_0 t$; s – скольжение ротора, $s = \frac{\omega_0 - \omega}{\omega_0}$; T_j – постоянная инерции ротора, $T_j = \frac{J \omega_0^3}{P_d}$.

Разделив левые и правые части системы уравнений (2) на базисное потокосцепление ψ_d получим следующие выражения для потокосцеплений обмоток асинхронной машины в относительных единицах:

$$\left. \begin{aligned} \psi_d &= x_c i_d + x_\mu i_{\partial d}, \\ \psi_q &= x_c i_q + x_\mu i_{\partial q}, \\ \psi_{\partial d} &= x_{\partial} i_{\partial d} + x_\mu i_d, \\ \psi_{\partial q} &= x_{\partial} i_{\partial q} + x_\mu i_q, \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

где x_c – индуктивное сопротивление обмотки статора; x_μ – индуктивное сопротивление между обмотками статора и ротора; x_{∂} – индуктивное сопротивление обмотки ротора.

Запишем систему дифференциальных уравнений (5) в более удобной для практического применения форме, переходя от потокоцеплений к ЭДС. Для этого введем следующие обозначения:

$x' = x_c - \frac{x_\mu^2}{x_{\partial}}$ – переходное сопротивление; $E'_d = -\dot{\psi}_q + x' i_q$ – переходная ЭДС по оси d ;

$E'_q = \dot{\psi}_d - x' i_d$ – переходная ЭДС по оси q .

Рассмотрим каждое уравнение, входящее в систему (5) по отдельности.

1) Уравнение для продольного контура статора:

$$r_1 i_d + p \psi_d + \psi_q + e_d = 0. \quad (7)$$

Подставим в уравнение (7) потокоцепления ψ_d и ψ_q , выраженные через переходные ЭДС E'_d и E'_q , получим:

$$r_1 i_d + p E'_q + x' p i_q + x' i_q - E'_d + e_d = 0. \quad (8)$$

2) Уравнение для поперечного контура статора:

$$r_1 i_q + p \psi_q - \psi_d + e_q = 0. \quad (9)$$

Подставим в уравнение (9) потокоцепления ψ_d и ψ_q , выраженные через переходные ЭДС E'_d и E'_q , получим:

$$r_1 i_q + x' p i_q - p E'_d - E'_q - x' i_d + e_q = 0. \quad (10)$$

3) Уравнение для продольного контура ротора:

$$r_2 i_{\partial d} + p \psi_{\partial d} + s \psi_{\partial q} = 0. \quad (11)$$

Умножим левую и правую части (11) на x_μ , получим:

$$r_2 x_\mu i_{\partial d} + x_\mu p \psi_{\partial d} + s x_\mu \psi_{\partial q} = 0. \quad (12)$$

С учетом (6), выражение (12) можно представить в следующем виде:

$$r_2 (\psi_d - x_c i_d) + p (x_{\partial} x_\mu i_{\partial d} + x_\mu^2 i_d) + s (x_{\partial} x_\mu i_{\partial q} + x_\mu^2 i_q) = 0. \quad (13)$$

Выразим величины $x_\mu i_{\partial d}$ и $x_\mu i_{\partial q}$ через потокоцепления ψ_d и ψ_q , получим:

$$r_2 (\psi_d - x_c i_d) + p (x_{\partial} (\psi_d - x_c i_d) + x_\mu^2 i_d) + s (x_{\partial} (\psi_q - x_c i_q) + x_\mu^2 i_q) = 0. \quad (14)$$

Вынесем в (14) за скобки x_{∂} , будем иметь:

$$r_2 (\psi_d - x_c i_d) + x_{\partial} p (\psi_d - x' i_d) + s x_{\partial} (\psi_q - x' i_q) = 0. \quad (15)$$

Разделив левые и правые части (15) на r_2 и подставив потокоцепления ψ_d и ψ_q , выраженные через переходные ЭДС E'_d и E'_q , получим следующее уравнение:

$$T p E'_q - s T E'_d + E'_q - x' i_d = 0, \quad (16)$$

где T – постоянная времени обмотки ротора, $T = \frac{x_{\partial}}{r_2}$; $x = x_c - x'$.

4) Уравнение для поперечного контура ротора:

$$r_2 i_{\partial q} + p \psi_{\partial q} - s \psi_{\partial d} = 0. \quad (17)$$

Выполнив преобразования, аналогичные (11) – (15), получим:

$$TrE'_d + sTE'_q + E'_d + xi_q = 0. \quad (18)$$

Объединим полученные дифференциальные уравнения для каждого из контуров асинхронной машины, в общую систему дифференциальных уравнений:

$$\left. \begin{aligned} r_i i_d + pE'_q + x' p i_q - E'_d + e_d &= 0, \\ r_i i_q + x' p i_d - pE'_d - E'_q - x' i_d + e_q &= 0, \\ TrE'_q - sTE'_d + E'_q - xi_d &= 0, \\ TrE'_d + sTE'_q + E'_d + xi_q &= 0, \\ T_j ps &= M_\delta - (E'_q i_q + E'_d i_d) \end{aligned} \right\} \quad (19)$$

Система дифференциальных уравнений (19) в форме ЭДС, записанная в относительных единицах, позволяет на практике рассчитывать электромеханические переходные процессы в асинхронных машинах переменного тока.

ЛИТЕРАТУРА

1. Страхов С. В. Переходные процессы в электрических цепях, содержащих машины переменного тока. – М.-Л.: Госэнергоиздат, 1960. – 247 с.
2. Калентиюнок Е. В. Устойчивость электроэнергетических систем. – Мн.: Техноперспектива, 2008. – 375 с.

УДК 621.311

СПОСОБ УЧЁТА ПОВТОРНОГО ЗАЗЕМЛЕНИЯ НУЛЕВОГО ПРОВОДА ПРИ РАСЧЁТАХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ 0,38 кВ

Золотой А. А. канд. техн. наук, доцент, Макаревич В. В.

УО «Белорусский национальный технический университет»

г. Минск, Республика Беларусь

Электрические расчёты сетей 0,38 кВ (рис. 1) удобно выполнять в фазных координатах [1]. Для четырёхпроводной электрической сети, в которой нулевой провод является четвёртым, можно записать соотношения:

$$\underline{Z}_0 = \underline{Z}_k + 3 \cdot \underline{Z}_N; \quad (1)$$

$$\underline{I}_N = 3 \cdot \underline{I}_0, \quad (2)$$

где $\underline{Z}_k$ – полное сопротивление фазного провода; $\underline{Z}_N$ – полное сопротивление нулевого провода; $\underline{I}_N$ – ток в нулевом проводе.

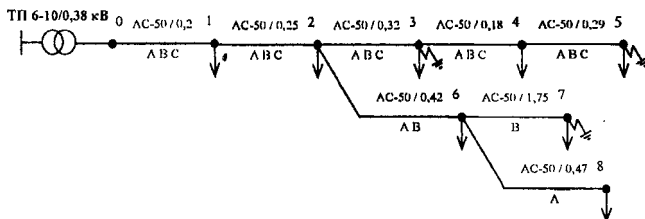


Рис. 1. Схема распределительной линии 0,38 кВ

Фазные падения напряжения при несимметричной нагрузке $\underline{\Delta U}_{ki}$ в фазных координатах с учётом зависимостей (1) и (2) определяются по формуле:

$$\underline{\Delta U}_{ki} = \underline{I}_{ki} \cdot \underline{Z}_{ki} + \underline{I}_{Ni} \cdot \underline{Z}_{Ni}. \quad (3)$$

Напряжения в узлах сети находятся в виде разности между напряжениями предыдущих узлов $\underline{U}_{kj-1}$ и падениями напряжений на участках $\Delta \underline{U}_{ki}$:

$$\underline{U}_{kj} = \underline{U}_{kj-1} - \Delta \underline{U}_{ki}, \quad k = A, B, C. \quad (4)$$

Потери активной мощности на участках сети рассчитываются по формулам:

$$\left. \begin{aligned} \Delta P_{ki} &= I_{ki}^2 \cdot R_{ki}, \quad k = A, B, C; \\ \Delta P_{Ni} &= I_{Ni}^2 \cdot R_{Ni}, \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

где ΔP_{ki} – потери активной мощности на i -м участке фазы; ΔP_{Ni} – потери активной мощности на i -м участке нулевого провода.

Суммарные потери активной мощности во всей сети:

$$\Delta P = \sum_{i=1}^m (\Delta P_{Ai} + \Delta P_{Bi} + \Delta P_{Ci} + \Delta P_{Ni}), \quad (6)$$

в процентах

$$\Delta P_{\%} = \frac{\Delta P}{P} \cdot 100\%, \quad (7)$$

где m – количество ветвей схемы рассматриваемой сети; P – суммарная активная мощность РЛ.

В практических расчётах приведенная методика часто применяется в ещё более упрощённом виде и не учитывает влияния повторных заземлений нулевого провода, которые согласно ПУЭ должны устанавливаться на концах воздушных линий (ВЛ), ответвлениях от ВЛ более 200 м и на вводах от ВЛ к электроустановкам, подлежащих занулению. По условиям защиты от грозových перенапряжений могут осуществляться и более частые заземления.

Распределительные сети 0,38 кВ традиционно имеют разомкнутую древовидную топологию и из-за резко несимметричных режимов работы, помимо фазных проводов, обязательно снабжаются дополнительным нулевым проводом, в котором замыкаются токи нулевой последовательности. Нулевой провод соединяет заземлённые нейтрали обмоток низкого напряжения питающих трансформаторов в ТП 6-10/0,38 кВ с нейтралью трёхфазных и обратными проводами однофазных потребителей. Конструктивно, прокладка нулевых проводов линий в воздушном, кабельном или ином исполнении осуществляется совместно с фазными проводами. Поэтому, если рассматривать сеть нулевого провода отдельно от сети фазных проводов, то при её заземлении только в нейтрали 0,38 кВ питающего трансформатора ТП 6-10/0,38 кВ, сеть нулевого провода будет иметь разомкнутую древовидную топологию, также как и фазная сеть. При этом для определения токов, напряжений и потерь мощности в сети нулевого провода может быть использован хорошо разработанный математический аппарат расчёта разомкнутых распределительных электрических сетей [1].

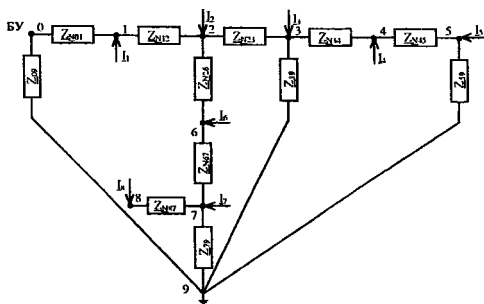


Рис. 2. Схема замещения сети нулевого провода

Повторные заземления, устанавливаемые в сети нулевого провода, приводят к появлению в схеме замещения дополнительных ветвей, связывающих нулевой провод с землёй (рис.2). При наличии обязательного заземления нулевого провода в нейтрали 0,38 кВ питающего трансформатора ТП 6-10/0,38 кВ, появляющиеся ветви повторного заземления создают в схеме контуры, связанные с землёй, и топология сети нулевого провода становится замкнутой. При низком уровне достоверности режимной информации о потребителях и невысоких напряжениях сети сложностью природы растекания токов нулевой последовательности в земле, с достаточной для практических расчётов точностью, можно пренебречь и считать землю узлом схемы замещения сети соединённым с нулевым проводом ветвями, имитирующими заземляющие устройства. С учётом принятых допущений схема замещения сети нулевого провода для распределительной линии 0,38 кВ (рис. 1) будет иметь вид, показанный на рис. 2. В этой схеме узел 9 имитирует землю, ветви 0-9, 7-9 и 5-9 – сопротивление растеканию заземляющих устройств.

Узел 0 в схеме замещения рис. 2 соответствует нейтрали 0,38 кВ питающего трансформатора ТП 6-10/0,38 кВ с нулевым потенциалом. Схема получает питание от источников тока в узлах подключения нагрузок. Величины токов источников в каждом узле определяются суммой фазных токов нагрузки.

Учитывая замкнутую топологию схемы замещения для расчёта режима сети нулевого провода с учётом повторных заземлений, требуется иной математический аппарат по сравнению с привычным для разомкнутых сетей. Наиболее совершенным, хорошо разработанным и формализованным для решения подобных задач является способ расчёта электрических сетей методом узловых напряжений [1]. Представление режимной информации об узлах сети в форме токовых инъекций существенно упрощает задачу. Система уравнений узловых напряжений становится линейной и однозначно разрешимой относительно напряжений узловых точек схемы нулевого провода. Базисно-балансирующим узлом рекомендуется принимать узел нейтрали 0,38 кВ питающего трансформатора в ТП 6-10/0,38 кВ, имеющий при симметричном напряжении нулевой потенциал.

Уравнения узловых напряжений для схемы замещения сети нулевого провода с учётом повторных заземлений при нулевом потенциале балансирующего узла принимают следующий вид [1]:

$$\left. \begin{aligned} \underline{y}_{11} \underline{U}_1 - \underline{y}_{12} \underline{U}_2 - \underline{y}_{13} \underline{U}_3 - \dots - \underline{y}_{1n} \underline{U}_i &= \underline{I}_1; \\ - \underline{y}_{21} \underline{U}_1 + \underline{y}_{22} \underline{U}_2 - \underline{y}_{23} \underline{U}_3 - \dots - \underline{y}_{2n} \underline{U}_i &= \underline{I}_2; \\ - \underline{y}_{31} \underline{U}_1 - \underline{y}_{32} \underline{U}_2 + \underline{y}_{33} \underline{U}_3 - \dots - \underline{y}_{3n} \underline{U}_i &= \underline{I}_3; \\ \vdots & \\ - \underline{y}_{n1} \underline{U}_1 - \underline{y}_{n2} \underline{U}_2 - \underline{y}_{n3} \underline{U}_3 - \dots + \underline{y}_{nn} \underline{U}_i &= \underline{I}_n, \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

где $\underline{y}_{ij}$ ($i = 1, 2, 3 \dots; j = 1, 2, 3, \dots; i \neq j$) – взаимная проводимость узлов i и j , равная сумме комплексных проводимостей ветвей, соединяющих эти узлы или нулю, если узлы в схеме не связаны; $\underline{y}_{ii}$ ($i = 1, 2, 3 \dots$) – собственная проводимость i -о узла, равная сумме комплексных проводимостей всех присоединённых ветвей, включая ветви, связывающие узел с балансирующим узлом в схеме; $\underline{U}_i$ – комплексное узловое напряжение равное разности потенциалов i -о и балансирующего узлов схемы; $\underline{I}_i$ – комплексный задающий ток i -о узла.

Уравнения (8) составляются для каждого узла схемы замещения, кроме балансирующего. Систему линейных уравнений (8) можно представить и в матричном виде:

$$\underline{Y}_n \underline{U} = \underline{I}, \quad (9)$$

где $\underline{Y}_n$ – комплексная матрица собственных и взаимных узловых проводимостей, в которой отсутствуют строка и столбец, соответствующие балансирующему узлу схемы; $\underline{U}$ и $\underline{I}$ – векторы-столбцы комплексов узловых напряжений и токов.

В системе уравнений (9) неизвестными являются узловые напряжения сети нулевого провода. Так как большинство недиагональных элементов матрицы $\underline{Y}_n$ равны нулю, то для решения системы уравнений (9) эффективно использовать точные методы, учитывающие то-

пологические особенности графа схемы. Одним из таких методов является метод Гаусса с оптимальной стратегией упорядочивания при исключении неизвестных [1].

ЛИТЕРАТУРА

1. Фурсанов М. И., Золотой А. А., Макаревич В. В. расчёт режимов и потерь мощности в электрических сетях 0,38 кВ с учётом повторного заземления нулевого провода // Изв. высш. учеб. заведений и энерг. объединений СНГ. Энергетика. – 2007. – № 5. – С. 5 – 18.

УДК 631.371.1.027

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ ТРАНСФОРМАТОРА У/УнСУ

Протосовицкий И.В. к.т.н., доцент, Шевчик Н.Е. к.т.н., доцент

УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»

г. Минск Республика Беларусь

В четырехпроводных электрических сетях в основном используются трансформаторы со схемой соединения обмоток «звезда-звезда-ноль» (У/Ун). Однако эти самые дешевые в изготовлении, трансформаторы в эксплуатации экономичны лишь при симметричной нагрузке фаз. Реально же в сетях с большим удельным весом однофазных нагрузок равномерность их подключения во времени пофазно нарушается и потери электрической энергии в таких трансформаторах и линиях резко возрастают, кроме того, происходит резкое искажение системы фазных напряжений.

Искажение фазных напряжений в реальных условиях эксплуатации нередко вызывает их отклонение, уже на низковольтных вводах трансформатора значительно превышает нормы ГОСТ. В конце линий, по данным исследований, это отклонение напряжений приблизительно в два раза больше. При указанном качестве питания потребителей повышения в них уровня потерь электроэнергии и отказов в работе вполне естественно.

Для устранения этих недостатков эксплуатационники завышают установленную мощность трансформаторов сверх требуемой по расчету, но и это дает незначительный эффект, но вместе с тем при этом резко повышается уровень потерь электроэнергии в сети. Кроме того, токи нулевой последовательности, которые, замыкаясь через его бак, дно крышку, разогревают их, ухудшают охлаждение активной части. Это повышает температуру изоляции обмоток сверх нормы, и трансформатор, при суммарной нагрузке ниже номинальной, оказывается перегруженным. Такое положение объективно вызывает необходимость увеличения номинальной мощности трансформатора на одну, а иной раз на две ступени больше расчетной со всеми вытекающими последствиями.

Для устранения указанных недостатков разработан и все более активно начинает применяться трансформатор со схемой соединения У/УнСУ. В данном трансформаторе низкое сопротивление нулевой последовательности. Это означает существенное увеличение токов однофазного короткого замыкания, а следовательно обеспечивает легкую и надежную наладку релейной защиты и ее четкую работу при КЗ.

Проведенный анализ сетей Республики Беларусь позволил определить среднестатистическую сеть 0,4 кВ. Она имеет следующие параметры: мощность трансформатора – 100 кВА (с учетом коммунально-бытовых потребителей населенных пунктов); длина линии – 0,8 км; количество линий на одной ТП – 2,5; сечение провода линии – 35 мм². Нагрузка линий 0,4 кВ принята пропорциональной мощности трансформатора, от которого она запитана, и считалась равномерно распределенной по всей длине линии. Время использования максимума нагрузки в году – 2000 часов. Величина тока в нулевом проводе 0,25 от номинального фазного.

Расчеты дополнительных потерь электрической энергии за счет несимметрии нагрузки были выполнены с применением метода симметричных составляющих. Они производились в зависимости от величины тока в нулевом проводе, значения которого изменялось от 0 до 0,5 номинального фазного для трансформаторов мощностью от 25 до 250 кВА. Сечение нулевого принималось равным сечению фазных проводов.

Результаты расчетов приведены в табл.1 (S_n – номинальная мощность трансформатора;

$I_{н.пр}$ – ток в нулевом проводе (в относительных единицах); $R_{кз}$ – потери короткого замыкания; ΔP – дополнительные потери электроэнергии в линиях сети с трансформаторами У/Ун, У/Зн по сравнению с сетью с трансформаторами У/УнСУ; Q – годовая экономия электроэнергии в сетях с трансформаторами У/УнСУ по сравнению с сетью с трансформаторами У/Ун, У/Зн).

Таблица 1–Расчеты потерь электроэнергии в трансформаторах за счет несимметрии на грузки

S_H , кВА	$I_{н.пр}$	$R_{кз}$, Вт			ΔP , Вт		Q , кВт·ч	
		У/Ун	У/Зн	У/УнСУ	У/Кн	У/Зн	У/Ун	У/Зн
100	0	1970	2265	1970	0	0	0	591
100	0,1	1941	2127	1854	28	0	229	546
100	0,2	2125	2014	1770	168	0	1026	488
100	0,25	2278	1967	1739	307	-1	1693	454
100	0,3	2492	1926	1716	509	-1	2569	418
100	0,4	3073	1863	1693	1140	-2	5037	335
100	0,5	3858	1825	1702	2150	-4	8609	238
25	0,25	633	599	530	14	0	233	139
40	0,25	979	878	777	48	0	501	203
63	0,25	1450	1278	1130	115	0	871	295
160	0,25	3272	2645	2339	828	-1	3521	611
250	0,25	4665	3694	3266	1699	-2	6196	852

Сопоставление потерь в среднестатистической электрической сети при неравномерной нагрузке с трансформаторами с различными схемами соединения обмоток показывает, что наиболее экономичной из них является схема У/УнСУ. Можно добавить и другие положительные стороны этой схемы по сравнению с У/Ун:

- отсутствие дополнительного нагрева бака потоками нулевой последовательности;
- повышение устойчивости к однофазным токам КЗ;
- значительно улучшает синусоидальность формы кривой изменения напряжения;

Поэтому протоколом по вопросам проектирования и строительства электрических сетей напряжением 0,4–10 кВ ГПО «Белэнерго» предписывается: «В целях снижения потерь электроэнергии и стабилизации напряжения в распределительных сетях 0,4 кВ при выборе трансформаторов для потребителей с коммунально-бытовой нагрузкой применять трансформаторы со схемой соединения У/Ун с симметрирующим устройством (СУ) мощностью 25–250 кВА». В данный момент в сетях белорусской энергосистемы работает более 1000 таких трансформаторов, и нареканий на их работу не было.

Естественно, что установка в трансформаторах даже такого простого симметрирующего устройства, требует дополнительных затрат на материалы и изготовление. Выполненные расчеты сроков его окупаемости в зависимости от величины тока в нулевом проводе дали результаты, приведенные в тавл.2 (ток небаланса указан в относительных единицах).

Таблица 2– срок окупаемости трансформатора У/УнСУ, лет

$I_{н.пр}$	Номинальная мощность трансформатора У/УнСУ (S_H), кВА					
	25	40	63	100	160	250
0,1	13,5	7	5,1	4,7	2,9	1,9
0,2	3,2	1,7	1,2	1,0	0,6	0,4
0,25	2,0	1,0	0,7	0,6	0,4	0,2
0,3	1,4	0,7	0,5	0,4	0,2	0,2
0,4	0,7	0,4	0,2	0,2	0,1	0,1
0,5	0,4	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1

Из таблицы следует, что при среднестатистическом токе в нулевом проводе 0,25 от номинального фазного симметрирующая обмотка только у трансформаторов $S_H=25$ кВА окупается в срок 2 года и у $S_H=40$ кВА в срок 1 год, для всех остальных мощностей окупаемость менее года.

Трансформаторы в среднем работают около 40 лет, поэтому несложно определить итоговую прибыль предприятия, установившего в сетях 0,4 кВ с несимметричной нагрузкой фаз трансформаторы со схемой соединения обмоток У/УнСУ. Причем значительный экономический эффект получается только за счет сокращения ничем не оправданных потерь электроэнергии в линиях и трансформаторах.

УДК 631.371: 621.31

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ТРАНСФОРМАТОРОВ СО СХемой СОЕДИНЕНИЯ ОБМОТОК «ЗВЕЗДА-ТРЕУГОЛЬНИК С ЗИГЗАГОМ»

Збродыга В.М., канд. техн. наук, Янукович Г.И., канд. техн. наук, проф.

УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»

г. Минск, Республика Беларусь

На кафедре «Электроснабжение» УО БГАТУ разработана схема соединения обмоток трансформатора «звезда-треугольник с зигзагом» (У/Δ с зигзагом) [1], которая способна снижать несинусоидальность напряжений при нелинейном характере нагрузки трансформатора [2,3]. Предлагаемая схема относится к нечетной одиннадцатой группе соединения обмоток. Вторичная обмотка трансформатора не имеет нейтральной точки. Его распределительные сети могут работать только в режиме с изолированной нейтралью (система электрической сети IT [4]). Поэтому он не может быть использован в существующих распределительных общего назначения сетях в качестве силового трансформатора для электроснабжения потребителей, где низковольтные сети напряжением 0,38 кВ работают в режиме глухозаземленной нейтрали.

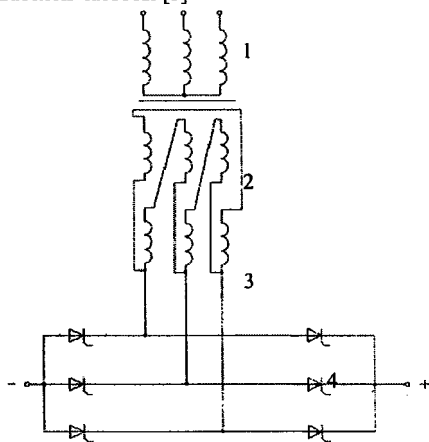
Однако трансформаторы со схемой соединения обмоток У/Δ с зигзагом могут применяться в существующих электроустановках для питания различных нелинейных электроприемников пониженным трехфазным напряжением: выпрямительных схем, полупроводниковых преобразователей, электрического инструмента и приборов, ламп местного освещения. Для обеспечения пожарной безопасности эти трансформаторы должны выполняться с естественным воздушным охлаждением, так как трансформаторное масло является горючим материалом.

Электротехническая промышленность выпускает следующие серии сухих трансформаторов [5, 7], в которых возможно применение схемы соединения обмоток У/Δ с зигзагом: ТС (трехфазные, сухие), ТСЗ (трехфазные, сухие, защищенные), ТСМ (трехфазные, сухие, многоцелевые), ТСЗМ1 (трехфазные, сухие, защищенные, многоцелевые), ТСР (трехфазные, сухие, разделительные), ТСЗР (трехфазные, сухие, защищенные, разделительные), ТСП (трехфазные, сухие, преобразовательные), ТСЗП (трехфазные, сухие, защищенные, преобразовательные) и другие.

Вышеперечисленные серии трансформаторов применяются в выпускаемых промышленностью полупроводниковых преобразователях. Следовательно, для повышения качества электроэнергии возможно применение трансформаторов со схемой соединения обмоток У/Δ с зигзагом в серийно выпускаемых выпрямителях различного назначения [5-7]: ВАЗП, УЗА, В-ТПЕД, М-Т4ПЕ, В-ТПЕ, ВГ-ТПЕ, В-ТПП, КВПП, ВАК, УП, УПМ, ТЕ, ТЕР, ТВ, ТВР, В-ТППД, ВАСТ и других.

В качестве примера на рисунке 1 представлена схема трехфазного выпрямителя [8], который содержит вентили, соединенные в трехфазную мостовую схему и подключенные к вторичной обмотке трансформатора со схемой соединения У/Δ с зигзагом.

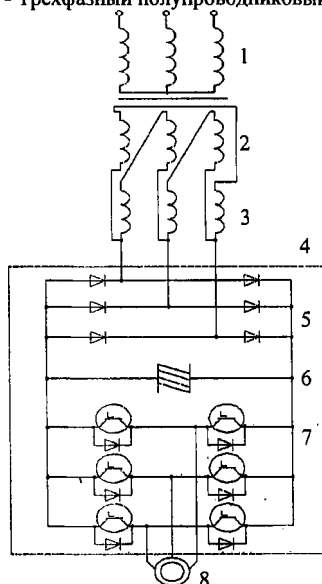
В современных электроустановках находит все более широкое применение частотное регулирование электроприводов переменного тока. Промышленно выпускается множество серий преобразователей частоты [5].



1 - обмотки первичного напряжения трансформатора;

2-3 - обмотки вторичного напряжения; 4 - вентили

Рисунок 1 - Трехфазный полупроводниковый выпрямитель



1 - обмотки первичного напряжения; 2-3 - обмотки вторичного напряжения;

4 - преобразовательная часть; 5 - выпрямитель; 6 - фильтр; 7 - инвертор;

8 - нагрузка (электродвигатель переменного тока)

Рисунок 2 - Трехфазный преобразователь частоты

При работе преобразователя частоты генерируется ряд гармоник напряжений и токов. Для их подавления преобразователи частоты подключаются к питающей сети через сетевые дроссели. Но полной отфильтровки в большинстве случаев достигнуть не удастся – высшие гармоники проникают в сеть [9]. Для более эффективного подавления высших гармоник целесообразно сетевые дроссели заменить трансформатором со схемой соединения обмоток Y/Δ с зигзагом с коэффициентом трансформации равным единице. На рисунке 2 представлен пример такой схемы трехфазного преобразователя частоты. Устройство содержит трехфазный трансформатор со схемой соединения обмоток Y/Δ с зигзагом и преобразовательную часть, включающую в себя выпрямитель, инвертор и фильтр высших гармоник.

Трансформатор со схемой соединения обмоток Y/Δ с зигзагом также может применяться в электроустановках с глухозаземленной нейтралью в качестве разделительного трансформатора для обеспечения электробезопасности.

Трансформатор со схемой соединения обмоток Y/Δ с зигзагом может быть использован как силовой трансформатор для электроснабжения специальных потребителей, насыщенных нелинейными и несимметричными электроприемниками, электроустановки которых работают в режиме изолированной нейтрали исходя из требований электробезопасности. К ним относятся мобильные электроустановки, электроустановки предприятий торфоразработки и аналогичные им.

ЛИТЕРАТУРА

1. Трёхфазный трансформатор: патент 2244 Респ. Беларусь, МКП7 Н 01F 30/12 / А.П. Сердешнов, Г.И. Янукович, Е.А. Сердешнов, Д.Г. Янукович; заявитель УО «БГАТУ». - № 950299; заявл. 09. 06. 95; опубл. 30. 09. 98 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. - 1998. - №3(18). - С. 216-217.
2. Збродзьго, В.М. Анализ работы трансформатора Y/Δ с зигзагом при нелинейном характере нагрузки / В.М. Збродзьго // Агропанорама. - 2005. - № 6. - С. 10-14.
3. Янукович, Г.И. Трансформатор Y/Δ с зигзагом как источник питания нелинейных электроприемников / Г.И. Янукович, В.М. Збродзьго, А.П. Сердешнов // Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве: материалы 5-ой международной научно-технической конференции, Москва, 16-17 мая 2006 г.: в 5 ч. / ГНУ ВИЭСХ; редкол.: А.А. Артошин [и др.]. - Москва, 2006. - Ч. 1. - С. 274-277.
4. Правила устройства электроустановок. - 6-е изд. перераб. и доп. - Вильнюс: ЗАО «Ксения», 2009. - 640 с.
5. Каталог выпускаемой продукции// ООО «Завод низковольтной аппаратуры» [Электронный ресурс]. - 2010. - Режим доступа: http://zavod-nva.com/index.php?id=pr_1_59. - Дата доступа: 01.05.2010.
6. Каталог выпускаемой продукции// ООО «Россетъ» [Электронный ресурс]. - 2010. - Режим доступа: <http://www.rosseti.ru/pr-8503-8703>. - Дата доступа: 30.04.2010.
7. Каталог выпускаемой продукции// ПРУП «МЭТЗ им. В.И. Козлова» [Электронный ресурс]. - 2010. - Режим доступа: www.metz.by. - Дата доступа: 01.05.2010.
8. Трёхфазный преобразователь переменного напряжения в постоянное: патент 4506 Респ. Беларусь, МКП7 Н 02M 7/12/ А.П. Сердешнов, Г.И. Янукович, Е.А. Сердешнов, Д.Г. Янукович; заявитель УО «БГАТУ». - № а 19980573; заявл. 16.06.98; опубл. 30.06.02// Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. - 2002. - №2(33). - С. 169.
9. Медведев, К.М. Электромагнитная совместимость преобразователей регулируемого электропривода промышленных предприятий с системой электроснабжения: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.09.03/ К.М. Медведев; БНТУ. - Минск, 2007. - 21 с.

УДК 621.3:658.345(075.32)
ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТИ НА ФЕРМАХ КРУПНОГО
РОГАТОГО СКОТА

Федорчук А.И., кандидат технических наук, доцент
*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,
г. Минск, Республика Беларусь*

Большинство помещений животноводческих ферм по степени опасности поражения электрическим током относятся к особо опасным. Если животное попадает под напряжение по схеме «носовое зеркало – ноги», то в зависимости от значения напряжения прикосновения либо рефлекторно отдергивает голову (при напряжении до 20...25 В), либо падает. В обоих случаях цепь тока быстро разрывается и животное, как правило, не получает серьезной электротравмы. При приложении напряжения «шагового» (между передними и задними ногами), а также по схеме «шея – ноги» по мере роста напряжения последовательно наступают реакции: ощущение покалывания (проявляется в нарастающем беспокойстве), судорожное сокращение мышц ног («подкашивание», приводящее к падению), фибрилляция сердца.

Систематическое воздействие на животных даже сравнительно низких напряжений, не представляющих какой-либо угрозы для их жизни, оказывает тем не менее на них вредное физиологическое влияние. Так, у дойных коров при длительном или систематическом воздействии на них напряжения от 4 В наблюдается задержка молокоотдачи, приводящая к существенному (до 30% и более) уменьшению продуктивности; при откорме – уменьшаются привесы и т. п.

В аварийных режимах напряжение прикосновения и напряжение шага должны быть не более 12 В (для комплексов 8 В) при замыкании на землю на ВЛ и на подстанции напряжением до 35 кВ, а при однофазном замыкании на корпус (открытые проводящие части) в сети до 1 кВ – также не более 12 В, если время возможного воздействия напряжения прикосновения свыше 10 с.

Вместе с тем, в последние годы в хозяйствах республики отмечались случаи массового электропоражения крупного рогатого скота, из-за недостаточности или неэффективности в первую очередь используемых мер электрозащиты, из которых основными являются устройства выравнивания электрических потенциалов (УВЭП), зануление и, в последнее время, устройств защитного отключения.

Однако, эффективность защиты животных от поражения электрическим током путем выполнения УВЭП из стержневых заземлителей с увеличением расстояния между ними от периферии к центру по арифметической прогрессии не всегда может быть обеспечена и при известных параметрах УВЭП [1] зависит, в первую очередь, от удельного электрического сопротивления грунта в месте строительства. Расчеты показывают, что напряжение прикосновения превышает допустимое значение (12 В) при удельном электрическом сопротивлении грунта $\rho > 60 \text{ Ом}\cdot\text{м}$, что наблюдается достаточно часто (таблица).

Таблица

Показатели эффективности УВЭП

Уд. сопр. грунта, ρ , Ом·м	Диаметр стержня УВЭП, D, мм	Сопротивл. одиноч. заземлителя, R_1 , Ом	Эквивалент. сопротивл. R_n , Ом	Ток замыкания I_z , А	Потенциал точки ϕ_x , В	Напряж. Прикосновения $U_{пр}$, В	Напряж. шага U_m , В
10	0,018	8,08	0,3	51,2	19,6	2,7	1,6
20	0,014	16,9	0,61	47,7	36,5	5,1	2,9
60	0,014	50,7	1,83	37,7	86,4	12,1	6,9
70	0,014	59,1	2,23	35,1	93,9	13,1	7,5
100	0,014	84,5	3,19	30,6	116,9	16,4	9,4
140	0,012	121,9	4,6	25,6	137,0	19,2	11,0

Зануление — это преднамеренное электрическое соединение с нулевым защитным проводником металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением.

Принцип действия зануления — превращение замыкания на корпус в однофазное короткое замыкание (между фазным и нулевым проводником) с целью вызвать большой ток, способный обеспечить срабатывание защиты и автоматически отключить поврежденное электрооборудование от питающей сети. В качестве отключающих аппаратов используются: плавкие предохранители, автоматические выключатели, магнитные пускатели.

Однако при эксплуатации электроустановок на фермах могут возникнуть ситуации, связанные с различной степенью опасности, в первую очередь при пробое напряжения на корпус (протяженную металлоконструкцию).

Например, если нулевой защитный проводник оборван, то при замыкании фазы на корпус по цепи, образовавшейся через землю, будет проходить ток I_3 :

$$I_3 = \frac{U_\phi}{r_{on} + r_s},$$

где: r_s — сопротивление выравнивающих проводников; r_{on} — сопротивление контура заземления подстанции в совокупности с сопротивлениями повторных заземлений.

На корпусе возникнет напряжение относительно земли U_k :

$$U_k = U_\phi \frac{r_s}{r_{on} + r_s},$$

$$r_{on} = \frac{r_o r_n}{r_o + r_n}.$$

В приведенных выше формулах не учтены сопротивления обмотки трансформатора и проводов сети, так как они малы по сравнению с r_o и r_s .

Ток I_3 может оказаться недостаточным, чтобы вызвать срабатывание защиты, т. е. установка может не отключиться.

Более того, в нулевом проводе сети и на зануленных электроустановках этой сети, т. е. выполненных правильно, появится напряжение U_o :

$$U_o = U_\phi \frac{r_{on}}{r_{on} + r_s}.$$

Поэтому выполнение устройств выравнивания электрических потенциалов на фермах без зануления крайне опасно.

Защитным отключением в электроустановках до 1 кВ называется автоматическое отключение всех фаз (полусов) участка сети, обеспечивающее безопасные для человека (животных) сочетания тока и времени его прохождения при замыканиях на корпус или снижении уровня изоляции ниже определенного значения. В последнем случае, (при снижении сопротивления изоляции), а также при прикосновении к фазе УВЭП и зануление не эффективно, поэтому устройство защитного отключения здесь незаменимо.

В УЗО реагирующем на токи утечки, которое является наиболее перспективным в животноводческих помещениях в качестве датчика используют трансформатор тока тороидального типа, в которой роль первичной обмотки выполняют фазные проводники.

В этой связи можно рекомендовать наиболее простой способ определения тока утечки данного УЗО:

$$I_{уст} = U_{пр.дот} \cdot \dot{K}_0 / R_{ж},$$

где $R_{ж}$ — электрическое сопротивление тела животного, Ом; $\dot{K}_0$ — коэффициент в комплексной форме, определяющий соотношение между проводимостями относительно земли участков сети, находящихся по обе стороны УЗО дифференциального типа; выражение для этого коэффициента сложно, однако если проводимость участка сети в зоне защиты близка к проводимости незащищенного участка, то $K_0 \approx 1$.

Приняв электрическое сопротивление тела коровы $R_{ж}=400$ Ом, а $U_{пр.доп.}=12$ В, получим: $I_{уст}=30$ мА. Устройствами защитного отключения в животноводческих помещениях должны быть оснащены розеточные группы, используемые для подключения переносных электроприборов, ручного электрифицированного инструмента с номинальным отключающим дифференциальным током УЗО (током уставки $I_{уст}$) не более 30 мА. Для обеспечения пожарной безопасности ферм с целью контроля состояния всей электропроводки на вводном распределительном щите целесообразно установить УЗО с током уставки 300 мА.

Таким образом, для эффективной защиты от поражения электрическим током в животноводческих помещениях необходимо использовать в едином комплексе зануление электрооборудования (система *TN-C-S*), выравнивание и уравнивание электрических потенциалов, защитное отключение при одновременном применении оболочек электрооборудования не ниже класса IP 35.

ЛИТЕРАТУРА

1. РД ВУ 008.609.90-099-2005. Защита сельскохозяйственных животных от поражения электрическим током. Выравнивание электрических потенциалов. Общие технические требования. – 38 с.
4. Федорчук А.И. Охрана труда в животноводстве / А.И.Федорчук – Мн.: Международный центр интеграционной информации. – 2008. – 172 с.

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ АСИНХРОННЫЕ ДВИГАТЕЛИ

Шевчик Н.Е. к.т.н., доц., Зеленькевич А.И., ст.препод., Коско А.Н.
УО "Белорусский государственный аграрный технический университет"
г. Минск, Республика Беларусь

Развитие электромашиностроения до недавнего времени шло по пути увеличения удельных нагрузок (экономия материалов), и критерием оптимальной нагрузки была допустимая температура обмоток. При проектировании электрических двигателей потери электроэнергии и связанный с ними коэффициент полезного действия (КПД) были на втором плане. Связано это было с тем, что стоимость электроэнергии в бывшем СССР была сравнительно невысокая.

В связи с повышением цен на электроэнергию соотношение приоритетов стало несколько иное, и стало экономически целесообразно изготавливать электрические двигатели с меньшими удельными нагрузками и большим КПД. Из всех, производимых промышленностью двигателей, на асинхронные (АД) приходится около 70%.

При проектировании энергосберегающего двигателя снижают плотность тока и магнитную индукцию в рамках основного габарита.

Как известно в АД имеют место следующие потери: электрические, в обмотках статора и ротора $\Delta P_{эл}$; магнитные, в стали статора и ротора $\Delta P_{м}$; механические, потери, вызванные трением в подшипниках и вентилятора о воздух $\Delta P_{мех}$; добавочные, все другие не учтенные ранее $\Delta P_{доб}$.

Снижение плотности тока в обмотках достигается увеличением сечения их обмоточного провода, что приводит к уменьшению активного сопротивления короткого замыкания двигателя r_k , и, согласно формуле (1), к снижению электрических потерь:

$$\Delta P_{эл} \downarrow = m I^2 r_k \downarrow, \quad (1)$$

где m — количество фаз; I — ток статора, А.

Также меньшее сопротивление короткого замыкания вызовет больший пусковой ток I_n :

$$I_n \uparrow = \frac{U}{\sqrt{r_k^2 \downarrow + x_k^2}}, \quad (2)$$

где U — напряжение сети, В; x_k — индуктивное сопротивление короткого замыкания, Ом.

Снижение магнитной индукции в магнитопроводе достигается увеличением размеров статора и ротора, магнитное сопротивление которых за счет этого снижается. Магнитные потери удобнее считать по схеме замещения:

$$\Delta P_m \downarrow = m I_o^2 r_o \downarrow, \quad (3)$$

где I_o — намагничивающий ток в схеме замещения, А; r_o — активное сопротивление намагничивающей ветви, Ом.

Из формулы видно, что потери в стали также уменьшаются.

Так как соотношение активной и индуктивной составляющих обмоток статора и ротора изменяется, $\cos\phi$ незначительно уменьшается.

Кроме того, меньшие потери вызывают меньший нагрев, что позволяет изменить конструкцию вентилятора, а это означает меньшую вибрацию и меньшие механические потери.

Меньшая температура, при которой работает двигатель, приведет к увеличению его срока службы.

Увеличение размеров статора и ротора, а также сечения провода приведет к увеличению момента инерции ротора и стоимости электродвигателя. Поэтому целесообразность применения такого двигателя необходимо рассчитывать. Практика и расчеты показывают, что у машин с повышенным КПД по сравнению с обычными на 15-30% выше стоимость и их применение экономически оправдано, если рабочий цикл составляет не менее 80 часов в неделю.

В настоящее время во многих зарубежных странах (США, Канада, Германия) приняты стандарты, регламентирующие КПД асинхронных двигателей. В стандарте Европейского союза (ЕС) с 1999 года имеются три уровня КПД: *EFF3* — нормальный, *EFF2* — повышенный, *EFF1* — высокий (рис. 1).

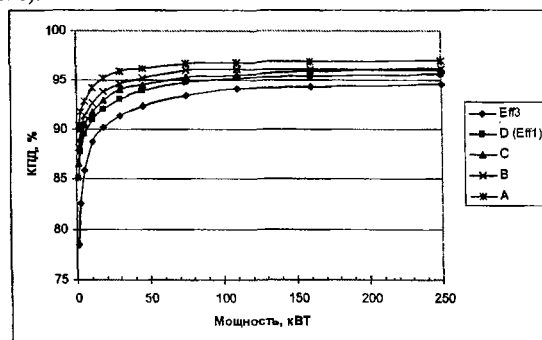


Рис. 1 Коэффициент полезного действия энергосберегающих двигателей

Российский стандарт ГОСТ Р 51677-2000 предусматривает для АД от 1,1 до 400 кВт два уровня КПД: нормальный и повышенный.

По рекомендации Исследовательского центра ЕС введены следующие категории энергоэффективных электродвигателей: D — минимальный уровень, соответствующий существующему уровню *EFF1*; C и B — средние уровни; A — максимальный уровень.

Таким образом, увеличение энергоэффективности двигателей достигается увеличением размеров обмоток и магнитопровода. Положительные стороны: меньшие потери, сниже-

ние температуры обмоток, увеличение срока службы, снижение виброакустических характеристик. Отрицательные — большая стоимость, снижение динамических характеристик и коэффициента мощности.

УДК 658.342.2:004:621.867
**ХАРАКТЕРИСТИКИ СИСТЕМ ДИСТАНЦИОННОГО ИЗМЕРЕНИЯ
ТЕМПЕРАТУРЫ И РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО ИХ ВЫБОРУ**

Шевчик Н.Е., к.т.н., доцент, Солдатенко А.А., начальник ПКТО
*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»
г. Минск, Республика Беларусь*

В Республике Беларусь в настоящее время имеется около сотни крупных элеваторов, где для хранения зерна используются бетонные или металлические емкости диаметром от 6 до 12 м и высотой до 35 м (силосы). Все они оборудованы устройствами измерения температуры, потому что температура является важнейшим параметром, отражающим сохранность зерна.

Большинство элеваторов имеют старые системы измерения, которые устарели морально и физически, эксплуатируются без метрологической аттестации и требуют улучшения технических параметров (точности измерения, надежности работы, расширения функциональных возможностей).

В настоящее время разработаны современные устройства дистанционного измерения на базе микропроцессорной техники. Но полная замена системы будет достаточно дорогой. И руководство предприятий, где сохранены в рабочем состоянии элементы старой системы стоят перед сложным выбором — покупать новую или модернизировать старую. Если модернизировать старую, то в какой степени и как.

Поэтому цель настоящей работы — разработка рекомендаций для предприятий по выбору варианта системы термометрии, исходя из тех конкретных условий, в которых они находятся. Импортные системы термометрии в данной работе не рассматриваются, потому что они значительно дороже отечественных при аналогичных характеристиках.

Авторами проведен технический аудит систем термометрии на предприятиях по хранению и переработке зерна в Республике Беларусь. В основном на обследуемых предприятиях контроль температуры выполняется посредством систем ДКТЭ, МАРС-1500, М-5. Все вышеперечисленные системы сняты с производства в конце 80-х годов прошлого века. Комплектующие к термоподвескам и старой системе автоматики на базе релейных шкафов не производятся.

Любая система, старая или новая, состоит из термоподвесок (трос с датчиками) и блоков автоматики. 70-80% стоимости системы приходится на термоподвески, потому что они нужны в каждом силосе, а это 600-700 штук, и они относительно дорогие. На большинстве элеваторов используются термоподвески типа ТП-1М с аналоговыми датчиками, производства Житомирского ПО «Промавтоматика». Поэтому выбор варианта системы термометрии зависит от наличия и состояния термоподвесок, имеющихся на предприятии.

Проанализировав 10-летний опыт разработки, модернизации, ремонта и обслуживания систем термометрии, авторы смоделировали пять наиболее вероятных вариантов выбора.

Первый вариант — ремонт существующей системы. Он наименее затратный и целесообразен для небольших предприятий с емкостями хранения зерновых до 10-15 тыс. тонн. Измерение температуры можно выполнять при помощи небольшого количества

термоподвесок и специального измерительного прибора. При этом приборы могут быть разные: аналоговые или цифровые, с памятью или без нее.

Контроль температуры при этом осуществляется в ручном режиме. Основное достоинство — минимально возможная стоимость и простота. Основной недостаток — зависимость результатов измерения от человеческих факторов.

Второй вариант. Предприятие имеет технически исправные термоподвески ТП-1М. Модернизация состоит в разработке и монтаже системы автоматики на базе микропроцессорной техники, которая будет контролировать и управлять старыми термоподвесками. Систему коммутации, релейные шкафы, предполагается оставить старые. При нехватке термоподвесок ТП-1М возможна их замена другими, имеющими аналогичные характеристики.

Достоинства: расширение функциональных возможностей, исключение человеческого фактора, возможность включения термометрии в интегрированную АСУ. По стоимости он дороже, чем первый вариант.

Третий вариант. Предприятие не имеет термоподвесок. В таких случаях возможно применение цифровых термоподвесок, изготовленных на основе кабель-троса, стоимость которых ниже, чем аналоговых. Возможна частичная замена релейных блоков коммутации на полупроводниковые элементы. Себестоимость системы на базе цифровых термоподвесок значительно ниже, чем на базе аналоговых при аналогичных метрологических характеристиках. Недостатки и рекомендации такие же, как в предыдущем варианте.

Четвертый вариант. Он применяется на предприятиях с повышенной взрывоопасностью, или там где по условиям эксплуатации применение термоподвесок на основе кабель-троса невозможно (статическое электричество). В таких случаях целесообразно оставить старые подвески, а релейные шкафы заменить микропроцессорами. Достоинства: устойчивость конструкции при эксплуатации в условиях высоких температур, отсутствие возможности возникновения электростатических разрядов. Недостатки: более высокая себестоимость такой термоподвески, чем термоподвески, изготовленной на основе кабель-троса, низкие нагрузочные характеристики на срез. Рекомендации: следует применять во всех случаях, если есть вероятность возникновения взрывоопасных ситуаций.

Пятый вариант. Следует применять на новостроящихся (модернизируемых) объектах, либо при полном отсутствии каких-либо термоподвесок.

1. Безусловно, рассмотренные варианты не охватывают все потенциально возможные реальные ситуации. Однако это наиболее типовые, наиболее часто востребованные технические решения.

Теоретически возможна некоторая комбинация указанных вариантов. Однако необходимость их рассмотрения определяется конкретными условиями, и в силу этого детальное рассмотрение без этих условий невозможно.

УДК 621.3.015.3
К ВОПРОСУ ЗАЩИТЫ СЕЛЬСКИХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ
ОТ ИМПУЛЬСОВ И ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ

Шевчик Н.Е., Протосовицкий И.В., к.т.н., доценты, Протосовицкий Д.И., аспирант
УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»
г. Минск, Республика Беларусь

В настоящее время предъявляются повышенные требования не только к надежности электроснабжения, но и к качеству электрической энергии. Наименее изученными показателями качества электроэнергии являются импульсное напряжение и временное перенапряжение.

Импульсные напряжения бывают грозовыми и коммутационными. ГОСТ 13109-97 регламентирует нормально допустимые значения грозовых импульсов напряжения во внешней воздушной линии 0,4 кВ не более 10 кВ, а во внутренней сети не более 6 кВ. Нормально допустимые значения коммутационных импульсных напряжений не должны превышать 4,5 кВ.

Длительность временного перенапряжения не должно быть более 1 мин, и допустимое значение коэффициента временного перенапряжения зависит от времени. Если длительность перенапряжения меньше 1с, допустимое значение коэффициента временного перенапряжения $1,47U_n$, если же перенапряжение длится до 1 мин — допускается $1,15U_n$.

Импульсы и временные перенапряжения на оборудование, оснащенное современной электроникой, влияют крайне отрицательно: происходит пробой тиристоров, транзисторов, микросхем, имеют место нарушения и сбой в работе электромагнитных устройств с микропроцессорным управлением.

Указанная проблема обостряется в последнее время в связи с тем, что постоянно увеличивается доля электрооборудования на базе микроэлектронной, микропроцессорной и силовой полупроводниковой техники.

Измерение импульсных напряжений и временных перенапряжений требует специальных приборов, которых, как правило, на предприятиях нет, поэтому часто причина выхода из строя оборудования из-за импульса и кратковременного перенапряжения только предполагается.

Переходные процессы в электрических сетях могут иметь колебательный характер, и они связаны с отключением нагрузки и срабатыванием защиты от коротких замыканий.

Снизить уровни коммутационных перенапряжений возможно как проведением превентивных мероприятий, так и применением специальных устройств.

Превентивные мероприятия — это предотвращение возникновения перенапряжений или ограничение их величины в месте их возникновения.

Все устройства защиты от перенапряжений можно разделить на две группы: устройства поглощающего типа на базе нелинейных элементов, и устройства, принцип действия которых основан на увеличении продольного сопротивления.

К устройствам поглощающего типа можно отнести газонаполненные разрядники, варисторы, ограничительные диоды [1,2], а так же комбинированные устройства, содержащие указанные элементы. К устройствам второй группы относятся различные фильтры на базе реактивных элементов.

Газонаполненные разрядники имеют достаточно большую мощность, могут защищать потребителей от весьма высоких напряжений с большим значением действующего тока, но время срабатывания их значительное и они не могут эффективно защищать устройства, выполненные на базе микропроцессорной техники, потому, что для них недопустимы начальные выбросы напряжений, пропускаемые указанными разрядниками.

В последнее десятилетие для защиты от перенапряжений наиболее широкое применение нашли варисторы и созданные на их базе ограничители перенапряжения нелинейные (ОПН). Среди их достоинств следует выделить широкий диапазон напряжений, высокое значение допустимого тока, относительно высокое быстродействие и большая энергоемкость, что позволяет использовать их для защиты различных по назначению цепей. К недостаткам ОПН следует отнести ограниченный срок службы, вызванный старением варисторов и невозможность применения для защиты от перенапряжений в высокочастотных цепях.

Преимуществом полупроводниковых ограничительных диодов является наиболее малое время срабатывания, что позволяет их использовать для защиты от перенапряжений устройств, в состав которых входят чувствительные к перегрузкам полупроводниковые приборы и интегральные схемы, но низкие значения номинального импульсного тока и энергоемкости практически полностью исключают их отдельное применение в силовых цепях.

Фильтры для защиты от коммутационных перенапряжений имеют уровень защиты близкий к напряжению сети и обеспечивают защиту от наносекундных импульсов, но при этом имеют целый ряд недостатков, а именно сложность, значительные массогабаритные показатели, а также применимость только на постоянном токе в качестве индивидуальных устройств защиты электроприемников.

Из вышеприведенного следует, что современные устройства защиты от перенапряжений не во всех случаях эффективны, поэтому применение их как самостоятельных устройств не решает поставленной проблемы.

Проблема заключается не только в том, чтобы отразить высоковольтные импульсы переходных процессов, например до 2 кВ, но оборудование должно быть также защищено от более слабых импульсов, до 230 В, которые также опасны и могут вывести его из строя.

При этом трудно выполнить устройство, обеспечивающее защиту одновременно и от больших и от малых импульсов. Устройство, обычно приспособленное к защите от высоковольтных импульсов, оказывается беззащитным перед низковольтным. Кроме того, большинство устройств, распространенных сегодня, разработаны таким образом, чтобы обеспечить короткое замыкание на землю, а это в свою очередь приводит к возникновению и прохождению больших токов через устройства, вплоть до 1000 А.

Авторами предложена следующая схема, способная решить выше поставленный вопрос. Устройство для защиты электрооборудования от коммутационных перенапряжений, содержит последовательно соединенные нелинейные резисторы, подключенные одним выводом в фазу сети, а другим – к земле, причем между фазой сети и землей подключаются три нелинейных резистора, к которым подключены два полупроводниковых ограничительных диодов, при этом первый полупроводниковый ограничительный диод подключен параллельно соединенным последовательно верхнему и среднему нелинейному резистору, а второй полупроводниковый ограничительный диод подключен параллельно соединенным последовательно среднему и нижнему нелинейному резисторам.

Даже при незначительных импульсах напряжения благодаря тому, что напряжение открытия трех последовательно соединенных нелинейных резисторов выше напряжения открытия последовательно соединенного диода и нелинейного резистора, происходит попарное шунтирование колонки нелинейных резисторов полупроводниковыми диодами, и ток начинает протекать через две цепочки последовательно соединенных диодов и нелинейных резисторов.

В случаях возникновения значительных импульсов напряжения вместе с диодами открываемся колонка последовательно соединенных нелинейных резисторов, в результате чего ток начинает протекать по всей совокупности нелинейных резисторов. При этом после шунтирования диодами нелинейные резисторы соединяются параллельно, что позволяет снизить токовую нагрузку на каждый в отдельности взятый нелинейный резистор, так как при параллельном соединении ток равномерно распределяется между всеми ветвями цепи.

Главным преимуществом его является универсальность применения для защиты от низко- и высоковольтных импульсов напряжения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Коммутационные перенапряжения в энергосистемах: Учеб. пособие/ Костенко М.В., Богатенков И.М., Михайлов Ю.А., Халилов Ф.Х. Ленингр. гос. техн. ун-т, 1990, 101 с.
2. Неклепаев Б.Н. Электрическая часть электростанций. Учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности «Электрические машины». М., Энергия, 1976, 552с.

УДК 628.1.034.2

СОСТОЯНИЕ И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ В СЕЛЬСКИХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТАХ РБ

Занкевич В.А., к.ф.-м.н., доцент; Демидков С.В., к.т.н., доцент;
Криваль Д.И., ст.

УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»
г. Минск

Янчук Д.В., начальник очистных сооружений
г.п. Фаниполь

В Республике Беларусь центральным питьевым водоснабжением охвачено 4849 сельских населенных пунктов, находящихся на балансе сельхозпредприятий или местных органов власти. В последние годы в данной системе питьевого водоснабжения наблюдается тенденция к ее децентрализации. Остальные 19406 населенных пунктов потребляют питьевую воду из шахтных колодцев, незащищенных от возможного загрязнения грунтовых вод.

В докладе рассматриваются некоторые мероприятия, направленные на улучшение качества питьевой воды и снижения ее себестоимости.

Питьевая вода является составной частью пищевых продуктов и по определению «это продукт, отвечающий по своему качеству в естественном состоянии или после переработки нормам безопасности и предназначен для бытовых нужд человека и производства пищевых продуктов» [1-2].

Анализируя нормы безопасности водоснабжения РБ, РФ и ЕС необходимо отметить [1-2]:

1. «Европейская директива 2 по питьевой воде» ЕД2 отличается научной убедительностью по сравнению с СанПиН РБ и РФ. В ЕД2 измерения качества воды производятся по микробиологическим, химическим и индикаторным параметрам (общий контроль производится по 48 параметрам, а плановый по 13).

2. В ЕД2 заложены более жесткие нормативы на данные параметры по сравнению с СанПиН РБ и РФ. Поэтому в РФ СанПиН 2.1.4.559РФ96 «Питьевая вода» (данные нормативы были адаптированы к условиям РБ и действуют до настоящего времени СанПиН 10124РБ99) были переработаны с учетом ЕД2 (СанПиН 2.1.1074РФ2001). Для сравнения следует отметить, что в эпидемиологическом плане, например, граничные значения по энтерококкам в СанПиН 10/24РБ99 не регламентируются. При водозаборе из водоемов в последнем не регламентируется содержание в воде микроорганизмов, паразитов, вирусов, которые потенциально могут приносить вред здоровью человека. В таблице 1 для сравнения приведены некоторые предельно допустимые концентрации (ПДК) по химическому составу [2].

Таблица 1. Некоторые химические параметры

Параметр	ПДК ЕД2	ПДК СанПин 10124РБ99	Отличие в требова- ниях
Акриламид, мкг/л	0,1	10,0	в 100 раз выше
Бензол, мкг/л	1,0	10,0	в 10 раз выше
Хром, мкг/л	50	50	одинаково
Медь, мг/л	2,0	1,0	в 2 раза ниже
Нитрат, мг/л	50	45	на 5 мг/л ниже
Нитрит, мг/л	0,5	3,0	в 6 раз выше
Пестициды, мкг/л (суммарные)	0,5	2,0	в 4 раза выше
Полициклические ароматические углеводороды, мкг/л	0,1	не контролируются	
Винилхлорид	0,5	50	в 100 раз выше

Контроль индикаторных показателей достаточно прост (ПДК ЕД2 ниже, чем в СанПин 10124 РБ 99) и определяется по таким параметрам: алюминий, аммоний, хлорид, споры плесней, цвет, запах, вкус, мутность, проводимость, железо, марганец, полиформные бактерии, окисляемость, сульфат, натрий, органический связанный углерод, тритий, общая радиоактивность. Одной из особенностей требований ЕД2 вода не должна быть коррозирующей, она оценивается по индексу насыщения Ланжелье, концентрации в воде кислорода O_2 , хлоридов Cl_2 , сульфатов SO_4 .

Приведенные данные показывают, что нормы ЕД2 должны быть основой для совершенствования нормативных документов по качеству питьевой воды в РБ. Эти нормы приведены для сопоставления с действительным качеством питьевой воды, например, в сельских населенных пунктах.

Степень обеспеченности сельского населения страны централизованным питьевым водоснабжением в среднем составляет около 34%. Как правило собственником данного водоснабжения выступает местная власть в лице сельских Советов, реже – сельхозпредприятия. Они несут ответственность за правильность эксплуатации источника и качество воды, определяют себестоимость данных услуг.

Качество воды по индикаторным параметрам проверяет районная санэпидемстанция. При обнаружении в воде превышения ПДК индикаторных параметров по рекомендации санэпидемстанции населению необходимо применять различные защитные меры, например, использовать индивидуальные фильтры очистки воды. Местные органы должны провести профилактические и дезинфицирующие мероприятия по устранению источников загрязнения.

На территории Республики Беларусь (около 90% площади) в водоносных слоях, используемых для питьевого водоснабжения (глубина скважины 60-80 м) в воде содержится двухвалентное железо, превышающее ПДК (0,3 мг/л) в 3-15 раз [2]. На многих станциях в сельской местности используют водоподготовку только по обезжелезиванию.

Энергосбережение при строительстве и реконструкции центральных систем водоснабжения в агрогородках зависит от многих факторов: а) правильного выбора водоносного пласта; б) технологии бурения, конструкции скважины, используемых фильтров, обсадных труб; в) оптимальный выбор водоподъемного оборудования (насосов, электрооборудования и автоматики, оголовков, арматуры; г) запорно-регулирующей и предохранительной арматуры, водонапорных башен и станций водоподготовки. На данных объектах, например, в Грод-

ненской области в течение 2005-2010 гг. было сэкономлено около 30% денежных средств от общих капиталовложений.

По данным Госкомстата в сельской местности насчитывается около 36 тыс. скважин, из которых только 8 тыс. используются для питьевого водоснабжения населения. Около 45% скважин находятся в нерабочем состоянии, а многие работающие не соответствуют санитарно-техническим нормам. Вместе с тем возросло число скважин за счет индивидуальных застроек (садовых участков, коттеджей), по оценкам около 1,8 тыс. не зарегистрированных в официальных системах учета. Практически 55% скважин, используемых для питьевого водоснабжения, эксплуатируются 20-25 лет. Местные власти должны контролировать данные объекты, особенно в тех населенных пунктах, где водоснабжение от скважин является единственным источником воды. Населенные пункты должны иметь запасные шахтные скважины (колодцы) и пожарные водоемы.

Себестоимость хозяйственно-питьевой воды при центральном водоснабжении в сельских населенных пунктах аналогична себестоимости ее на коммунальных предприятиях города и складывается: а) из стоимости электроэнергии, затрачиваемой в системах водозабора; б) затрат на обслуживание; в) затрат на ремонт системы водопровода; г) амортизационных отчислений. Практически во всех новых агрогородках, где используется центральное водоснабжение, в домах устанавливаются счетчики учета холодной воды. Энергосбережение в данных системах водоснабжения достигается за счет профилактических и ремонтных работ: а) при применении высокопроизводительных насосов с электроприводом от асинхронных электродвигателей с частотным регулированием оборотов; б) при режиме работы насосов, который должен быть максимальным, что приводит к наименьшему расходу электроэнергии.

В сельских населенных пунктах, где отсутствует центральное питьевое водоснабжение, источником питьевой воды являются шахтные колодцы, глубиной в среднем до 15 м. Анализ грунтовых вод на данной глубине практически на 57% территории РБ показывает, что по нитратам и нитридам превышает ПДК в 3-10 раз [2]. Основным источником загрязнений грунтовых вод являются минеральные удобрения, свалки, животноводческие комплексы и т.д. Степень загрязненности бытовых колодцев по микробиологическим параметрам особенно высока в затопляемых весной районах. Существуют различные методы сведения к минимуму загрязненности питьевой воды: например, осаждение и удаление осадка, кипячение, использование индивидуальных фильтров питьевой воды. Колодцы должны быть закрыты, а подача воды должна осуществляться бытовыми насосами.

Следует отметить, что в данном сообщении затрагиваются только некоторые вопросы актуальной проблемы обеспечения сельского населения качественной питьевой водой.

ЛИТЕРАТУРА

1. СанПиН 10124 РБ 99. Питьевая вода. Гигиенические требования по качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. – Минск: Минздрав Беларуси, 2000. – 132 с.
2. Гуринович А.Д. Питьевое водоснабжение из подземных источников. – Минск: УП Технопринт. – 305 с.

УДК 621.43.065.5
**ЭКСЕРГЕТИЧЕСКИЙ МЕТОД АНАЛИЗА ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ
 ОХЛАЖДЕНИЯ ДВС**

Занкевич В.А., к.ф.-м.н., доцент, Булко М.И., ст. препод., Тарасенко В.Е., к.т.н., доцент,
 Липский В.Н., студ.

*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»
 г. Минск*

Эксергетический метод анализа работы ДВС недостаточно освещен в печати из-за его сложности и отсутствия методик расчета эксергии. Данный метод дополняет энергетический метод (метод теплового баланса) и по определению [1]: «позволяет проанализировать качественную сторону процесса превращения теплоты в работу, выявить причины и рассчитать потери работоспособности потока рабочего тела и теплоты, а значит, и предложить методы их ликвидации, что позволяет увеличить эксергетический КПД и эффективность работы установок». Эксергия по определению – это часть энергии, равная максимально полезной работе, которую может совершить термодинамическая система при переходе из данного состояния в состояние равновесия с окружающей средой. Иными словами эксергия является мерой, учитывающей качество энергии. Для примера рассмотрим систему охлаждения ДВС и применим для ее расчета эксергетический метод. Система охлаждения ДВС представляет собой своеобразный теплообменный аппарат. Основной задачей системы охлаждения является оптимальный отвод излишков теплоты от поршневой группы. В состав контура горячего теплоносителя входит:

- рубашка охлаждения двигателя;
- жидкостный насос;
- радиатор охлаждения жидкостного теплоносителя.

Преимуществом эксергетического метода является разбивка по контрольным сечениям на элементы, в данном случае – системы охлаждения ДВС. Рассмотрим необратимость в элементах контура горячего теплоносителя. На основе потоков эксергии через данные элементы можно определить потери эксергии, степень необратимости процессов, эксергетический КПД и представить их в диаграммах Грассмана [2].

Потоки эксергии на входе $E_{\text{вх1}}$ и выходе $E_{\text{вых1}}$ рубашки охлаждения двигателя определяются [2]

$$E_{\text{вх1}} = E_{\text{мхс1}} - \sum D_n, \quad (1)$$

где $\sum D_n$ – суммарные потери эксергии в рубашке охлаждения двигателя.

Эффективность замкнутого кругового процесса можно проанализировать, используя уравнение Гию-Стадолы [2]

$$\sum D_n = T_0 \sum \Delta S_n,$$

где T_0 – температура окружающей среды, $\sum \Delta S_n$ – суммарное приращение энтропии через i -е контрольное сечение.

Данные потери эксергии

$$\sum D_n = D_{\Delta T_1} + D_{\Delta T_2} + D_{\Delta p_1} + D_{\Delta x} + D_{\Delta}, \quad (2)$$

где $D_{\Delta T_1}$ – потери потока эксергии от конечной разности температур на входе и выходе рубашки охлаждения по ходу движения теплоносителя, $D_{\Delta T_2}$ – потери эксергии от разности температур перпендикулярно движению теплоносителя и данные потери связаны с теплообменом в окружающую среду, $D_{\Delta p_1}$ – потери эксергии от гидравлического сопротивления на входе и выходе, $D_{\Delta x}$ – потери эксергии за счет разности теплопроводности поршневой груп-

пы, D_{x_i} – необратимые потери эксергии за счет изменения химического состава теплоносителя (для тосола и дистиллированной воды $D_{x_i}=0$). Эксергетический КПД данного элемента

$$\eta_{\Sigma} = 1 - \frac{\sum D_{i1}}{E_{\text{вх}}} \quad (3)$$

На выходе удельная энтальпия горячего теплоносителя $h_{\text{вх}x_1}$ не должна превышать энтальпию кипения при давлении на выходе $h_{\text{тр}}$ и соотношение $h_{\text{вх}x_1}/h_{\text{тр}}$ должно иметь постоянное значение. Расчеты потерь эксергии $D_{\Delta T_1}, D_{\Delta T_2}, D_{\Delta p_1}, D_{\Delta \lambda}, D_{x_i}$ общеизвестны [2] и для точного расчета необходимо знать массовый расход теплоносителя, размеры рубашки охлаждения двигателя.

Во втором элементе (водяной насос) потери эксергии обусловлены: а) механическими потерями эксергии в подшипниках насоса; б) потерями эксергии гидравлического потока на входе и выходе; в) потерями эксергии за счет кинетической энергии потока по движению теплоносителя; г) тепловыми потерями эксергии за счет нагрева кожуха насоса; д) потери эксергии на работу сжатия (политропный процесс) теплоносителя. Эксергетический КПД на данном элементе η_{Σ_2} , а эффективный КПД насоса $\eta_2 = \eta_{M_2} \eta_{L_2}$. В системе охлаждения ДВС, как правило, используют центробежные насосы, поэтому температура на конце лопасти крыльчатки выше чем в центре, что приводит к нагреву кожуха насоса и большим необратимым потерям теплоты в окружающую среду. Поэтому на термограммах в области расположения насоса наблюдается высокая температура [3]. Эксергетический КПД на двух элементах $\eta_{\Sigma I-II} = \eta_{\Sigma I} \eta_{\Sigma II}$.

Горячий теплоноситель поступает в верхний бачок жидкостного радиатора. Данный радиатор относится к компактным теплообменным аппаратам (ТА) с перекрестным движением теплоносителей. Конструктивный расчет данных ТА заложен в [4] и данный подход применен для конструктивных расчетов жидкостных радиаторов ДВС [5-7].

Для определения потоков эксергии в жидкостном радиаторе необходимо проанализировать поток эксергии холодного теплоносителя (воздуха). Удельная энтальпия воздуха h'_a можно записать

$$h'_a = h'_{ca} + h'_{cn} + h'_n, \quad (4)$$

где h'_{ca} – удельная энтальпия сухого воздуха, $h'_{ca} = f(p_6, T_0)$; h'_{cn} – удельная энтальпия насыщенного пара, зависящая от температуры окружающей среды T_0 , барометрического давления p_6 , влагосодержания d , относительной влажности φ ; h'_n – удельная энтальпия пыли в воздухе, зависящая от T_0 и d .

Рассмотрим потери потока эксергии со стороны горячего теплоносителя в жидкостном радиаторе: а) нагревание верхнего бачка приводит к передаче теплоты в окружающую среду за счет лучистого конвективного теплообмена D_{31} ; б) потери потока эксергии через стенки трубного ряда жидкостного радиатора за счет разности температур на входе и выходе D_{32} ; в) потери потока эксергии за счет гидравлического сопротивления через «живое» сечение пучка трубок $D_{3\lambda p}$. Со стороны холодного теплоносителя потери эксергии вызваны: а) за счет работы вентилятора, т.е. за счет аэродинамического давления на его входе и выходе; б) потери потока эксергии за счет отбора теплоты от внешних стенок трубных рядов и оребренных поверхностей; в) необратимость, вызванная попаданием и прилипанием пыли на стенки трубного ряда и пластины, что приводит к уменьшению коэффициента теплоотдачи.

По характеристикам жидкостного радиатора и режимам работы трактора МТЗ «Беларус-3022ДВ» [7] при $\varphi = 70\%$, $p_6 = 760$ мм.рт.ст., $t_0 = 20^\circ\text{C}$ и $h_n = 0$ (см. выражение 4) эксер-

гетический КПД радиатора $\eta_{\text{жс.}} = 0,38$, а при тех же условиях и слое пыли 0,5 мм эксергетический КПД уменьшается $\eta_{\text{жс}} = 0,29$.

На основании данных потерь эксергии на входе и выходе можно определить потери энергии на каждом элементе системы охлаждения ДВС, а также способ их уменьшения.

Предложенные подходы важны для создания имитационных моделирующих программ по расчетам блока радиаторов мобильных транспортных средств.

Данный подход потерь эксергии в системе охлаждения ДВС важен при расчете теплообменников мини-ТЭЦ на основе поршневых ДВС.

В сообщении проанализированы потери потоков эксергии в системе охлаждения ДВС. Данный анализ важен для составления методик определения эксергетического КПД систем охлаждения ДВС.

ЛИТЕРАТУРА

1. Теплотехника / под ред. Басакова А.П. – М.: Энергоиздат, 1982. – 267 с.
2. Эксергетические расчеты теплотехнических систем: справочное пособие / под ред. Долинского А.А., Бродянского В.М. – Киев, Навук. думка, 1991. – 360 с.
3. Занкевич, В.А., Применение тепловизионных систем для оценки теплонапряженности деталей автотракторного двигателя / В.А. Занкевич, В.Е. Тарасенко [и др.] // доклады Международ. науч.-практ. конф. «Инновационные технологии в производстве и переработке сельскохозяйственной продукции», 14-15 апреля, Минск, 2011 г. С.52-55.
4. Керн Д., Краус А. Развитие поверхности теплообмена. – М.: Энергия, 1977. – 464 с.
5. Железко, Б.Е. и др. Термодинамика, теплопередача и двигатели внутреннего сгорания / Под ред. Железко Б.Е. – Мн.: Высшая школа, 1985. – 271с.
6. Двигатели внутреннего сгорания: динамика и конструирование: учеб. для вузов: в 3 кн. / В.Н. Луканин [и др.]; под ред. В.Н. Луканина и М.Г. Шатрова. – 3-е изд., перераб. и испр. – М.: Высшая школа, 2007. – Кн. 3. – 414 с.
7. Тарасенко, В. Е. Обеспечение температурного режима системы охлаждения дизеля сельскохозяйственного трактора совершенствованием жидкостного и воздушного контуров: дис. ... канд. техн. наук: 05.05.03 / В. Е. Тарасенко. – Минск, 2009. – 179 л.

УДК 621.316

ФОРМИРОВАНИЕ ОРТОГОНАЛЬНЫХ СОСТАВЛЯЮЩИХ ВХОДНЫХ СИГНАЛОВ В МИКРОПРОЦЕССОРНОЙ ТОКОВОЙ ЗАЩИТЕ ЛИНИЙ ОТ МЕЖДУФАЗНЫХ КОРОТКИХ ЗАМЫКАНИЙ

Булойчик Е. В.

*УО «Белорусский национальный технический университет»
г. Минск, Республика Беларусь*

Микропроцессорные токовые защиты применяются в радиальных распределительных сетях с одним источником питания для защиты линий от междуфазных коротких замыканий (КЗ). Входными сигналами таких защит являются токи линии, которые могут быть представлены эквивалентными ортогональными составляющими (ОС).

Получение ОС в микропроцессорных защитах возможно в аналоговом, цифровом или смешанном аналого-цифровом видах с помощью соответствующих формирователей. Однако использование аналоговых формирователей оказывается недостаточно эффективным, так как усложняет аналоговую часть защиты, не исключая при этом фазочастотные погрешности в диапазоне изменений промышленной частоты, поэтому предпочтительно использование цифровых методов формирования ортогональных составляющих.

Одним из такого рода методов, получивших широкое распространение, является алгоритм Фурье, обладающий существенным недостатком: правильное формирование ОС может быть обеспечено лишь при интервале наблюдения за входными величинами, равном периоду

T_0 сигнала основной частоты ω_0 , то есть при использовании $N = T_0 / \Delta t$ отсчетов входного сигнала, где Δt – шаг дискретизации.

При использовании числа отсчетов сигнала $n < N$, что соответствует временному интервалу, меньшему T_0 , обеспечивается возможность повышения быстродействия измерительных органов микропроцессорной защиты, а при $n > N$, что соответствует интервалу измерения, большему T_0 , – повышение точности определения контролируемых ими параметров электрических величин. В связи с этим целесообразно построение и применение формирователей ортогональных составляющих (ФОС), обеспечивающих достоверное определение параметров входных величин основной частоты ω_0 при интервале наблюдения, отличном от T_0 .

В основу построения такого рода формирователей ОС положен метод, основанный на модели входного сигнала, учитывающей его основные компоненты. Будем считать, что входная величина кроме составляющей основной частоты содержит аperiodическую составляющую и высшие гармоники. При этом она описывается уравнением следующего вида:

$$u(t) = U_a \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} + \sum_{m=1}^M U_m \cdot \sin \psi_m \quad (1)$$

где U_a – амплитуда аperiodической составляющей;

τ – постоянная времени затухания аperiodической составляющей;

M – порядок наивысшей гармоники, содержащейся во входном сигнале;

U_m – амплитуда m -й гармоники;

ψ_m – текущая фаза m -й гармоники.

Если на интервале наблюдения за входной величиной (1) зафиксировано n отсчетов ее мгновенных значений через шаг Δt , то они связаны следующей системой соотношений [1];

$$\begin{aligned} u_n &= U_a + \sum_{m=1}^M U_m \sin \psi_m \\ u_{n-1} &= U_a + \Delta U_a + \sum_{m=1}^M U_m \sin(\psi_m - m\omega_0 \Delta t) \\ u_{n-2} &= U_a + 2\Delta U_a + \sum_{m=1}^M U_m \sin(\psi_m - 2m\omega_0 \Delta t) \\ &\dots \dots \dots \\ u_1 &= U_a + (n-1)\Delta U_a + \sum_{m=1}^M U_m \sin(\psi_m - (n-1)m\omega_0 \Delta t), \end{aligned} \quad (2)$$

где n – количество отсчетов входной величины на интервале наблюдения;

U_{an} – значение аperiodической составляющей в конце интервала наблюдения;

ΔU_a – разность смежных дискретных значений аperiodической составляющей при ее аппроксимировании на интервале наблюдения отрезком прямой.

Решение системы уравнений (2) относительно синусной $u_{sn} = U_{1n} \sin \psi_{1n}$ и косинусной $u_{cn} = U_{1n} \cos \psi_{1n}$ ортогональных составляющих основной частоты, относящихся к концу интервала наблюдения, может быть представлено в виде:

$$u_{sn} = \sum_{i=1}^n a_i u_i, \quad u_{cn} = \sum_{i=1}^n b_i u_i \quad (3)$$

где a_i, b_i – постоянные коэффициенты;

Выражения (3) описывают пару ЦФ с четным числом отсчетов n , обеспечивающих формирование ОС основной гармоники из входного сигнала с граничной частотой спектра $f_{гп} = 25(n-2)$, которая определяется количеством отсчетов мгновенных значений ($n \geq 4$) на интервале наблюдения.

Постоянные a_i и b_i называются коэффициентами цифрового фильтра и зависят от $n, \Delta t$ и ω_0 . В виду того, что существует множество комбинаций коэффициентов ФОС, то при их выборе следует учитывать дополнительные требования, определяющие свойства фильтра, главным образом частотные и динамические, которые определяются частотой среза $f_{ср}$

фильтра низких частот, n и Δt . Для получения качественных частотных и переходных характеристик формирователей необходимо обеспечить выполнение следующего требования: $|a_i| < 1$, $|b_i| < 1$, $i = 1 \dots n$. Синусный и косинусный формирователи ОС обеспечивают полное подавление постоянной составляющей при условии:

$$\sum_{i=1}^n a_i = 0, \quad \sum_{i=1}^n b_i = 0.$$

При цифровой обработке сигналов целесообразно искать компромисс между скоростью и точностью работы фильтров. Чем выше частота дискретизации или количество отсчетов на интервале наблюдения, тем меньше будет искажение исходного сигнала. С другой стороны, чем больше n , тем больше времени будет затрачиваться на обработку входной информации. Для определения параметров входных величин использовалось $n = 19$ отсчетов мгновенных значений сигнала на интервале наблюдения. При этом для увеличения быстродействия использовались ФОС с количеством коэффициентов a_i и b_i равным $n = 10$, что вполне достаточно для токовой защиты. Меньшее количество приводит к ухудшению качества цифровой фильтрации, а значительно большее – усложняет алгоритм обработки входной информации. Численные значения коэффициентов приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Коэффициенты формирователей ОС

Коэффициент	Номер отсчета									
	1	3	5	7	9	10	13	15	17	19
a_i	0,111	0,170	0,039	-0,111	-0,209	-0,209	-0,111	0,039	0,170	0,111
b_i	0,305	-0,143	-0,219	-0,193	-0,076	0,076	0,193	0,219	0,143	-0,305

Ниже представлены амплитудно-частотные (АЧХ) и переходные характеристики формирователей ОС, полученные методом вычислительного эксперимента. В основу реализации этого метода положены математические модели формирователей, включающие модели входных преобразователей, аналоговых фильтров нижних частот и цифровых фильтров с указанными выше параметрами.

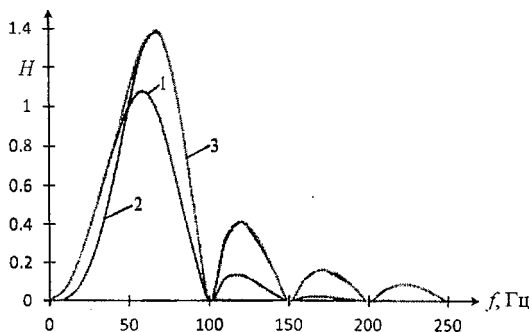


Рис. 1 – Амплитудно-частотные характеристики: 1 – для синусной составляющей, 2 – для косинусной составляющей, 3 – результирующая АЧХ

Анализ полученных АЧХ указывает на достаточную избирательность ФОС. Такие фильтры хорошо подавляют как низкочастотные составляющие, так и высшие гармоники, причем АЧХ сохраняет нули на гармониках кратных основной.

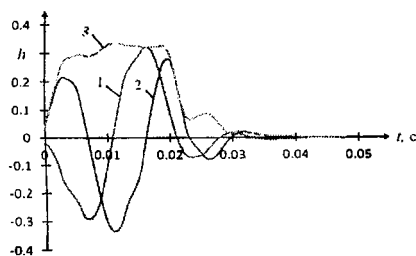


Рис. 2 – Переходные характеристики:

- 1 – для синусной составляющей,
- 2 – для косинусной составляющей,
- 3 – результирующая.

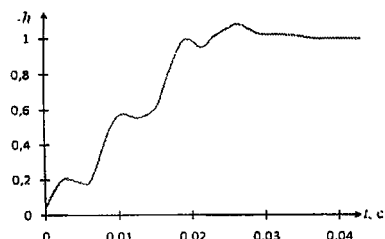


Рис. 3 – Реакция цифрового фильтра на синусоидальный входной сигнал

Из приведенных на рис. 2 переходных характеристик, представляющих собой реакцию ФОС на воздействие единичной функции $u(t) = 1(t)$, видно, что быстродействие фильтра составляет порядка 0,03 с или 1,5 периода промышленной частоты (0,027 с и 0,03 с соответственно для синусной и косинусной составляющих). При подаче на вход ФОС синусоидального сигнала с фазой включения 90° (рис. 3), для определения амплитуды сигнала с заданной точностью достаточно одного периода промышленной частоты.

Таким образом, рассматриваемый фильтр обеспечивает достаточное качество фильтрации и приемлемый характер переходного процесса, что даст возможность его использования в микропроцессорных токовых защитах линий для выделения сигналов промышленной частоты.

ЛИТЕРАТУРА

1. Романюк, Ф. А. Информационное обеспечение микропроцессорных защит электроустановок: учеб. пособие / Ф. А. Романюк. – Мн.: УП "Технопринт", 2001. – 133 с.
2. Романюк, Ф. А. Формирование ортогональных составляющих входных величин в микропроцессорных токовых защитах линий распределительных сетей / Ф. А. Романюк, О. А. Гурьянчик // Энергетика (Изв. высш. учеб. заведений и энерг. объединений СНГ). – 2009. – № 6. – С. 5–11.

УДК 621.316

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИЗОЛИРОВАННЫХ ПРОВОДОВ НА ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЯХ В СЕЛЬСКОЙ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ

Усов Г.Г., Кожарнович Г.И.

УО Белорусский государственный аграрный технический университет,

г. Минск, Республика Беларусь

Усов Ю.Г.

ОАО «Белсельэлектросетьстрой»,

г. Минск, Республика Беларусь

Епифанов В.И., Протосовицкий А.И.

УО Белорусский государственный аграрный технический университет,

г. Минск, Республика Беларусь

В Белорусской энергосистеме находится в эксплуатации 224,6 тыс. км линий электропередачи напряжением 0,4–10 кВ. Как известно электрическая сеть данного класса напряжения является слабым элементом в системе надежного электроснабжения потре-

лей. От сельских электрических сетей получают питание агрокомбинаты, сельскохозяйственные потребители коммунально-бытового назначения и садоводческие товарищества.

Сельские электрические сети в основном были сформированы до 1970 года. Строились специализированными организациями из новых комплектующих материалов, то в садоводческих товариществах массовая электрификация пришлась на 1970-80 годы и, к сожалению, не лучшим образом. Строились на основе долевого участия каждого члена общества, с привлечением случайных специалистов и в большинстве из материалов и комплектующих бывших в эксплуатации.

Необходимо принять во внимание еще одну характерную особенность данных сетей. Отсутствие хороших подъездных дорог и проездов вдоль трасс, недостаточное количество единиц транспорта повышенной проходимости. Их разветвленность, значительную протяженность участков линий электропередачи и необходимостью надежного электроснабжения каждого вплоть до самого удаленного небольших по нагрузке потребителей питающихся по воздушным линиям (ВЛ).

С возрастанием роли электроэнергии повышается значимость надежности электроснабжения. Как способности электрической сети обеспечить надежную устойчивую и эффективное электроснабжение электроэнергией присоединенных к ней потребителей и создания комфортных социально-бытовых условий на селе.

Наиболее низкий уровень технического состояния распределительной сети напряжением 0,4 кВ. Ухудшающее техническое состояние влияет на надежность работы электрической сети. Удельное повреждаемость ВЛ 0,4 кВ с 1990 года увеличилась на 40% [1]. Особенно это проявляется во время стихийных явлений, в результате которых происходит массовое повреждение сети с отключением потребителей. Обильные снегопады, резкие перепады температуры, падение деревьев на прилегающие линии привело к отключению около полутора тысяч населенных пунктов и сельхозпотребителей («Республика» 08.01. 2004г.).

Перспективным решением повышения надежности работы ВЛ является отказ от традиционного применения голых проводов и использование изолированных проводов (ИП). Это позволит обеспечивать надежную работу ВЛ, что особенно проявляется в экстремальных погодных условиях и обеспечивается наиболее полное удовлетворение экономическим требованием в течение всего срока эксплуатации. Численность воздушных линий с ИП невелико, но проведенный анализ эксплуатации показал надежную работу при интенсивном выпадении снега, гололеде и падении на провода деревьев.

Открытое акционерное общество «Белсельэлектросетейстрой» оценила преимущество ВЛ с использованием ИП и полностью перешло к строительству линий 0,4 кВ с ИП. Среди европейских энергокомпаний первенство в использовании ИП принадлежит Финляндии и по данным эксплуатационных организаций надежность работы данных ВЛ повысилась более чем в 5 раз по сравнению с использованием голых проводов.

Отсюда неизбежен вывод о необходимости максимального внимания проблеме восстановления и дальнейшего развития сетей сельскохозяйственного назначения с применением ИП. Данные сети осуществляют прямой контакт с системой потребителей электроэнергии и являются важным звеном в инфраструктуре экономичности электроснабжения, надежности качества электроэнергии доставляемой потребителям и существенно влияет на устойчивость функционирования агропромышленного комплекса и в коммунально-бытовом секторе населения.

Таблица 1. Провода самонесущие изолированные для воздушных линий электропередачи

Число и номинальное сечение жил, шт.х мм ²	Число изолированных жил, шт.		Расчетная масса 1 км провода, кг	Число и номинальное сечение жил, шт.х мм ²	Число изолированных жил, шт.		Расчетная масса 1 км провода, кг
	основных	вспомогательных			основных	вспомогательных	
1х16	1	-	67	4х70+1х35	4	1	1149
1х25	1	-	102.8	4х95+1х35	4	1	1487
1х35	1	-	136	4х120+1х35	4	1	1933
2х16	2	-	134	4х25+2х16	4	2	545
2х25	2	-	205.6	4х35+2х16	4	2	678
2х35	2	-	272	4х50+2х16	4	2	881
4х16	4	-	268	4х70+2х16	4	2	1147
4х25	4	-	411	4х95+2х16	4	2	1449
4х35	4	-	544	4х120+2х16	4	2	1931
4х50	4	-	742	4х25+2х25	4	2	617
4х70	4	-	1013	4х35+2х25	4	2	750
4х95	4	-	1351	4х50+2х25	4	2	953
4х120	4	-	1797	4х70+2х25	4	2	1219
4х25+1х35	4	1	547	4х95+2х25	4	2	1557
4х35+1х35	4	1	680	4х120+2х25	4	2	2002
4х50+1х35	4	1	883				

ВЫВОДЫ

Повышается требовательность к надежности электроснабжения в сельской местности и одним из решений повышения надежности работы ВЛ является использование ИП. Данное направление является перспективным, существенно экономно при больших сроках эксплуатации и безусловно нашло широкое применение в сельской электрификации и позволяет вывести электрические сети данного напряжения на новый уровень по надежности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Концепция развития электрических сетей. – Минск, 2001

УДК 621.316

ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ В СЕЛЬСКИХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ

Усов Г.Г., Кожарнович Г.И.

УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,
г. Минск, Республика Беларусь

Исследования показывают, что выход из строя силовых трансформаторов (СТ) наносит значительный материальный ущерб энергоснабжающим предприятиям и потребителям. Как за счет недоотпуска электроэнергии, так и вследствие порчи продукции. Значителен также срок устранения отказов в работе СТ с неоправданными трудовыми, материальными потерями связанные с выводом трансформаторов в длительный ремонт непредусмотренный бюджетом.

В Белорусской энергетике объем СТ общего назначения 1-11 габаритов серии ТМ, ТМГ, ТМГСУ установленных на трансформаторных подстанциях и распределительных пунктах составляет 69 тысяч [1]. Из всех элементов сети трансформатор является самым надежным. Расчетный срок службы трансформатора –25 лет, но надежность достигается только

при соблюдении всех норм правильной организации работ, определенных правилами устройства электроустановок, правилами технической эксплуатации и инструкциями завода изготовителя.

Высокие требования к выполнению норм диктуются особенностью сельских электрических сетей и расположением трансформаторных подстанций. В большинстве они находятся вдали от организаций занимающихся их обслуживанием и от специализированных ремонтных предприятий.

Силовые трансформаторы проходят большое количество различных испытаний и проверок, как на заводе, так и при монтаже и в период эксплуатации. Однако проведенные многолетние исследования в различных районах показали, что в среднем за год от общего количества находящихся в эксплуатации выходят из строя 5-7%, причем причины отказов у них общие [2,3].

Чтобы сократить число возникших отказов СТ в сельских распределительных сетях напряжением 10...0,4 кВ по внезапным причинам на ранней стадии развития с учетом различных факторов в том числе фактора износа оборудования эксплуатируемого в энергосистеме и принимая во внимание, что срок службы многих СТ уже сегодня близок к нормативному, или превышает его, одним из мероприятий способствующих снижению количества отказов оборудования и повышению надежности его работы является распознавание неисправностей на ранней стадии.

С большой долей уверенности можно утверждать, что у СТ с большим сроком эксплуатации увеличивается чувствительность к факторам износа, что приводит к увеличению скорости развития дефектов. График проведения проверок и ремонтов с четкой регламентацией сроков частично не в состоянии обеспечить надежную работу трансформаторных подстанций и распределительных пунктов. Необходимо использовать непрерывный контроль технического состояния оборудования под рабочим напряжением (мониторинг) при проведении различных видах осмотров. Основная особенность такого контроля своевременно получить информацию о возникающих ранних неисправностях и перейти при необходимости от плановых ремонтов к ремонтам по необходимости.

Такую информацию с большой долей уверенности можно получить без вывода СТ из эксплуатации на месте установки, например тепловизионным методом контроля. Тепловизор – универсальный рабочий инструмент, необходимый электрику, а также любому специалисту, в чьи обязанности входит контроль оборудования энергосетей. Инфракрасная термография позволяет оценить уровень нагрева в системах низкого, среднего и высокого напряжения. Своевременно возможно обнаружить дефектные компоненты и соединения, о чем говорит даже небольшая разница в температуре. Это позволяет легко найти проблему невидимую для человеческого глаза и своевременно принять необходимые соответствующие меры и избежать дорогостоящих простоев в работе и снизить риск аварий.

Осмотры, диагностика и распознавание дефектов в работе на раннем этапе является важнейшим условием для обеспечения высокой степени безопасности, надежности и выявления «слабых мест» в электроустановках. Этот способ поможет улучшить результат измерений, уменьшит расходы, сократит трудозатраты, прост в использовании и не требует предыдущего опыта работы. Обеспечивается высокая эффективность, что позволяет рекомендовать его для практического применения.



Рис. 1 - Неравномерный нагрев трансформатора

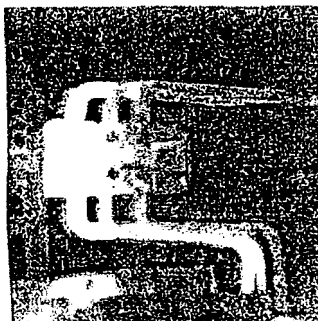


Рис. 2 - Перегрев контактов

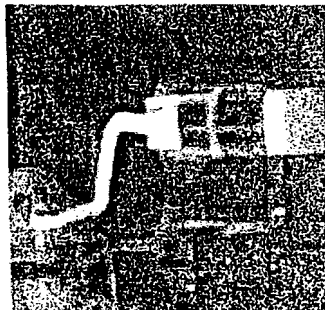


Рис. 3 - Перегрев шины

Необходимо учитывать, что значительное количество СТ установлено на открытом воздухе и работает в повторно кратковременном режиме в условиях повышенной влажности окружающей среды. С течением времени ухудшается сопротивление контактов, происходит увлажнение и снижение электрических свойств изоляции. При резкой нагрузке возможно «распаривание» изоляции СТ состоящей в основном из картона, бумаги, волокнистых материалов, что ведет к резкому снижению сопротивления и возможному пробое.

ВЫВОДЫ

Правильно организованный контроль силовых трансформаторов в сельских электрических сетях позволит повысить эксплуатационную надежность и сократит неоправданные материальные потери, связанные с выводом трансформаторов и оборудования трансформаторных подстанций, распределительных пунктов в длительный ремонт с большими трудовыми затратами.

Таким образом, приведенный метод раннего обнаружения дефектов поможет энергетическим службам решить многие практические задачи:

- силовые трансформаторы и электротехническое оборудование не выводить с эксплуатации, а обнаруживать скрытые невооруженному глазу дефекты температурных явлений и электроизоляции;
- возможно, осуществлять бесконтактные проверки состояния и нет необходимости в разборке;
- возможен контроль одновременно несколько узлов;

- высокая чувствительность и разреженность прибора позволяет распознать даже небольшую разницу в температуре и определить дефекты на ранней стадии развития;
- система контроля экономична и проводится по фактическому состоянию с учетом особенностей конструкций и режимов эксплуатации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Концепция развития электрических сетей. – Минск, 2001
2. Сердешнов А.П., Усов, Г.Г. Сушка твердой изоляции трансформаторов комбинированным методом // Энергообеспечение и энергосбережение в сельских хозяйствах. Труды 4-й Международной научно-технической конференции. М.: ВНИИЭСХ, 2004
3. Усов, Г.Г. Система эксплуатационного контроля и диагностики силовых масляных трансформаторов распределительной сети напряжением 10/0.4 кВ. // Перспективы и направления развития энергетики АПК. Материалы Международной научно-технической конференции. Минск, 2006

О НОРМИРОВАНИИ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ

Селицкая О.Ю., старший преподаватель

*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»
г. Минск, Республика Беларусь*

Проблеме энергосбережения, ее актуальности и государственной важности сейчас много уделяется внимания. Существует тесная взаимосвязь связь между энергообеспечением, богатством государства и благосостоянием народа. Это одна из важнейших проблем, решение которой остро стоит перед народным хозяйством, производством и научным сектором. Поэтому в Республике Беларусь энергосбережение поднято на уровень государственной политики.

Политика энергосбережения имеет большое значение для отраслей промышленности и предприятий АПК, которые имеют в своей основе теплотехнологию с большой энергоемкостью и низким уровнем полезного потребления топлива.

Основной стратегической задачей, стоящей перед нашим государством является поиск оптимальных технологических решений по применению и использованию качественного вида энергии (а именно с качеством потребляемой энергии связано понятие «Энергосбережение»), который позволит снизить топливную импортную составляющую в доле от общего уровня потребления топливно-энергетических ресурсов на бытовые и производственные нужды республики.

В этом аспекте рассматриваются пути как по использованию традиционных видов энергии, но с таким подходом, при котором необходимо использовать любую возможность замены дорогостоящего топлива альтернативными источниками энергии. При этом просчитываются как положительные (снижение затрат на закупку традиционных видов топлива), так и возможные отрицательные стороны (снижение производительности производства, поиск новых технологических решений, не затрагивающих больших капитальных затрат на переоснащение производства и т.д.).

Это все реально осуществить, если промышленный потенциал будет располагать специалистами высокого уровня подготовки, способными быстро ориентироваться к изменяющимся внешним и внутренним производственным условиям, а также адекватно понимать происходящие экономические преобразования. Ведь одним из сдерживающих факторов, которые не позволяют внедрять альтернативные способы получения энергии, это, как правило, во-первых, необходимость поиска дополнительных инвестиций на материально-техническое переоснащение производства; во-вторых, составление технико-экономического обоснование внедряемых энергосберегающих мероприятий и строгое соблюдение контроля и отчетности за их выполнением; в-третьих, что уже

указывалось выше, самое основное, это наличие специалистов, способных эффективно использовать альтернативные приемы по получению энергии. При этом по подсчетам специалистов было выявлено, что при разумном отношении к топливно-энергетическим ресурсам в нашей республике, можно снизить уровень ввозимого топлива приблизительно на 40%, а в сельском хозяйстве снизить энергетическую составляющую традиционно потребляемых видов топлива - до 50%.

Поэтому прямым и косвенным инструментом государственной политики энергосбережения является четкий механизм, определяющий нормирование расхода топлива и энергии для технологических процессов, установок, оборудования, работы электробытовых приборов, а также стандартизации энергопотребляющих продукции, работ и услуг.

В Национальной системе сертификации Республики Беларусь обеспечивается контроль соответствия энергопотребляющей продукции, в том числе энергосберегающей, работ и услуг, а также топливно-энергетических ресурсов требованиям эффективного энергопотребления, которое установлено нормативными актами.

Разработка норм расхода топлива и энергии должно осуществляться субъектами хозяйствования независимо от форм собственности с периодичностью один раз в три года, а также при изменении технологии, структуры и организации производства и совершенствовании методики нормирования расхода этих ресурсов. Утверждаются нормы для предприятий, учреждений и организаций соответствующими республиканскими органами государственного управления, объединениями, подчиненному правительству Республики Беларусь, местными исполнительными и распорядительными органами.

Для субъектов хозяйствования с суммарным годовым потреблением в объеме 1 тыс. т. у. т. и более и для котельных производительностью 0,5 Гкал в час и выше нормы согласовываются с Госкомэнергосбережением. Для иных субъектов хозяйствования нормы расхода топлива и энергии утверждаются Госкомэнергосбережением. Пересмотр норм производится ежегодно.

Согласно «Положению по нормированному расходу топлива, тепловой и электрической энергии в народном хозяйстве Республики», основная задача нормирования расхода топливно-энергетических ресурсов — обеспечить применение в производстве и при планировании технически и экономически обоснованных прогрессивных норм расхода топлива, тепловой и электрической энергии для рационального распределения энергоресурсов и наиболее эффективного их использования.

Под нормой расхода топливно-энергетических ресурсов понимается мера потребления этих ресурсов на единицу продукции (работы, услуги) определенного качества в планируемых условиях производства.

При этом нормы расхода топлива, тепловой и электрической энергии должны:

- разрабатываться на всех уровнях планирования по соответствующей номенклатуре продукции и видов работ на единой методической основе;
- учитывать условия производства, внедрение достижений научно-технического прогресса и мероприятий по энерго- и ресурсосбережению;
- способствовать максимальной мобилизации резервов экономии топлива, тепловой и электрической энергии, усилению заинтересованности трудовых коллективов в энерго- и ресурсосбережении;
- быть взаимосвязаны с другими показателями хозяйственной деятельности соответствующих уровней планирования (экономическими нормативами, контрольными цифрами, лимитами и др.);
- систематически пересматриваться с учетом планируемого развития и технического прогресса производства, изменения структуры производства, достигнутых наиболее экономических показателей использования ТЭР (отечественных и зарубежных).

Для комплексной оценки эффективности использования ТЭР наряду с нормами расхода топлива, тепловой и электрической энергии применяются прямые обобщенные и удельные энергозатраты.

Обобщение всех видов ТЭР может производиться в первичную энергию и в произведенную работу.

Прямые обобщенные энергозатраты (первичная энергия и произведенная работа) определяются на основе расходов топлива прямого использования тепловой и электрической энергии и соответствующих энергетических эквивалентов энергоресурсов.

Энергетические эквиваленты численно характеризуют первичную энергоёмкость и экономическую работоспособность энергоресурсов: первичная энергоёмкость используется для расчета первичной энергии, экономическая работоспособность – для расчета произведенной работы.

Для анализа эффективности энергоиспользования, выявления резервов экономии ТЭР кроме удельных и обобщенных показателей расхода ТЭР рекомендуется рассчитывать систему энергоэкономических показателей, позволяющих исследовать закономерности развития энергохозяйства предприятия во времени. К таким показателям относятся:

- прямые обобщенные затраты (количество топлива, поступившего на предприятие извне; количество электро- и теплотенергии полученные предприятием от энергосистемы; топливные эквиваленты электрической и тепловой энергии), ($А_{тэр}$, т.у.т.);
- энергоёмкость продукции, ($А_{п}$, т.у.т./е.и.п.);
- электроёмкость продукции, ($Э_{п}$, тыс. кВт. ч/е.и.п.);
- теплоёмкость продукции ($Q_{п}$, Гкал/е.и.п.);
- энерговооруженность труда ($А_{м}$, т.у.т./чел);
- электровооруженность труда ($Э_{м}$, тыс. кВт.ч/чел);
- электровооруженность труда по мощности ($Э_{р}$, тыс. кВт.ч/чел);
- коэффициент электрификации, ($Э_{э}$, тыс. кВт.ч/т.у.т.);
- теплоэлектрический коэффициент, ($Q_{э}$, Гкал/ тыс. кВт.ч/т.у.т.);
- электротопливный коэффициент ($Э_{в}$, тыс. кВт.ч/т.у.т.);

Нормативные показатели расхода устанавливаются по электрической энергии, по тепловой энергии, включая передаваемую потребителям посредством пара и горячей воды, по котельно-печному топливу: углю, торфу сланцам, дровам, мазутам, сырой нефти, природному, попутному, коксовому газу и т.д.

Для разработки норм расхода ТЭР могут использоваться методы:

- *расчетно-аналитический*. Предусматривает определение норм расхода расчетным путем по статьям расхода на основе прогрессивных показателей использования ТЭР в производстве или путем математического описания закономерности протекания процесса на основе учета нормообразующих факторов;
- *отчетно-статистический*. Предусматривает определение норм расхода на основе анализа статистических данных о фактических удельных расходах ТЭР и факторов, влияющих на их изменение, за ряд предшествующих лет;
- *расчетно-статистический*. Использует экономико-статистические модели в виде зависимости фактического удельного расхода энергоресурса от воздействующих факторов;
- *опытный*. Заключается в определении удельных затрат ТЭР по данным, полученным в результате испытаний (эксперимента).

При этом рекомендуется разумное сочетание вышеуказанных методов, что позволяет снизить трудоемкость и повысить достоверность энергетического нормирования. Для предприятий, не выпускающих продукции (работу, услуги), предусмотрено согласование предельных уровней потребления ТЭР.

Также, согласно «Положению по нормированию расхода топлива, тепловой и электрической энергии в народном хозяйстве Республики Беларусь» установлен порядок разработки мероприятий по энергосбережению, в частности плана организационно-технических мероприятий (ОТМ) по экономии ТЭР, который является важным направлением формирования нормативной базы планирования расхода ТЭР в производстве.

Работа по энергосбережению должна быть направлена на то, чтобы прирост потребности предприятия в ТЭР удовлетворялся в основном за счет экономии. Основными показателями эффективности использования ТЭР в результате внедрения мероприятий по энергосбережению является абсолютная и относительная их экономия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Государственный комитет по энергосбережению и энергетическому надзору Республики Беларусь. Положение по нормированию расхода топлива, тепловой и электрической энергии в народном хозяйстве Республики Беларусь – Мн.: 1997

УДК 621.3.072.2

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ЦЕЛЕСООБРАЗНОЙ СТЕПЕНИ КОМПЕНСАЦИИ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ ПРИ ОПЛАТЕ ПОТРЕБИТЕЛЕМ ЗА ГЕНЕРИРУЕМУЮ И ПОТРЕБЛЯЕМУЮ РЕАКТИВНУЮ МОЩНОСТЬ И ЭНЕРГИЮ

Зеленькевич А.И., ст. преподаватель

УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»

г. Минск, Республика Беларусь

В [1] была рассмотрена экономическая эффективность компенсации реактивной мощности (КРМ) при учете потребляемой и генерируемой реактивной мощности и энергии при

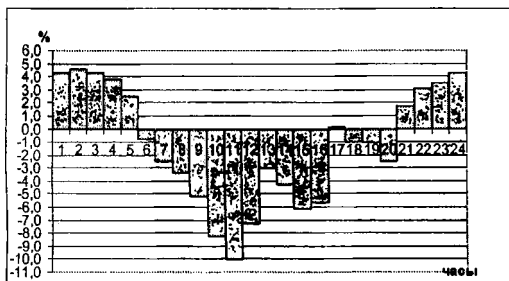


Рисунок 1 — Величина отклонения напряжения у потребителя (без КРМ при стабилизации напряжения на питающей ПС на уровне +5% и надбавке ПБВ трансформатора 10/0.4 кВ +2.5%)

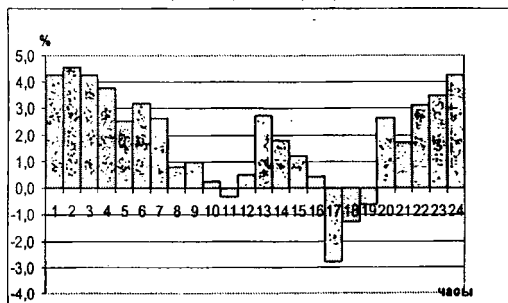


Рисунок 2 — Величина отклонения напряжения у потребителя (при КРМ со ступенями РКУ определенными по модифицированной методике)

различных способах расчета мощности ступеней автоматических конденсаторных установок (АКУ). Исследования показали, что применение методики расчета величины ступеней АКУ не учитывающие введение данных скидок и надбавок не позволяет эффективно использовать АКУ. Срок окупаемости капиталовложений в АКУ при выборе мощности ступеней по критерию минимума пере- и недокомпенсации реактивной мощности значительно превышает срок окупаемости при выборе мощности ступеней по критерию минимума оплаты за генерируемую и потребляемую реактивную мощность и энергию.

Расчеты проводились для схемы питания потребителя содержащей линию ВЛ 10кВ длиной 10 км и трансформатора мощностью 100 кВА со средней загрузкой 80%. Величина скидок и надбавок к плате за потребление и генерацию реактивной мощности и энергии потребителем без применения установки КРМ составила 128,1 тыс. руб. в сутки

Изменения потерь напряжения в сети 10 и 0,38 кВ без компенсации реактивной мощности при стабилизации напряжения на питающей подстанции на уровне +5% и оптимальной надбавке ПБВ трансформатора 10/0,4 кВ равной +2,5% представлены на рисунке 1.

Как видно из рисунка, в часы максимума нагрузок отклонение напряжения у потребителя выходит за допустимые пределы. Следовательно, необходимо принять меры по повышению уровня напряжения. Одним из способов уменьшения потерь напряжения в элементах электроустановок является компенсация реактивной мощности.

Величину ступеней РКУ определим по модифицированной методике, приведенной в [2]. За критерий оптимальности примем минимум оплаты за генерируемую и потребляемую реактивную мощность и энергию. Для этого в часы минимума нагрузок АКУ отключим полностью, не взирая на снижение $\cos \varphi$, а в часы максимума нагрузок — включим все ступени АКУ для того, чтобы генерировать в сеть максимум реактивной мощности. Влияние применения РКУ с параметрами, рассчитанными по модифицированной методике, на уровни напряжения в сети представлены на рисунке 2.

Как видно из рисунка, отклонение напряжения у потребителя не выходит за допустимые пределы.

Плата за потребление и генерацию реактивной мощности и энергии потребителем с применением установки по КРМ с параметрами определенными по минимуму оплаты составит -190 тыс. руб. в сутки, т.е. снижение платы за электроэнергию составит 318,1 тыс. руб/сут по сравнению с вариантом без компенсации.

Рассмотрим случай, когда у потребителя установлена РКУ с мощностью превышающей минимально-необходимую для компенсации реактивной мощности.

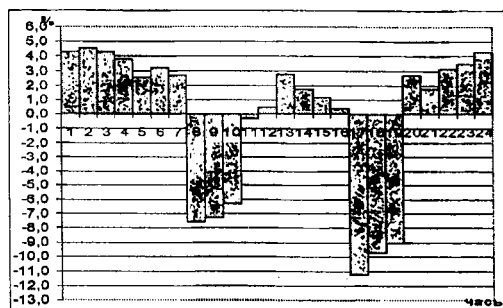


Рисунок 3 — Величина отклонения напряжения у потребителя (при компенсации реактивной мощности со ступенями РКУ превышающими минимально-необходимые для компенсации реактивной мощности)

В тоже время, как видно из рисунка 3, при перекомпенсации уровень напряжения в сети значительно увеличивается и отклонение напряжения у потребителя выходит за допустимые пределы. Избежать подобного можно введя в устройство управления РКУ функции предварительного определения уровня напряжения при включении следующей (большей) ступени конденсаторов. Пример реализации подобного запрета на включение рассмотрен в [3].

Влияние применения РКУ с параметрами, превышающими минимально-необходимые для компенсации реактивной мощности, на уровни напряжения в сети представлены на рисунке 3. Плата за потребление и генерацию реактивной мощности и энергии потребителем с применением установки по КРМ с параметрами, превышающими минимально-необходимые для компенсации реактивной мощности составит -533,4 тыс. руб/сут. Как показывает анализ при увеличении максимальной мощности РКУ до 200 квар, снижение платы за электроэнергию составит 343428 руб/сут, что составляет 30%.

Другим решением данной проблемы является использование в сетях трансформаторов 10/0,4 кВ с устройством РПН. Как показывают расчеты, при использовании РПН 10/0,4кВ отклонение напряжения у потребителя не выходит за допустимые пределы при увеличении мощности РКУ в 1,9-2,2 раза по сравнению с мощностью рассчитанной для полной компенсации реактивной мощности потребителя. При использовании для питания потребителей подстанций «глубокого ввода» (110/10кВ, 35/10кВ) появляется возможность еще большего

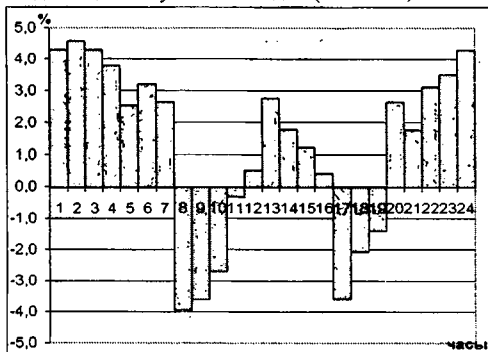


Рисунок 4 — Величина отклонения напряжения у потребителя (при КРМ со ступенями РКУ превышающими минимально-необходимые для КРМ) при использовании трансформаторов 35/10 кВ и 10/0,4 кВ с РПН

потребителя не выходит за допустимые пределы.

Плата за потребление и генерацию реактивной мощности и энергии потребителем с применением установки по КРМ с параметрами превышающими минимально-необходимые для компенсации реактивной мощности при использовании РПН 35/10кВ и РПН 10/0,4кВ составит -1220,3 тыс. руб./сут.

Скидка к тарифу на электроэнергию для данного потребителя составляет 1,22 млн. рублей за сутки, что составляет около 8-11% от всей суммы платежа за электроэнергию. Даже при существующем тарифе, установка дополнительной мощности РКУ целесообразна. Работа РКУ в таком режиме возможна при совместном управлении устройством РПН 35/10кВ, устройством РПН 10/0,4кВ и РКУ. Пример возможной реализации такого управления приведен в [4].

ВЫВОДЫ

1. При применении установки КРМ с параметрами превышающими минимально-необходимые для компенсации реактивной мощности, происходит дальнейшее значительное снижение платы за электроэнергию. В тоже время, при перекompенсации уровень напряжения в сети значительно увеличивается и отклонение напряжения у потребителя может выходить за допустимые пределы.

2. При перекompенсации ограничение величины отклонения напряжения у потребителя возможно либо при вводе в устройство управления РКУ функции предварительного определения уровня напряжения при включении следующей (большей) ступени конденсаторов, либо при использовании в сетях трансформаторов 10/0,4 кВ с устройством РПН.

3. При компенсации реактивной мощности со ступенями РКУ превышающими минимально-необходимые для компенсации реактивной мощности) и использовании трансформаторов 35/10 кВ и 10/0,4 кВ с РПН, даже при 4-х кратном увеличении мощности РКУ отклонение напряжения у потребителя не выходит за допустимые пределы. Скидка к тарифу на электроэнергию для потребителя составляет около 8-11% от всей суммы платежа за электроэнергию.

4. Установка подобных РКУ с завышенной мощностью и трансформаторов 10/0,4 с РПН (типа ТМН (РФ), ТЕТ (Чехия) и др.) позволит сократить дефицит реактивной мощности в энергосистеме, снизить потери электроэнергии в электрических сетях потребителей, разгрузить питающие сети от передачи реактивной мощности, увеличив тем самым их пропускную способность.

ЛИТЕРАТУРА

1. Счастный В.П., Зеленкевич А.И. Особенности компенсации реактивной мощности при различных способах учета электроэнергии // Энергосбережение – важнейшее условие инновационного развития АПК: материалы международной научно-технической конференции, Минск, 2009 г. / УО "БГАТУ". – Минск, 2009. – С.55–58.

2. Зеленкевич, А.И. Влияние различных способов компенсации реактивной мощности у потребителя на режим напряжения // Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве: материалы 7 международной научно-технической конференции, РФ, Москва / ВИЭСХ. – Москва, 2010.

3. Устройство для управления оборудованием двухтрансформаторной подстанции: пат. 5573 Респ. Беларусь, МПК7Н 02J 3/18, Н 02Н 3/20, G 05B 13/02, G 05F 1/70 / В.П. Счастный, А.И. Зеленкевич; заявитель УО "БГАТУ" - № и 20090181; заявл. 2009.03.10; опубл. 2009.10.30 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2009. – № 2.

4. Устройство для управления оборудованием потребительской трансформаторной подстанции: пат. 4613 Респ. Беларусь, МПК7 Н 02J 3/18, Н 01F 21/00, G 05B 13/02 / В.П. Счастный, А.И. Зеленкевич; заявитель УО "БГАТУ" - № и 20080011; заявл. 2008.01.14; опубл. 2008.08.30 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2008. – № 2.

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ УСТРОЙСТВ КОМПЕНСАЦИИ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Кулаковский Д.А., Зеленкевич А.И., ст. преподаватель, Журко В.С., Зеньков А.Б.
*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»
г. Минск, Республика Беларусь*

Повышение качества электрической энергии является важным вопросом в улучшении показателей электроснабжения потребителей. Существует много способов повышения качества электрической энергии, но один из более перспективных – это применение устройств компенсации реактивной мощности. Необходимость компенсации реактивной мощности заключается в низких коэффициентах мощности $\cos \varphi = 0,7 \dots 0,8$; потерях электроэнергии и потерях напряжения; уменьшении пропускной способности линий электропередач и трансформаторов.

В настоящее время в сельском хозяйстве значительно возрастает количество однофазных электроприемников и распределение их по фазам питающих сетей производится неравномерно, поэтому возникает перегрузка или недогрузка фаз. Вследствие этого возникает значительная несимметрия напряжений, вызывающая дополнительные потери мощности и электроэнергии.

Пути решения данной проблемы в электрических сетях сельскохозяйственного назначения является проведение организационных (выравнивание нагрузок по фазам) и технических (применение однофазных конденсаторов и батарей статических конденсаторов для компенсации реактивной мощности) мероприятий.

В БГАТУ разработано устройство для симметрирования и компенсации реактивной мощности [1], состоящее из трех трехфазных батарей конденсаторов с соединением конденсаторов каждой батареи в треугольник и системы выключателей для изменения ступеней компенсации реактивной мощности.

На рисунке 1 представлена принципиальная схема предлагаемого устройства для симметрирования и компенсации реактивной мощности.

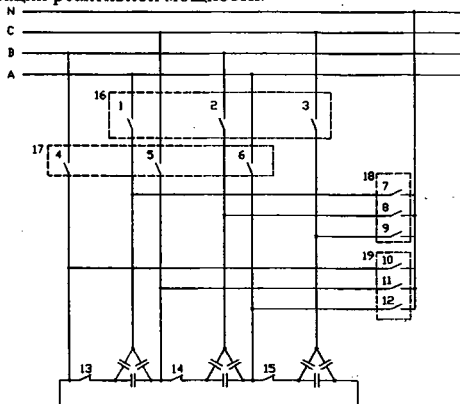


Рисунок 1. Принципиальная схема устройства для симметрирования и компенсации реактивной мощности

Устройство содержит первый трехфазный выключатель 17 с пофазным независимым управлением с контактами 4, 5, 6, второй трехфазный выключатель 16 с пофазным независимым управлением с контактами 1, 2, 3, третий трехфазный выключатель 19 с пофазным независимым управлением с контактами 10, 11, 12, дополнительный четвертый трехфазный выключатель 18 с пофазным независимым управлением с контактами 7, 8, 9 и нормально замкнутые однополюсные выключатели 13, 14, 15.

Устройство для симметрирования и компенсации реактивной мощности работает следующим образом. Трехфазные батареи конденсаторов через контакты выключателей 1, 2, 3, 4, 5, 6 могут быть подключены к фазам, а через контакты выключателей 7, 8, 9, 10, 11, 12 к нулевому проводу четырехпроводной сети электросети напряжением до 1000 В, причем обмотки питающего сеть трансформатора соединены по схеме Y/Y_n . При симметричной нагрузке сети устройство обеспечит семь ступеней симметричного регулирования реактивной мощности.

В случае неравномерной или неоднородной (активной и индуктивной или емкостной) нагрузки электросети произойдет смещение нейтральной нагрузки, направление и величина которого зависит от отношения нагрузок каждой из фаз.

Использование предложенного устройства для симметрирования и компенсации реактивной мощности позволяет увеличить количество ступеней компенсации реактивной мощности.

При этом повышается эффективность использования батарей статических конденсаторов и происходит выравнивание напряжения в сети (напряжения обратной и нулевой последовательности снижаются).

Использование данного устройства позволяет значительно расширить диапазон компенсации реактивной мощности и тем самым повысить качество электроэнергии в сетях сельскохозяйственного назначения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Устройство для симметрирования и компенсации реактивной мощности: пат. 6471 Республика Беларусь, МПК Н 02J 3/18 / А.И. Зеленкевич, Е.В. Михайлова; заявитель УО БГАТУ - № 20091034/09; заявл. 12.07.2009; опубл. 30.08.2010.

471

УДК 621.316.925.1
РАЗРАБОТКА МИКРОПРОЦЕССОРНОГО ТЕРМИНАЛА ОСНОВНОЙ ЗАЩИТЫ
ПОНИЖАЮЩЕГО ТРАНСФОРМАТОРА

Ломан М.С., м.т.н.

Современные защиты выполняются на базе средств микропроцессорной техники, которые имеют следующие преимущества перед устаревшей электромеханической базой:

1. Высокая точность измерений, большая чувствительность.
2. Наличие системы фиксации нормальных и аварийных событий, осциллографирование.
3. Устройство микропроцессорной защиты может быть использовано для дистанционного контроля и управления защищаемым объектом.
4. Высокая надежность работы за счет системы непрерывной программной и аппаратной самодиагностики, высокой ремонтопригодности.

В настоящее время в белорусской энергосистеме применяются микропроцессорные защиты трансформаторов зарубежных фирм (ABB, Acreva, Siemens). Для защиты понижающих трансформаторов данные устройства имеют избыточные функции, что негативно сказывается на стоимости как за счет программной так и аппаратной составляющих.

Ряд специалистов [1, 2] отмечают следующие недостатки зарубежных терминалов:

1. Неоправданная техническая и информационная избыточность, большой объем технических описаний (от 600 до 1500 страниц), что повышает вероятность ошибок, связанных с человеческим фактором и требует для работы с терминалом специалистов высокой квалификации.
2. Некачественный перевод на русский язык технических описаний и интерфейса устройств.
3. Сложные и неясные методики выбора уставок.

Важной задачей для белорусской энергетики является организация производства импортозамещающей продукции, ориентированной на потребности внутреннего рынка. Разработка недорогой микропроцессорной защиты понижающих трансформаторов позволит решить следующие задачи:

1. Сохранить преемственность традиций отечественной релейной защиты. Создать устройство с минимумом необходимых настроек, что уменьшит вероятность ошибок, связанных с человеческим фактором.
2. Традиционная логика выполнения системы РЗА, русскоязычные интерфейс и руководство по эксплуатации, созданные с учетом принятых в белорусской энергетике терминов позволят свести к минимуму затраты на обучение и подготовку персонала.
3. Отечественные микропроцессорные защиты позволят экономить финансовые ресурсы (в том числе валютные) как за счёт разницы в стоимости с аналогами, так и сохранять деньги внутри страны в виде налоговых выплат и заработной платы.

В 2010-м году РУП «Белэлектромонтажналадка» освоил выпуск микропроцессорного терминала защиты понижающего трансформатора МР801. Разработка устройства МР801 прошла ряд этапов:

1. Подготовительный этап:
 - разработка технического задания,
 - разработка алгоритмов функционирования защит;
 - разработка конструкторской документации на аппаратную часть макетного образца.
2. Этап разработки программного обеспечения.
3. Этап отладки технических решений и испытаний макетного образца:
 - лабораторные испытания, отладка и корректировка алгоритмов;

- испытания по электромагнитной совместимости, корректировка аппаратной части с целью улучшения помехозащищенности;

- комплексные лабораторные испытания.

4. Этап натурных испытаний:

- разработка методики выбора уставок;

- подготовка и проведение натурных испытаний;

- анализ результатов натурных испытаний и проведение лабораторных экспериментов на основании полученных осциллограмм.

5. Этап внедрения:

- выпуск опытной партии;

- опытная эксплуатация в режиме действия на «сигнал»;

- модернизация устройства по результатам эксплуатации.

Цель подготовительного этапа – принять стратегические решения, определить область применения, набор функций создаваемого устройства и средства реализации (алгоритмы и аппаратное исполнение). Решения принятые на данном этапе во многом определяют дальнейшую «судьбу» разрабатываемого объекта.

В 2007 году на подготовительном этапе в тесном сотрудничестве с проектным и наладочным подразделениями РУП «Белэлектромонтажналадка», а также рядом эксплуатирующих РЗА служб были решены следующие важные задачи:

- выбрана область применения – двух- и трехобмоточные понижающие трансформаторы тупиковых подстанций 110 кВ.

- набор функций должен включать дифференциальные токовые ступени с торможением и без торможения (дифотсечка), 6 максимальных токовых ступени для резервной защиты, внешней защиты для контроля состояния трансформатора;

- в первом приближении выбрана реализация алгоритма в 10-миллисекундном цикле, что с учетом необходимого быстродействия дифзащиты в 50 мс требовало проверки и уточнения;

- выбран алгоритм отстройки от бросков тока намагничивания по второй гармонике дифференциального тока. Для расчета основной и высших гармоник был выбран алгоритм Гертцеля (частный случай быстрого преобразования Фурье). Алгоритм позволяет за 20-30 мс в 10-миллисекундном цикле рассчитать действующее значение основной гармоники;

- для отстройки от ложной работы при насыщении трансформаторов тока (ТТ) рассматривались два алгоритма обнаружения режима насыщения: по разновременности нарастания тормозного и дифференциального тока, а также по повышению содержания 2-й гармоники. Для реализации в МР801 как более оптимальный для скорости работы программы был выбран алгоритм по 2-й гармонике. Правильность данного решения необходимо было подтвердить лабораторными и натурными испытаниями;

- выбран алгоритм приведения токов по фазе. При группах соединения Yy приведение осуществляется перестановкой фаз и изменением знака. При группах соединения Yd – преобразованием звезды в треугольник, перестановкой фаз и изменением знака.

Этап разработки программного обеспечения решает задачу оптимальной реализации выбранных алгоритмов, обеспечения выполнения всего комплекса функций защит, регистрации, контроля, самодиагностики и связи.

Наиболее кропотливый и трудоемкий, требующий внимательности и большого объема рутинных операций – этап отладки и испытаний. Главная цель данного этапа проверить правильность функционирования устройства в различных комбинациях режимов при различных конфигурациях устройства.

Для проведения проверок использовался программно-аппаратный испытательный комплекс Omicron CMC 356, имеющий программы автоматизированных проверок дифференциальных защит трансформатора.

На этом этапе был скорректирован ввод уставок дифференциальной ступени, увеличено число токовых ступеней, реализован алгоритм перестройки измерений при изменении частоты. Был проведен комплекс проверок алгоритмов торможения и времени срабатывания дифзащиты сквозными токами в режимах одно-, двух-, трехфазных коротких замыканий, в режиме включения трансформатора на холостой ход, проверен режим торможения 5-й гармоники для различных групп соединения силового трансформатора. Собственное время работы дифзащиты с торможением составило 35-50 мс, дифотсечки без торможения 25-40 мс.

При проведении испытаний выяснилось, что при коммутации выходными реле МР801 индуктивной нагрузки на постоянном токе возникают помехи, приводящие к нарушению связи головного процессора с периферийными (аналоговыми, дискретными и релейными) модулями. В результате аппаратной доработки удалось решить данную проблему.

4-й этап разработки «проведение натурных испытаний» преследовал следующие цели:

- разработать методику расчета уставок дифзащиты и удостовериться в её пригодности к применению;
- убедиться в отсутствии ложной работы дифзащиты при включении трансформатора на холостой ход, а также при внешних коротких замыканиях с насыщением трансформаторов тока;
- проанализировать работу блокировок дифференциальной защиты от броска тока намагничивания и при насыщении трансформаторов тока;
- преодолеть психологическое сопротивление эксплуатирующего персонала к применению нового устройства.

Натурные испытания устройства дифференциальной защиты трансформатора МР801 прошли 6-7 июля 2010 года на ПС 110/10 «Синявка» филиала «Столбцовские электрические сети» РУП «Минскэнерго». Результаты испытаний устройства МР801 показали, что оно надежно блокируется при бросках тока намагничивания и при сквозных КЗ, четко срабатывает при внутренних повреждениях и не срабатывает из-за насыщения ТТ, установленных по низкой стороне силового трансформатора. Алгоритмы блокировки (по 2-й гармонике) дифференциальной защиты в режимах включения трансформатора на холостой ход и внешних КЗ с насыщением ТТ показали свою жизнеспособность, предотвратив ложную работу защиты.

Этап опытной эксплуатации позволяет на длительном промежутке времени и в реальных условиях убедиться в правильности выбранных технических решений. С 2010 года на предприятиях белорусской энергосистемы введено в эксплуатацию 20 устройств МР801. На данный момент нет сведений о ложной или неправильной работе устройств, в тоже время есть информация об отключении КЗ устройством МР801 на ошиновке трансформатора 25 МВА на подстанции 110 кВ «Заднепровская» (г. Могилев).

МР801 имеет весь необходимый набор функций для реализации основной и резервной защиты и автоматики понижающего трансформатора. Стоимость МР801 в два и более раз ниже аналогов. МР801 показала правильную работу при натурных испытаниях и теперь, после года эксплуатации, можно смело сказать, что терминал основной защиты понижающего трансформатора МР801 является успешной импортозамещающей разработкой.

ЛИТЕРАТУРА

1. Беляев А. Цифровые терминалы РЗА. Опыт адаптации к российским условиям / А. Беляев, В. Широков, А. Емельянец // Новости Электротехники. – 2007. - №1(43).
2. Емельянец А. Семинар актуальные проблемы РЗА и АСУ Э / А. Емельянец // Новости электротехники. – 2008. - №3(51).

УДК 620.9
ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ НА БАЗЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

Карпович А.М.

*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»
г. Минск, Республика Беларусь*

Объективность современных экономических условий как в Республике Беларусь, так и за ее пределами ставит на первое место рентабельность промышленного и сельскохозяйственного производства.

Агропромышленный комплекс (АПК) в Беларуси является производством с высоким потреблением энергии. Использование на большинство объектов сельского хозяйства устаревшего оборудования еще больше поднимает вопрос экономической эффективности производства.

Повышение экономической рентабельности производства свинины и говядины в стране идет по нескольким направлениям:

1. Повышение плодovitости и среднесуточных привесов.
2. Увеличение доли энергосберегающих технологий на предприятиях.
3. Разведение высокопродуктивных пород сельскохозяйственных животных.

В текущее время основным зарубежным потребителем мясомолочной продукции агропромышленного комплекса является Россия и страны СНГ.

Рынок Евросоюза и стран дальнего зарубежья закрыт для крупных поставок мясомолочной продукции на рынки данных стран. Основными причинами данной ситуации является тот момент, что внутренний рынок Евросоюза образован крупными сельскохозяйственными корпорациями, субсидируемыми и поддерживаемыми государствами. Небольшие объемы продукции не оказывают влияния на внутренний рынок стран Евросоюза и не приносят постоянного дохода предприятиям АПК.

К неэкономическим причинам, осложняющим сбыт продукции, являются затраты энергии на производство продукции. Например, для получения 1000 яиц затрачивается: корма – от 4,9 до 6,6 ц.к.ед., воды – 0,3-2,6 м³, электроэнергии – 8,4 – 14 кВт/ч.

Процесс выращивания цыплят – бройлеров сопровождается затратами таких видов энергии как тепло и электричество. Продолжительность оптимального светового дня при выращивании цыплят – бройлеров кросса «Росс» составляет от 23 часов, кросса «Кобб» – от 12 до 23 часов в различные периоды жизни бройлера.

Особые требования предъявляются к температурному режиму. Нарушение температурного режима повышает себестоимость продукции на 15-20% (снижение прироста, низкая сохранность птицы). Сложные температурные условия Беларуси также не способствуют снижению затрат.

Все это оказывает влияние на рентабельность производства в производственной отрасли сельского хозяйства.

Энергосбережение на большинстве предприятий АПК осуществляется в направлении уменьшения энергопотребления технологического оборудования. Проводится замена на устаревшего оборудования на более, которое потребляет меньше энергии и имеет больший коэффициентом полезного действия.

Однако, у данного пути есть существенный недостаток. Снижение энергопотребления не может идти бесконечно. Наступает момент минимального потребления энергии, ниже которого нельзя опуститься т.к. это приведет к снижению качественных и количественных показателей производства. Колебания напряжения в электрических сетях (обрывы на линиях электропередачи, скачки напряжения при грозовых разрядах) также не способствуют эффективной работе предприятий.

Альтернативным путем решения проблемы энергосбережения является создание на базе предприятия АПК энергетически независимой структуры.

Рассмотрим структуру затрат предприятия на выработку сельскохозяйственной продукции на вышеупомянутом примере. Потребление воды на большинстве предприятий осуществляется из артезианских источников. Следовательно, по данному показателю предприятие является независимым. Снабжение кормами может осуществляться как внутри хозяйства, так и путем приобретения из внешних организаций. Данная статья может быть менее затратной в том случае, когда в субъекте хозяйствования будет организовано изготовление комбинированных кормов.

Остаются две статьи, которые являются взаимосвязанными. Производство тепла требует затрат энергии в виде электричества (ТЭНы, электронагреватели) либо сжигания разнообразных видов углеродного топлива в котельных хозяйства (мазут, дрова, газ и т.д.).

Сбережение энергии в данных статьях на территории Беларуси наиболее актуально за счет использования установок по выпуску биогаза. Выращивание всех видов сельскохозяйственной продукции сопровождается большим выделением отходов.

В зависимости от вида выпускаемой продукции величина ежесуточных отходов может достигать до 26 кг. В большинстве своем отходы вывозятся на поля сельского хозяйства в качестве удобрений либо же просто складируются в специально отведенных местах. Место складирования является источником неприятного запаха, источником потенциального загрязнения почвенных и подземных вод. Попадание органических отходов в поверхностные воды приводит к угнетению всех животных организмов.

Включение в производственное предприятие установок по производству биогаза является оптимальным решением как экономических, так и экологических проблем.

Практически это выглядит так. Производственное предприятие зачастую, в связи со своей спецификой, размещено на некотором удалении от жилых построек. Рядом с предприятием находится некоторое количество свободных земель, которые не используются в рациональной деятельности.

Установка по производству биогаза размещается на небольшом удалении от точки выхода отходов из предприятия. Оптимальным видом, с точки зрения автора, является прямоугольный тип. Преимуществом данного вида является то, что его размеры позволяют поместить установку на минимальном расстоянии от здания и даже совместить точку выгрузки отходов из предприятия и точку загрузки, что позволяет исключить процесс перевозки отходов. Заглубление емкостей в землю снижает температурные колебания на внешней поверхности установки и снижает потери энергии во внешнюю среду.

Полученные отходы загружаются в установку где и проходит процесс выделения биогаза. Количество полученного газа может значительно колебаться от исходного сырья (таблица 1.).

Таблица 1. Выход метана(биогаза)при метановом сбраживании сельскохозяйственных отходов

Тип сырья	Выход газа, м ³ на тонну сырья
Навоз коровий	38-52
Навоз свиной	52-88
Помет птичий	47-94
Силос, ботва, трава	200-400
Молочная сыворотка	50-80

Полученный газ используется для выработки электроэнергии и тепла. Годовая потребность в биогазе для обогрева жилого дома - 47 м³ на 1 м² жилой площади, суточное потребление при подогреве воды для 100 голов крупного рогатого скота - 5-6 м³. Потребление биогаза при сушке сена (1 т) влажностью 40 % равно 100 м³, 1 т зерна - 15 м³, для получения 1 кВт.ч электроэнергии - до 1 м³.

Замкнутая система отопления внутренних помещений предприятия прямым током теплоносителя (горячей воды) и возвратный ток через емкость позволит совместить процесс

отопления помещений и прогрева смеси. Процесс метанового брожения требует поддержания температуры смеси от 38 до 42 °С, что позволяет использовать возвратный ток воды от системы отопления.

Использование установок по получению биогаза в других странах показали, что установка затрачивает на полное обеспечение внутренних потребностей предприятия по теплу и электроэнергии лишь 34 % полученной энергии.

В результате получения биогаза остаются твердые отходы, которые являются ценным удобрением. Процессе получения биогаза сопровождается увеличением содержания азота $\text{NH}_4\text{-N}$ в 10-15 %. Полученные удобрения имеют ряд преимуществ перед минеральными удобрениями и простым вывозом отходов на поля. В 1 тонне свежего навоза КРС содержится до 10 тыс. семян сорняков, которые сохраняют способность к прорастанию, после прохождения желудка животного. После биогазовой установки 99% семян теряют всхожесть.

В навозе могут содержаться опасные для животных и человека болезни: сальмонеллез, аскаридоз, кишечные инфекции. Удобрения, благодаря специальной технологии переработки в установке, полностью лишены патогенной микрофлоры.

Высокий уровень гумификации органического вещества служит мощным толчком для активации грунтовых микроорганизмов. Азотфиксирующие и другие микробиологические процессы происходят намного быстрее.

За сезон из почвы вымывается около 80% минеральных удобрений, потому их приходится ежегодно добавлять в огромных количествах. За это же время из почвы вымывается всего до 15% удобрений. Внесенные удобрения будут работать на 3-5 лет дольше, чем обычные.

Все выше сказанное позволяет заключить, что использование биогаза позволяет значительно повысить экономическую эффективность

ЛИТЕРАТУРА

- 1.Бойлс Д. Биоэнергетика: технологии, термодинамика, издержки / Пер.с англ. М.Ф.Пушкарёв; под ред. Е.А.Бироковой.-М.: Агропромиздат, 1987.-152 с.
2. Биогазовые установки: практическое пособие / Хайнц Шульц, Барбара Эдер. – 2006.
3. Шишкин Н.А. Малые энергоэкономические комплексы и возобновляемые источники энергии, М, Готика, 2000 г.

УДК 631.371

О СТРУКТУРЕ ЭЛЕКТРОПРИЕМНИКОВ МОЛОЧНО-ТОВАРНЫХ ФЕРМ

Янукович Г.И., канд. техн. наук, профессор, Влашевич Е.В., аспирант, Збрадыга В.М., канд. техн. наук, доц., Королевич Н.Г., канд. экон. наук, доц.

УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»

г. Минск, Республика Беларусь

В Республике Беларусь в настоящее время насчитывается тысячи молочно-товарных ферм (МТФ) крупного рогатого скота (КРС). Только в Минской области их имеется порядка 1170. Наиболее распространенными являются комплексы на 200 и 400 голов. Нами проведен анализ электропотребления МТФ Слуцкого района как привязного так и беспривязного содержания. Как показали исследования, наиболее энергозатратными являются фермы на 400 голов с привязным содержанием животных. Наиболее энергозатратным процессом как при привязном так и при беспривязном содержании скота является доение и охлаждение молока. При привязном содержании коров на навозоудаление расходуется около 25 % всей потребляемой электроэнергии.

Характер и объем электропотребления на МТФ зависит от количества и типа электроприемников. Мы проанализировали ряд ферм с привязным содержанием коров в Слуцком районе. В качестве примера приведем структуру электроприемников МТФ на 400 голов н. п. Весея Суцкого района с привязным содержанием животных. На ферме имеется три холо-

дильника, мощность электродвигателей которых составляет 21,6 кВт, две доильных установки «Весёлая» мощностью по 30 кВт каждая. На молочных насосах установлены три электродвигателя по 0,75 кВт и имеются четыре вакуумные насосы по 4 кВт каждый. Установленная мощность электродвигателей на процессе навозоудаления составляет 30,6 кВт (3 электродвигателя по 2,2 кВт и 6 электродвигателей по 4 кВт). Общая мощность силовой нагрузки составляет 114,45 кВт.

Освещение МТФ выполнено лампами накаливания и люминесцентными лампами. На ферме установлено 100 штук ламп накаливания мощностью по 75 Вт и 50 штук люминесцентных ламп мощностью по 36 Вт. Общая мощность осветительной нагрузки составляет 9,3 кВт.

Таким образом, общая установленная мощность всех электроприемников фермы составляет 123,75 кВт. Силовая нагрузка составляет 92,5 %, осветительная – 7,5 %. Нагрузка люминесцентных ламп равна 1,8 кВт, что составляет около 1,5 % от общей нагрузки фермы.

По данному анализу можно сделать вывод, что на данной ферме преобладает трехфазная нагрузка. Она на несимметрию напряжения не влияет. Несинусоидальность напряжения также будет в норме, так как мощность люминесцентных ламп очень малая.

Сравнив реальную нагрузку фермы КРС на 400 голов и. п. Весея с расчетной по РУМ № 11 за 1981 год видим, что нагрузка в два раза превышает рекомендованную руководящими материалами по проектированию электроснабжения сельского хозяйства.

В дальнейшем предполагается обследовать большее количество МТФ различных регионов республики, оценить их нагрузку и соответствие проектным нормам, сравнить нагрузку с установленной мощностью силовых трансформаторов и сделать вывод о соответствии мощности трансформаторов установленной мощности потребителей молочно-товарных ферм. Обследовав структуру и характер нагрузки, можно будет судить о влиянии электрической нагрузки молочно-товарных ферм крупного рогатого скота на качество электрической энергии в сельских электрических сетях.

УДК 519.248

НИЖНЯЯ ГРАНИЦА НАДЕЖНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ СИСТЕМЫ С УЧЕТОМ ВЛИЯНИЯ НА НЕЕ ЧЕЛОВЕКА

Гущинский А.Г., канд. техн. наук, доцент, Гальченко М.И.

*Санкт-Петербургский Государственный Аграрный Университет
Санкт-Петербург, РФ*

Анализ надежности распределенной системы не может проводиться без учета того вклада, который вносит в нее человек. Актуальность анализа надежности распределенных систем возрастает в силу активного продвижения на рынок источников возобновляемой энергии. Установка таких устройств в сельской местности приведет к необходимости обслуживания и оперирования персоналом, подготовка которого может быть достаточно низкой. В связи с этим появляется необходимость анализа надежности систем такого рода в условиях возможности совершения ошибки человеком.

Для оценки возможности совершения ошибки человеком в заданных условиях нами был предложен подход, заключающийся в попарном сравнении важности негативно воздействующих факторов для выявления их относительных весов [1]. Всего было предложено использовать 29 негативно воздействующих на специалиста, обслуживающего энергетическое оборудование, факторов, которые относятся к шести группам: психологические, социальные, внешние производственные, физиологические, состояние оборудования, квалификация.

При обработке результатов опроса, с использованием метода SAM [2], с использованием расстояния между треугольными нечеткими числами, вычисляемого по формулам (1) - (3) было выявлено, что наибольшими весами обладают группы негативно воздействующих факторов: квалификационные, психологические и состояние оборудования.

$$s(\tilde{R}_i, \tilde{R}_j) = \frac{\tilde{R}_i}{\tilde{R}_j} \quad (1)$$

$$Val(S) = \frac{(5 + 4 \cdot 5 + 5)}{\epsilon} \quad (2)$$

$$D = \begin{cases} Val(S), Val(S) \leq 1; \\ \frac{1}{Val(S)}, Val(S) > 1. \end{cases} \quad (3)$$

Прямая и косвенная оценка весов, проводимая с целью верификации данных, предоставляемых экспертами, выявила лишь небольшие отклонения в относительных весах при сохранении общей качественной картины: группы расслаиваются на две части, в первую из них входят факторы квалификации, психологии и состояния оборудования, во вторую — социальные, физиологические и отражающие воздействие внешних факторов производства (шум, плохое освещение и т. п.)

В соответствии с полученными результатами можно сделать вывод о внутренней непротиворечивости собранных данных и возможности дальнейшего оперирования ими в рамках построения собственной модели надежности человека.

При переходе на нижний уровень иерархии — самим негативно воздействующим факторам наблюдается расслоение в группах экспертов, объясняемое, в первую очередь, различиями в обслуживаемом оборудовании и месте его установки, что учитывается в новой версии опросного листа. Однако, полученный выше результат дает возможность проводить дальнейший анализ данных. После ранжировки и вычисления квартилей оказалось, что к верхней квартили факторов относятся исключительно представители двух групп: психологической и квалификационной (табл. 1). Именно эти факторы будут иметь наибольший вес при построении модели на основе предлагаемого опроса.

Табл. 1: Верхняя квартиль негативно воздействующих факторов

Группа	Фактор	Вес
Квалификация	Малый стаж работы	3,00
Психологические	Невнимательность	2,92
Квалификация	Плохо образован	2,86
Психологические	Недобросовестность	2,84
Квалификация	Отсутствие допуска	2,71
Психологические	Плохое эмоциональное состояние	2,51
Психологические	Плохая обучаемость	2,32
Психологические	Неподходящий темперамент	2,30

Для проверки валидности собранных в ходе экспертного опроса данных (внешняя непротиворечивость) был выбран метод триангуляции моделей, в силу недоступности статистики по ошибкам персонала и невозможности проведения эксперимента. В качестве базовой модели для сравнения была выбрана модель, предложенная Руу Рекка [3], которую далее будем называть «модель VTT». В этой модели вероятность ошибки человека вычисляется по формуле, имеющей пять входных параметров (4).

$$P = \frac{e^{2.67 - 0.057 \cdot C_1 - 0.44 \cdot C_2 - 0.61 \cdot C_3 - 0.30 \cdot C_4 - 0.16 \cdot C_5}}{1 + e^{2.67 - 0.057 \cdot C_1 - 0.44 \cdot C_2 - 0.61 \cdot C_3 - 0.30 \cdot C_4 - 0.16 \cdot C_5}} \quad (4)$$

Параметры C_1 – C_5 принадлежат интервалу $[0,4]$ (оценка 0 соответствует терму «плохо», 4 – «отлично»), величина их определяется с помощью метода экспертных оценок. Смысл параметров определяется следующим образом:

- C_1 — выделенное на совершение операции время,
- C_3 — тренированность, квалификация,
- C_4 — наличие описания операции, его качество,

C_5 - качество интерфейса человек-машина,

C_6 — способность оператора к принятию решений, культура безопасности.

Можно предположить, что оцениваемые нами параметры и аналогичные параметры модели ВТТ должны иметь веса, отличающиеся разве что масштабом. При установке соответствия параметров двух моделей отбирались те из них, которые имели наиболее близкое смысловое значение.

для оценки вероятности ошибки обслуживающего персонала может быть применена модель, построенная на основе логистической функции с параметрами:

w_1 — выраженность медлительности,

w_3 — уровень квалификации персонала,

w_4 — оценка сложности оборудования,

w_5 — оценка состояния оборудования,

w_6 — степень выраженности негативных психологических факторов.

$$p = \frac{e^{2.67 - 0.29 \cdot w_1 - 0.48 \cdot w_3 - 0.33 \cdot w_4 - 0.36 \cdot w_5 - 0.40 \cdot w_6}}{1 + e^{2.67 - 0.29 \cdot w_1 - 0.48 \cdot w_3 - 0.33 \cdot w_4 - 0.36 \cdot w_5 - 0.40 \cdot w_6}} \quad (5)$$

Преимущества применения такой формы модели очевидны: в условиях сельских территорий РФ такие параметры исходной модели как тренированность персонала, описания процедур будут оцениваться нулевым значением, что приведет к существенным отклонениям модели от реальных значений. Модель содержит основные, с точки зрения наших результатов, группы факторов, однако, данный уровень детализации — уровень групп может оказаться недостаточным при оценке возможности ошибки в реальных ситуациях.

Сделаем следующие предположения:

1. Надежность системы определяется надежностью человека.

2. Оборудование системы единообразно с точки зрения сложности и состояния, либо состояние его оценивается по наихудшему.

Выведенные предположения позволяют оценить нижнюю границу надежности системы, представив ее в виде графа с ненадежными узлами, исходя из следующих, достаточно общих, параметров: реберная связность, надежность узла, максимальная степень вершины и количество вершин [4].

Мы варьировали следующие параметры, относящиеся к человеку и сложности системы: уровень квалификации персонала (w_3) и степень выраженности негативных психологических факторов (w_6), все остальные оцениваются на отлично; реберная связность и максимальная степень вершины. Моделирование проводилось для системы с 30, 50 и 100 вершинами. Результаты моделирования позволяют сделать следующие заключения в рамках сделанных предположений:

1. При малых значениях (до 3) параметра «реберная связность» приемлемый уровень нижней границы надежности (больше 60%) достигается разве что при оцениваемой на «хорошо» квалификации персонала и слабой выраженности негативных психологических факторов.

2. При больших значениях параметра «реберная связность» обеспечивается бесперебойная работа системы даже при плохом качестве подготовки персонала и его не вполне удовлетворительных психологических характеристиках.

3. При росте количества узлов, то есть, при усложнении системы наблюдается рост опасной зоны, то есть зоны, в которой надежность не обеспечивается дублированием связей. Соответственно, при усложнении системы необходимо более тщательно относиться к психологическим особенностям (особенно к таким параметрам как недобросовестность, невнимательность, плохая обучаемость и плохое эмоциональное состояние) и квалификации (малый стаж работы, плохое образование).

ЛИТЕРАТУРА

1. А.Г. Гушинский, Н.И. Рузанова, М.И. Гальченко, Многокритериальная оптимизация процессов в системах обслуживания энергетического оборудования // Известия СПбГАУ, 19, 2010, 360-364

2. Hsi-Mei Hsu, Chen-Tung Chen, Aggregation of fuzzy opinions under group decision making // Fuzzy Sets and Systems, 79, 1996, 279-285
3. Pekka Pyy, Human reliability analysis methods for probabilistic safety assessment // Technical Research Centre of Finland (VTT), 2000
4. Mohamed H. S. Mohamed, Yang Xiao-zong, Liu Hong-wei, Wu Zhi-bo, An Efficient Algorithm for Reliability Lower Bound of Distributed Systems // World Academy of Science, Engineering and Technology, 51, 2009, 40-42

Секция 2
НЕТРАДИЦИОННЫЕ И ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ

**ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ НА БАЗЕ МВТ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В АПК**

Русан В.И. д.т.н., профессор

«Институт энергетики АПК НАН Беларуси» г. Минск, Республика Беларусь

Букато В.М.

ООО «МНВЦЭ Энерготехно» г. Минск, Республика Беларусь

Мировой опыт показывает, что потребление ТЭР во всех странах мира неуклонно увеличивается. Так, например, в 1800 г. было добыто 15 млн. т у.т.; в 1900 году - 760 т у.т., а уже в 1985 г. - 10 млрд. т у.т. Через 15 лет, т.е. в 2000 году добыто 19,6 млрд. т у.т. И, безусловно, наращивание потребления ТЭР будет продолжаться ускоренными темпами и в 21 веке. Такая тенденция характерна и для Беларуси. В 2010 году потребление ТЭР составило 29,6 млн. т у.т. (плюс 4,84 млн. т у.т. светлых нефтепродуктов и плюс 4,61 млн. т у.т. сырья), а всего свыше 38,0 млн. т у.т., т.е. больше чем во всем мире в 1800 году. При этом в республике низкая эффективность использования ТЭР: при расходовании 1 кг у.т. производится продукция на 1,07 usd; в то время как в Финляндии - 4,76 usd; во Франции - 6,67 usd; а Дания и Швейцария - 11,5 usd.

Исходя из приведенных цифр, стратегической задачей Беларуси является сокращение потребления объема ТЭР (они на 85% импортируемые) при необходимости резкого роста ВВП на душу населения, хотя бы до уровня Германии (31,5 тыс. usd. на человека в год). Отсюда вытекает и основная направленность решения этой проблемы: наращивание ВВП республики без практического увеличения закупок ТЭР, т.е. в основном за счет энергосбережения. И здесь имеются стимулирующие факторы: наращивание 1 кВт. Мощности обходится в 800 – 1200 usd, а энергосбережение позволяет всего за 600 – 800 usd снизить установленную мощность на 1 кВт. Снижение затрат ТЭР на единицу ВВП за счет мероприятий по энергосбережению и является, на наш взгляд, основным путем решения вышестоящей задачи.

В АПК Беларуси в настоящее время потребляется около 3 млн. т у.т. (около 10 % от всего потребления ТЭР в стране). Энергетическая составляющая в стоимости продукции сельского хозяйства составляет ~ 15 %

Структура потребления ТЭР в АПК по видам энергоносителей на сегодняшний день складывается следующим образом:

котельно-печное топливо - 25%

тепловая энергия - 45%

электрическая энергия - 30%

В целях экономии котельно-печного топлива особое внимание необходимо обратить на замену и модернизацию котельного оборудования, которое, как правило, выработало свой ресурс, морально и технически устарело и имеет низкий КПД. Режимно-наладочные испытания таких котельных агрегатов практически мало влияют на повышение их КПД.

Почти половина всего потребления ТЭР в АПК приходится на выработку тепловой энергии (1,35 млн. т у.т. или 7,7 млн. Гкал). Причем, собственные котельные вырабатывают около 4,3 млн. Гкал и 3,4 млн. Гкал получают от посторонних источников. Около 80% всей тепловой энергии (6,2 млн. Гкал) используется на нужды отопления и вентиляции зданий АПК и только 1,5 млн. Гкал тепловой энергии расходуется на нужды технологии. Следовательно, основное внимание по экономии тепловой энергии необходимо сосредоточить на внедрении энергосберегающих технологий в отоплении и вентиляции.

Резерв экономии в этом направлении оценивается свыше 50%.

Одним из направлений сокращения закупок ТЭР за пределами страны является энергоэффективное использование МВТ. Использование МВТ для Беларуси оценивается примерно в 12-15 млн. т у.т. в год.

Республика Беларусь располагает следующими видами МВТ:

- дрова и отходы деревообработки – 13,6 млн. М³ (ежегодно), т.е. около 3,5 млн. т у.т. [2]
- Бурый уголь – запасы оцениваются в 1,2 – 1,5 млрд. т.
- торф – около 5 млрд. т.

К МВТ для АПК можно добавить отходы сельскохозяйственного производства: солому и другие стебли растений, отходы лущения зерна и биогаз на животноводческих фермах.

Следует сказать, что Беларусь входит в 10-ку стран Европы по лесистости (есть такой термин – это отношение площади лесов ко всей площади страны). Так в Беларуси «лесистость» составляет 38,1 %. Средний возраст лесов – 49 лет. Впереди нас: Финляндия – 72 %, Швеция – 67 %, Эстония – 48 %, Россия, Австрия, Литва – по 46 %.

В среднем прирост всех деревьев в республике составляет 27,7 млн. м³, заготовка древесины составляет 13-14,5 млн. м³, использование древесины в качестве топлива (включая сельские дома) составляет 8,2 млн. м³ (т.е. ~ 2,1 млн. т у.т.).

Что касается бурого угля, то его использование в республике чисто символическое – около 0,4 млн. т у.т., горючие сланцы практически не используются, прочие МВТ (отходы зернолущения, солома, биогаз и т.д.) – около 0,2 млн. т у.т.. Всего вместе ~ 2,7 млн. т у.т. (около 4-6 млн. м³).

Доля местных ТЭР в балансе котельно-печного топлива в 2010 году достигла 22,2 %.

Использование МВТ в качестве топлива связано с очень большими финансовыми затратами. Это в основном, затраты на транспорт и оплату труда. Так, при стоимости плотного м³ щепы в 136,7 тыс. руб. на транспорт (до 30 км) приходится – 67 % (94,3 т. руб.), з/плата, включая накладные расходы – 22 % (30,0 т. руб.). Рентабельность ~ 11-12 %.

Прямое сжигание дров и отходов деревообработки не самый энергоэффективный способ использования МВТ.

Широкое распространение в последнее время получили исследования в области производства из древесины генераторного газа и использования его в качестве топлива в котлах, для двигателей внутреннего сгорания, в газотурбинных установках; биотехнологическая переработка древесины с получением биогаза; производство жидкого топлива из древесины в виде этилового или метилового спирта (биоэтанола) и использование его в двигателях внутреннего сгорания, а также синтетического моторного топлива или биодизеля; производство из древесины древесного топлива с улучшенными потребительскими свойствами – древесного угля с использованием его на тепловых электростанциях, в металлургии, топливных гранул (пеллет) и брикетов.

Что касается мероприятий по снижению расхода топлива, то это в первую очередь – повышение эффективности работы котельных и перевод существующих котельных и строительство новых на местные виды топлива. На этот счет Постановлением Совета Министров РБ № 1680 от 30 декабря 2004 года утверждена «Целевая программа обеспечения в республике не менее 25 % объема производства электрической и тепловой энергии за счет местных видов топлива и альтернативных источников энергии на период до 2012 года». За 2006 год эта работа развернута в массовом порядке. Только наша организация ООО «МНВЦЭ Энерготехно» ежегодно разрабатывает проектно-сметную документацию на перевод 8-12 котельных МВТ и строительство 5-6 новых котельных на МВТ. Суммарное годовое потребление ТЭР на вышеуказанных котельных составила свыше 8,2 тыс. т у.т. Из опыта этой работы следует, что это мероприятие особенно эффективно при наличии собственного или по соседству деревообрабатывающего производства. Что касается перевода существующих котельных на МВТ без наличия собственных отходов деревообработки то в каждом конкретном случае необходимо соответствующее ТЭО.

Необходимо отметить, что Постановлением СМ РБ от 24.12.2010 г. № 1882 утверждена «Республиканская программа энергосбережения на 2011-2015 гг.».

Можно назвать некоторые основные направления этой программы:

- энергоэффективные проекты по внедрению, модернизации технологических процессов и оборудованию;
- внедрение отдельных видов энергоэффективного оборудования, приборов и материалов;
- ввод электрогенерирующего оборудования в промышленных и коммунальных котельных;
- создание мини-ТЭЦ на МВТ;
- строительство установок, работающих на биогазе, получаемом из отходов сельскохозяйственных и промышленных производств;
- увеличение использования горючих и тепловых вторичных энергоресурсов;
- увеличение использования местных видов топлива, возобновляемых и нетрадиционных источников энергии у других потребителей;
- модернизация и повышение эффективности работы котельных;
- повышение эффективности работы тепловых сетей, оптимизация схем теплоснабжения;
- автоматизация технологических процессов;
- внедрение регулируемого электропривода;
- внедрение автоматизированных систем управления потреблением ТЭР;
- внедрение инфракрасных излучателей для локального отопления и в технологических процессах;
- перевод технологического оборудования с электронагрева на современные высокотехнологичные энергоносители;
- тепловая реабилитация зданий;
- внедрение энергоэффективных технологий и мероприятий в сельском хозяйстве (системы микроклимата, подстилка и кормораздача сушильные и топочные агрегаты на МВТ).

В заключение отметим, что реализация запланированных Республиканской программой энергосбережения 2011-2015 гг. мероприятий наряду с реализацией ежегодно принимаемых региональных и отраслевых программ позволит значительно повысить эффективность экономики Республики Беларусь и на этой основе повысить уровень благосостояния людей.

УДК 541.183 ВЕТРОЭНЕРГЕТИКА БЕЛАРУСИ: СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

Белый О.А. к.т.н., доцент
*Центр системного анализа и стратегических исследований НАН РБ
г. Минск, Республика Беларусь*

Назарова И.А.
*Международный государственный экологический университет им. А. Д. Сахарова
г. Минск, Республика Беларусь*

Рост мирового энергопотребления и неизбежное истощение природных запасов углеводородного топлива значительно повысил интерес к вопросам использования возобновляемых источников энергии.

Выработка электроэнергии на базе возобновляемых источников является значимой составной частью мирового энергопроизводства. На конец 2009 года оно составило 1230 ГВт, или 26 % мирового производства электроэнергии, что превышает выработку электричества на основе ископаемого топлива (66%) и на атомных электростанциях (8%). [1]

Развитию возобновляемой энергетики способствует значительный приток капитала в эту отрасль. В таблице 1 представлены данные по производству электроэнергии возобновляемыми источниками энергии, а также инвестиции в новые объемы производства возобновляемой энергии в 2007 – 2009 годах [2]

Таблица 1

Производство электроэнергии возобновляемыми источниками энергии в 2007-2009 гг

Показатели:	2007	2008	2009
Инвестиции в новые объемы производства возобновляемой энергии (по годам, млрд долл. США)	104	130	150
Производство возобновляемой энергии, ГВт	1085	1150	1230
Гидроэнергетика, ГВт	920	950	980
Ветроэнергетика, ГВт	94	121	159
Солнечная энергетика, ГВт	7,6	13,5	21
Производство этанола (в год), млрд л	53	69	76
Производство биодизеля (в год), млрд. л	10	15	17

Производство электроэнергии ветроэнергетическими установками (ВЭУ) в 2009 году по сравнению с 2008 годом увеличилось в 1,3 раза и составляет 12,93% от объема всей вырабатываемой электроэнергии, полученной возобновляемыми источниками энергии. Энергия биомассы составила в 2009 году 4,39%, солнечной энергии (фотоэлементы) – 1,71%, геотермальной энергии – 0,89% от суммарного производства электроэнергии ВИЭ.

2009 год был беспрецедентен в истории возобновляемых источников энергии. Несмотря на глобальный финансовый кризис, более низкие цены на нефть, и медленное продвижение политики, направленной на соблюдение Киотского протокола, возобновляемая энергетика наращивала свой сектор. Так, прирост солнечной энергетики (фотоэлементы для частных хозяйств) составил 53 %, ветроэнергетики – 32%, геотермальной энергетики 4%.

В целом, объем производства энергии возобновляемыми источниками энергии приростал на 10-60% ежегодно в течение 2005-2009 годов. Для многих технологий производства возобновляемой энергии, например, таких как ветроэнергетики, прирост в 2009 году был практически равен приросту за предыдущие четыре года.

Данный факт объясняется, помимо роста инвестиций в сектор возобновляемой энергетики, строгой политикой в регулировании выбросов парниковых газов, а также подорожанием ископаемого топлива. В связи с этим, страны Евросоюза прогнозируют увеличение объема производства возобновляемой энергетики на 20% в 2020 году.

Вопрос энергетической безопасности является одним из самых актуальных и для Беларуси. Собственные топливно-энергетические ресурсы страны покрывают лишь 15% от объема общего потребления. С целью стимулирования развития возобновляемых источников энергии и использования местных видов топлива были разработаны Национальная программа развития местных и возобновляемых энергоисточников на 2011-2015 годы, Стратегия развития энергетического потенциала Беларуси до 2020 года и другие проекты. Одним из наиболее перспективных направлений реализации целей указанных проектов является развитие белорусской ветроэнергетики.

Беларусь располагает значительными ресурсами энергии ветра, которые оцениваются в 1600 МВт и годовой выработкой электроэнергии 2,4 млрд кВт·ч. На территории нашей страны выявлено около 1840 площадок, пригодных для размещения ветроэнергетических станций и ветропарков. Эти площадки представляют собой в основном ряды холмов высотой от 250 м над уровнем моря, где средняя скорость ветра колеблется от 5 до 8 м/с. На каждой из них можно разместить от 3 до 20 ветроэнергетических установок.

На 1 января 2011 г. суммарная установленная мощность ветроэнергетических установок в Беларуси составляет 1,56 МВт, а объем замещения – 0,4 тыс. т у.т. [3]

В настоящее время в Республике установлено 20 ВЭУ, 14 из которых действующие. Ветроэнергетические установки размещены в поселке Жилихово (Копыльский район), Янковцы, Волма (Держинский район), агрогородке Занарочь, поселке Дружная (Мядельский

район), Грабники (Новогрудский район), деревне Райца (Кореличский район), Жуково (Могилевский район) и др.

В д. Занарочь Мядельского района Минской области первая установка NORDEX 29/250, мощностью 250 кВт, высотой до ступицы ветроколеса 50 м, была построена в 2000 году, вторая – Yakobs 48/600, мощностью 600 кВт, высотой до ступицы ветроколеса 65 м – в 2002 году. Ежегодно установки производят и отпускают в сеть 1,3-1,4 млн. кВт·ч. электроэнергии.

В деревне Жуково Могилевского района в мае 2011 года была установлена ветроэлектростанция Lagerwey 18/80 мощностью 80 кВт. В Могилеве с ноября 2010 года работает ветроэлектростанция мощностью 11,4 кВт. Стартовая скорость ветра 3,5 м/с, максимальная скорость ветра 25 м/с.

Ветроэнергетическая установка мощностью 1,5 МВт была установлена в поселке Грабники Новогрудского района в апреле 2011 года. Поставщиком ветроустановки является китайская компания HEAG HUAYI ELECTRIC CO., LTD, которая поставила оборудование для ВЭУ. Среднегодовая выработка электроэнергии Грабинской ВЭУ – 3,8 млн. кВт·ч, что соответствует экономии условного топлива около 1,1-1,25 тыс. т у.т. Общая стоимость проекта оценивается в 8 млрд. 800 тыс. руб. Высота площадки под размещение ВЭУ – 315 м над уровнем моря. Длина каждой из трех лопастей ветроколеса составляет 40 м, высота мачты ВЭУ – 90 м. Вес оборудования достигает нескольких десятков тонн. В случае успешной эксплуатации ВЭУ на той же площадке планируется создание ветропарка с установкой 7-8 ВЭУ с ориентировочной суммарной среднегодовой выработкой электроэнергии 25-30 млн кВт·ч.

С целью выявления путей снижения затрат на производство оборудования ВЭУ по заданию Государственного комитета по науке и технологиям были проведены работы по поиску потенциальных производителей отдельных узлов, систем и агрегатов ветроустановок (лопасти, редукторы, электрогенераторы, системы управления и проч.), в результате которых были определены такие предприятия, как «Белкоммунмаш», Кобринский инструментальный завод, Барановичский аварийремонтный завод, а также некоторые частные предприниматели, в том числе сельскохозяйственной отрасли.[4]

В настоящее время идет работа над составлением кадастра возобновляемых источников энергии, который будет включать в себя: информационную базу данных о ветроэнергетических характеристиках территории Беларуси; информационную базу данных с программным обеспечением для расчетов ветроэнергоресурсов на отдельных территориях и оценки ветроэнергетического потенциала любой по мощности и техническому исполнению ветроустановки в конкретном месте внедрения, а также ветроэнергетический атлас, содержащий набор карт размещения ветротехники на территориях Беларуси и паспорта точек (площадок) преимущественного внедрения ветротехники.

В перспективе Национальной программой развития местных и возобновляемых энергосистем на 2011-2015 годы предусмотрено строительство 199-224 ветроэнергетических установок суммарной мощностью 440-460 МВт. В ближайшие время планируется строительство ветропарков в Новогрудском районе (25 МВт), Ошмянском районе (20-30 МВт), а также в Сморгонском (15 МВт), Горещком (50 МВт), Логойском (50 МВт) и Воложинском (60 МВт) районах. [3]

В 2011-2012 годах в д. Польковичи 2 Могилевского района планируется установка ветроэнергетической станции (ВЭС) Mison M750 400/100 номинальной мощностью 400 кВт. В настоящее время оборудование для ВЭС находится в Беларуси, ведется подготовка к строительным работам по ее установке. Особенностью ветроэлектростанции является наличие сдвоенного генератора, который максимально эффективно использует поток ветра: так при малых скоростях ветра выработка составляет около 100 кВт в час, при более сильном ветра станция переходит в режим номинальной производительности.

Таким образом, в энергетическом секторе стан мира, можно прогнозировать дальнейшее интенсивное развитие возобновляемых источников энергии, доля в энергетическом ба-

лансе которых будет постепенно увеличиваться, снижая тем самым потребление углеводородного топлива. Исходя из данных динамики за 2005-2009 годы, а также тенденций в 2010 году, особое значение в данном контексте приобретают солнечная и ветроэнергетика.

Развитию ветроэнергетики в Беларуси способствуют различные государственные программы и планы, направленные на стимулирование использования возобновляемых источников энергии. Однако существует необходимость в привлечении внешних инвестиций, поиске путей снижения стоимости ВЭУ, подготовке квалифицированных кадров, расширении законодательной и нормативно-правовой базы, регулирующей вопросы тарифно-налоговой политики, проектирования и эксплуатации ветроустановок и ветропарков, а также оценки воздействия ВЭУ на окружающую среду.

ЛИТЕРАТУРА

1. Wind in power. 2010 European statistics - EWEA, 2011. - 11 pages.
2. Renewables-2010. Global status report - Renewable Energy Policy Network for the 21st Century, 2010. - 80 pages
3. ... Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 10.05.2011 N 586 "Об утверждении Национальной программы развития местных и возобновляемых энергоисточников на 2011 - 2015 годы и признании утратившим силу постановления Совета Министров Республики Беларусь от 7 декабря 2009 г. N 1593"/"Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь", 19.05.2011, N 56, 5/33764.
4. Лаврентьев, Н.А., Жуков, Д.Д. Белорусская ветроэнергетика – реалии и перспективы/ Н.А. Лаврентьев, Д.Д.Жуков // Энергия и Менеджмент. – 2002. – № 3 (часть 1) и № 4 (часть 2).

УДК 339.9

ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ И ИХ РОЛЬ В ПОВЫШЕНИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Падалко Л.П., д.э.н., профессор

Институт энергетики НАН Беларуси г. Минск, Республика Беларусь

К возобновляемым источникам энергии относятся: энергия солнца, ветра, биомассы, естественного движения водных потоков, тепла земли и других источников, не относящихся к невозобновляемым [1]. Специфическим видом возобновляемых источников, имеющим сельскохозяйственное происхождение, является биомасса, к которой могут быть отнесены отходы животноводства и птицеводства, отходы растениеводства, специально выращиваемые высокоурожайные растения. В качестве энергоносителей может использоваться либо биогаз, получаемый на основе анаэробного сбраживания, либо биомасса в непосредственном виде (древесина, солома и др.), используемая для производства энергии путём сжигания.

Для биогаза можно выделить два направления его использования. Первое – для выработки электрической и тепловой энергии в когенерационном режиме на базе газопоршневых энергогенерирующих установок, работающих на биогазе. Электрическая и тепловая энергия могут быть использованы для энергообеспечения биогазовой установки и фермы, обеспечивающей её сырьевым материалом. Второе – после удаления из биогаза углекислого газа полученный продукт, называемый биометаном, может быть использован в качестве моторного топлива для сельскохозяйственного транспорта вместо традиционного жидкого топлива нефтяного происхождения.

Экономическая эффективность создания энергогенерирующей установки, работающей на биогазе или на очищенном биогазе (биометане), определяется на основе сопоставления инвестиционных затрат в эту установку с достигаемым экономическим эффектом. Экономический эффект достигается на основе замещения электроэнергии, потребляемой фермой и самой биоэнергоустановкой и получаемой из энергосистемы, своей собственной [2]. Анало-

гично определяется эффект от замещения потребления от котельной тепловой энергии своей собственной, выработанной в когенерационном режиме. Рассчитанная подобным образом эффективность во многом зависит от тарифа на энергию, получаемую от внешнего источника. Чем он выше, а он ежегодно повышается, так как растёт цена на импортируемый природный газ, тем выше будет экономическая эффективность данного мероприятия. Другая составляющая эффекта связана с экологией. Остающийся в результате анаэробного сбраживания шлам представляет собой экологически чистое удобрение, так как в процессе сбраживания уничтожаются все вредные вещества и организмы, содержащиеся в исходном навозе. Это удобрение может продаваться по высокой цене и денежный учёт этой слагаемой эффекта является решающим фактором в оценке экономической эффективности сооружения биоэнергостановки. Следует заметить, что избыточная электрическая и тепловая энергия могут продаваться внешним потребителям и это обеспечивает третью слагаемую экономической эффективности.

Экономическая эффективность использования биометана в качестве моторного топлива объясняется более низкой его ценой по сравнению с традиционным топливом (бензин, дизельное топливо). В частности, компримированный природный газ на автозаправках стоит примерно 2100 руб/м³ при цене бензина и дизельного топлива в районе в среднем 4600 руб/л. Заметим, что 1 л. жидкого топлива эквивалентен по энергоценности 1 м³ природного газа. Природный газ это в основном природный метан, а биометан не отличается по энергоценности от природного метана [3]. Можно предположить, что стоимость получения биометана не выше стоимости природного метана. В непосредственном виде биометан не может быть использован, он должен быть предварительно преобразован либо в сжатый (компримированный) вид, либо в сжиженный газ. Это требует дополнительных затрат помимо очистки газа от CO₂, также и в преобразование газа в компримированный или в сжиженный вид. Кроме того, для перевода действующего автотранспорта на газ необходимо переоборудование его, что требует установки на автомобиль газобаллонного оборудования, включающего в себя специальные газовые баллоны и газовую аппаратуру. Необходимо также сооружение газонаполнительной компрессорной станции, в которой осуществляется компримирование биометана в случае применения сжатого биометана. Следует отметить, что в ряде стран (Россия, Китай, Италия и др.) выпускаются сравнительно небольшие станции в модульном исполнении. Для оценки эффективности перевода действующего автотранспорта на биометан необходимо сопоставление инвестиционных затрат в переоборудование автомобиля с достигаемым экономическим эффектом, который выражается снижением затрат на топливо.

Срок окупаемости инвестиций в переоборудование транспортного средства $K_{пер}$ для статической постановки задачи определяется как

$$T_{ок} = K_{пер} / [(C_{жл} \cdot B_{год}^{жл} - C_{кг} \cdot B_{год}^{кг}) - C_{об}]$$

где: $C_{жл}$, $C_{кг}$ - цены соответственно жидкого топлива и компримированного газа; $B_{год}^{жл}$, $B_{год}^{кг}$ - годовой расход соответственно жидкого и газообразного топлива автотранспортным средством; $C_{об}$ - годовые затраты по обслуживанию газобаллонного оборудования.

Эффективность перевода с жидкого топлива на биометан зависит не только от затрат на переоборудование автомобиля и цены жидкого и газового топлива, но и от величины годового пробега автомобиля. Чем выше величина годового пробега, тем экономически выгоднее переход на газообразное топливо. Величина годового пробега, при котором варианты с жидким и газообразным топливом экономически равновыгодны определяется по формуле

$$L = \frac{(E + p) \cdot K_{пер}}{(C_{жл} \cdot B_{год}^{жл} - C_{кг} \cdot B_{год}^{кг})}$$

где E - процентная ставка на капитал.

Включение биогаза в энергобаланс сельхозпредприятия повышает его энергетическую независимость и безопасность, а также экономическую эффективность функционирования

предприятия. Последний аспект проблемы очень важен, так как в условиях постоянно растущих цен на топливо, от которых существенно зависит себестоимость производимой продукции, сельскохозяйственное предприятие должно изыскивать пути повышения его конкурентоспособности. Важным позитивным фактором является также позитивное влияние использования биогаза на окружающую среду, так как при его производстве получают экологически чистые удобрения, а при его использовании на транспорте существенно сокращаются выбросы загрязняющих веществ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Закон Республики Беларусь о возобновляемых источниках энергии. Минск. 27.12.2010. № 204-3.
2. Падалко Л.П., Пуляев В.А. Экономическая эффективность биоэнергостановки. Известия вузов СНГ, Энергетика, № 7, 1997.
3. Мамедова М.Д., Васильев Ю.Н. Транспортные двигатели на газе. – М.: Машиностроение, 1994. – 224 с.

УДК 620.9

ВОЗМОЖНОСТИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ В ОБЛАСТИ ПРОИЗВОДСТВА БИОГАЗА

Пашинский В.А., к.т.н., доцент, Буцько А.А., Кундас С.П., д.т.н., профессор
Международный государственный экологический университет имени А.Д. Сахарова г.
Минск, Республика Беларусь

Развитие проектов энергосбережения в Республике Беларусь тесно связано с присоединением к основным положениям Киотского протокола по снижению выбросов парниковых газов. Присоединение к Киотскому протоколу позволит государству стать участником рынка продаж квот парниковых газов.

Республика Беларусь представила письменное согласие на принятие поправки к приложению В к Киотскому протоколу в соответствии с пунктом 7 статьи 21 Киотского протокола, содержащееся в документе FCCC/KP/CMR/2006/9 и приняла ряд законодательных актов, подтверждающих намерения о присоединении к мировому движению.

В настоящее время в сельскохозяйственных организациях республики насчитывается 8973 животноводческих ферм, комплексов и птицефабрик, в том числе 5519 молочно-товарных ферм, 2567 ферм и комплексов по выращиванию крупного рогатого скота, 85 свиноводческих ферм и комплексов и 62 птицеводческие организации. В результате работы животноводческой отрасли ежегодно образуется 25 - 30 млн. м³ стоков. Общая численность поголовья сельскохозяйственных животных представлена в табл. 1.

Таблица 1 - Численность основных видов скота и птицы в Республике Беларусь (на 1 января; тыс. голов)

	2007г.	2010г.	2011г.	2011г. В % к	
				2007г.	2010г.
Крупный рогатый скот	3988,7	4151,0	4151,6	104,1	100,01
В т.ч. коровы	1505,6	1444,6	1478,1	98,2	102,3
Свиньи	3641,8	3781,5	3886,7	106,7	102,8
Птица, млн. голов	28,7	34,1	37,5	130,6	110,1

Как свидетельствует практика, эксплуатация животноводческих комплексов, особенно современных, которые отличаются высокой концентрацией поголовья скота, новой технологией производства и бесподстилочным содержанием животных, вызывает ряд проблем, связанных с охраной окружающей среды. Очистные сооружения этих комплексов зачастую не справляются с уборкой и утилизацией навоза. Все это приводит к образованию большого количества (до 3-5 тыс. м³ /сутки) высококонцентрированных стоков. Характер загрязнения

при этом может перерасти из точечного в масштабный, что обуславливает резкое снижение качества продукции растениеводства, опасное загрязнение грунтовых, поверхностных вод, воздушного бассейна, почв, рост заболеваемости животных, повышение уровня заболеваемости населения в районах функционирования крупных комплексов.

Основными факторами загрязнения объектов окружающей среды животноводческими предприятиями являются вентиляционные выбросы, навоз, моча, техническая вода и дезинфицирующие средства, используемые при проведении ветеринарно-санитарных мероприятий.

Исследования показывают, что животноводческие комплексы являются массивными источниками загрязнения атмосферного воздуха. Большую опасность представляют выбросы аммиака. Последствием таких выбросов является увеличение кислотных дождей. Причем эмиссия аммиака происходит, главным образом, при внесении навоза (53%), 35% – при хранении и 12% – при выпасе скота, что может составлять более 23% от общей суммы аммиака, выбрасываемого в атмосферу и участвующего в образовании кислотных дождей. Только от одного животного крупного рогатого скота и свиньи за год поступает аммиака, соответственно 23 и 4,5 кг, а также большое количество микрофлоры, в т.ч. болезнетворной, оказывающей негативное влияние как на животных, так и на человека.

Кроме того животноводческими комплексами выбрасывается большое количество зловонных соединений, выделение которых происходит при анаэробном разложении навоза. Сероводород и аммиак – основные источники запаха, хотя и десятки других соединений, таких как жирные или органические кислоты, фенолы и т.д., тоже играют не последнюю роль. Зловонные соединения оказывают негативное воздействие на здоровье людей, работающих на животноводческих комплексах и проживающих возле них, вызывая острые респираторные заболевания.

Важными загрязнителями воздуха, образующимися при разложении навоза в анаэробных условиях, являются метан (CH_4) и закись азота (N_2O). Исследования показали, что на расстоянии 500 – 700 м от комплекса на 10 тыс. голов крупного рогатого скота концентрация аммиака достигает $0,5 \text{ мг/м}^3$, концентрация органических веществ может превысить $22,4 \text{ мг/м}^3$.

Более высокие уровни загрязнения атмосферного воздуха характерны для свиноводческих комплексов. В пробах воздуха на расстоянии 100 м концентрация аммиака достигает $3 - 4 \text{ мг/м}^3$, сероводорода – $0,112 \text{ мг/м}^3$. На свиноводческом комплексе на 108 тыс. голов в производственной зоне концентрация аммиака достигает $4 - 18 \text{ мг/м}^3$, сероводорода – $3,5 \text{ мг/м}^3$, органических веществ $40 - 50 \text{ мг/м}^3$, пыли до 10 мг/м^3 . Такой свинокомплекс выбрасывает за 1 час 159 кг аммиака, 14,5 кг сероводорода, 26 кг пыли от кормов.

Навозные стоки опасны в санитарно-эпидемиологическом отношении ввиду содержания в них патогенных микроорганизмов, яиц и личинок гельминтов, а также других компонентов: консервантов, антибиотиков, недоокисленных продуктов (альдегидов, кетонов и др.) и комплекса органических веществ.

По степени загрязненности органическими веществами, уровню бактериальной обсемененности (в том числе микроорганизмами, патогенными для человека) и по содержанию гельминтов и простейших отходы животноводческих комплексов значительно превосходят хозяйственно-бытовые сточные воды и стоки предприятий.

Отходы животноводства также могут быть потенциальными носителями возбудителей ряда зоонозных инфекционных заболеваний: бруцеллеза, лептоспироза, туберкулеза, ящура и др. Необеззараженные стоки могут содержать в 1 л от нескольких десятков до нескольких десятков тысяч жизнеспособных яиц гельминтов и простейших цист. В основном это яйца аскарид и власоглавов и цисты балантидий.

В связи с этим утилизация неочищенных или недостаточно очищенных животноводческих стоков приводит к опасному загрязнению почвы, грунтовых и поверхностных вод. Это усугубляется большей выживаемостью в навозе микроорганизмов-возбудителей инфекционных заболеваний и яиц гельминтов. Так, в жидком навозе яйца гельминтов сохраняют

жизнеспособность более 1 года, сальмонеллы — 160 суток, бруцеллы — 170 суток, микобактерии туберкулеза — 460 суток и т. д.

Таким образом, навоз, попадая в почву и водные объекты, становится чрезвычайно мощным источником распространения инфекций и инвазий для людей и животных. Все выше сказанное подтверждает, что очистка и обеззараживание навоза и навозных стоков является актуальной проблемой для животноводческой отрасли.

Одним из путей рациональной утилизации навоза является анаэробное сбраживание в биогазовых энергетических комплексах (БГЭК), позволяющее производить его очистку и обезвреживание и сохранять как органического удобрения при одновременном получении биогаза, без привлечения внешних источников энергии. Сегодня применение энзимов, бустеров для искусственной деградации сырья (например, ультразвуковых или жидкостных кавитаторов) позволяют увеличить выход биогаза с 60% до 95%. Кроме того необходимо учитывать соотношение углерода к азоту. Оно должно составлять 12 – 20.

Температурный режим анаэробного сбраживания для Республики Беларусь рекомендуется применять мезофильный с температурой прохождения процесса 33...45 °С. При этом влажность сырья должна быть 94 ± 2%. Уровень кислотности в пределах 6,5 – 7,5.

Расчет состава сырьевой базы производится по формуле:

$$\frac{m_1 \cdot C_1 + m_2 \cdot C_2 + \dots + m_n \cdot C_n}{m_1 \cdot N_1 + m_2 \cdot N_2 + \dots + m_n \cdot N_n},$$

где m_1, m_2, m_n – масса сырья, кг; C_1, C_2, C_n – содержание углерода в сырье, о.е.; N_1, N_2, N_n – содержание азота в сырье, о.е.

Определив содержание веществ в сырье для производства биогаза, находят выход газа. Результаты расчета биогазового потенциала сырьевой базы Республики Беларусь приведены в табл. 2.

Таблица 2 – Биогазовый потенциал сырьевой базы Республики Беларусь на 1 января 2011 года

Вид сырья	Количество отходов, т/год	Содержание сухого вещества, %	Содержание метана, %	Выход биогаза, м³/ч	Электрическая мощность, кВт
Навоз КРС	35000000	12	55	80500	150000
Навоз свиней	20000000	18	60	46000	87500
Птичий помет	1900000	18	60	4400	8200
ВСЕГО	56900000			130900	245700

Ввод в эксплуатацию биогазовых энергетических комплексов позволит сформировать более энергобезопасную и тем самым более надежную систему энергоснабжения на основе локальных источников энергоснабжения, размещенных вблизи потребителей энергии. Такие источники повышают энергобезопасность благодаря решению трех задач:

- во-первых, указанные источники обладают высоким коэффициентом полезного действия и малым удельным расходом топлива на единицу вырабатываемой энергии.
- во-вторых, такие источники обеспечивают взаиморезервирование с централизованной системой энергоснабжения, что повышает надежность энергоснабжения.
- в третьих снижается эмиссия парниковых газов (метана, двуокиси углерода).

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ И РАБОЧИХ ЖИДКОСТЕЙ НА БАЗЕ РАСТИТЕЛЬНЫХ МАСЕЛ

Войтов В. А., д.т.н., проф. Кравцов А.Г., преподаватель

*Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства
им. П. Василенко, г. Харьков, Украина*

Современные масла и рабочие жидкости в полной мере удовлетворяют все эксплуатационные требования, но все же имеют ряд недостатков: во-первых, большинство из них изготовлены на базе нефти, количество которой ежегодно сокращается, а, соответственно, стоимость нефтепродуктов растет. Во-вторых, смазочные материалы на основе нефти являются достаточно токсичными, и несут большую нагрузку на экологическую среду.

Исходя из выше сказанного возникает необходимость в создании новых альтернативных смазочных материалов, которые бы владели всеми эксплуатационными свойствами, присущими нефтяным и могли бы устранить их недостатки. Хорошей альтернативой нефтяным и синтетическим смазочным материалам могут быть растительные масла, а именно масла и рабочие жидкости, изготовленные на базе растительных масел. Учитывая мировой опыт в использовании растительных масел в качестве смазочных материалов [1-4], можно сказать, что данное направление является перспективным и необходимым для улучшения экологического положения и снижения зависимости от импорта нефти.

Целью данной работы является определение основных эксплуатационных свойств, таких как физико-механические и трибологические показатели смазочных материалов на базе растительных масел по сравнению с товарными нефтяными.

Для достижения поставленной цели были взяты масла на базе подсолнечного и рапсового масел с высоким содержанием олеиновой кислоты. Смазочный материал на базе подсолнечного масла обозначен X-526, на базе рапсового - Р (0:0). Жирнокислотный состав масел приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Жирнокислотный состав масел

Содержание жирных кислот	Культура	
	подсолнечник X-526	рапс Р(0:0)
Пальмитиновая	3,6 %	3,9 %
Стеариновая	3,3 %	2,0 %
Олеиновая	88,8 %	65,3 %
Линолевая	2,2 %	19,0 %
Линоленовая	0,2 %	8,6 %
Еруковая	-	0,35 %

Все исследования проводились по сравнению с существующим и достаточно распространенным смазочными материалами нефтяного происхождения.

Лабораторные исследования по определению трибологических показателей проводились в соответствии со всеми требованиями ГОСТ 9490-75 [5] на четырехшариковой машине трения.

Определение других эксплуатационных показателей, таких как кинематическая вязкость, индекс вязкости, температура вспышки в открытом тигле, плотность и термоокислительная стабильность, которые существенно влияют на работу агрегата, проводились в соответствии действующих стандартов и методик. Полученные результаты были сведены в таблицу 2.

Таблица 2 – Физико-механические и трибологические показатели

Найменування показників	Назва оливи (олії)						
	ТАД-17И	M10г2к	ТАКТ-2Т	МГЕ-46В	МС-20	Рарс Р(0:0)	X-526
Вязкость кинематическая при 100°C, сСт (ГОСТ 33-82) 40°C	17,5 –	10	10,12	6,0 41,4-50,6	20 –	8,7 37,1	8,9 45
Индекс вязкости (ГОСТ 25371-82)	100	95	95	90	85	162	150
Температура вспышки в открытом тигле, °C (ГОСТ 4333-87)	200	220	224	190	270	230	225
Плотность кг/м3 при 20°C согласно (ГОСТ 3900-85)	907	900	895	890	895	913	910
Термоокислительная стабильность по методу Папок при 250°C, мин. не менее согласно (ГОСТ 23175-78)	22	25	25	19	17	25	24
Трибологические характеристики, определенные на четырехшариковой машине трения согласно (ГОСТ 9490-75): диаметр пятна износа при нагрузке 392Н, (Ди), мм; 198Н, (Ди), мм;	0,40					0,52	0,50
Критическая нагрузка Рк, Н	1235	0,40	0,63	0,40	0,90	0,47	0,41
Нагрузка сваривания Рс, Н	3687	980	617	490	617	617	617
		1960	1568	1568	1568	1568	1568

Для определения противопиттинговой способности используют такие методы испытаний, как лабораторные с использованием четырехшариковой машины трения, стендовые – модельные [6] и натуральные. Нами был выбран метод, описанный авторами работы [7], где использовалась четырехшариковая машина трения и вибрационно-диагностическая аппаратура Brüel & Kjær. Этот метод, в отличие от стендовых и натуральных испытаний, является экономичней, не требует длительного времени исследования и обеспечивает высокую повторяемость результатов.

Полученные результаты по воздействию на противопиттинговую устойчивость материала подшипника качения в среде смазочных материалов на базе растительных масел по сравнению с товарными нефтяными и синтетическими были сведены в таблицу 3.

Таблица 3 – Результаты по противопиттинговой способности масел

Марка масла	Группа масел по API	Среднеарифметическое время начала возникновения питтинга τ , мин.
Castrol EP80	GL-4	31
AVIA MZ80	GL-4	40
ТАп-15В	GL-3	45
elf 80W90	GL-5	75
ТАД-17и	GL-5	113
X-526	-	107
P(0:0)	-	71

Из результатов, которые сведены в таблице 2 видно, что смазочные материалы на базе растительных масел обладают достаточно хорошими эксплуатационными показателями и по

некоторым из них даже превосходят существующие нефтяные масла, например, по значению индекса вязкости. Это, в свою очередь, влияет на уменьшение потерь энергии на преодоление трения возникающего между слоями рабочих жидкостей.

Что касается температуры вспышки и плотности, то эти показатели почти одинаковы и различаются в пределах 5-7%. Весомым показателем масел и рабочих жидкостей биологического происхождения является то, что они менее склонны к лаковым отложениям.

По своей смазочной способности растительные масла и рабочие жидкости имеют значительно лучшие показатели, которые преобладают существующие нефтяные масла. Такую смазочную способность смазочных материалов и рабочих жидкостей на базе растительных масел можно объяснить наличием высокого содержания олеиновой кислоты, которая, в свою очередь, является достаточно мощным поверхностно-активным веществом (ПАВ).

Что касается результатов по определению противопиттинговой способности, которые сведены в таблицу 3, видно, что масла X-526, P (0:0) более эффективно препятствуют возникновению питтинга.

Кроме позитивных свойств биомасел им присущи некоторые недостатки. К существенным недостаткам смазочных материалов на базе растительных масел следует отнести их способность к пенообразованию и окислению при хранении и в процессе эксплуатации. Вышеуказанные недостатки можно устранить путем подбора необходимых присадок.

ЛИТЕРАТУРА

1. <http://www.nachwachsenderohstoffe.de/>. Kosten und Nutzen technischer Bioöle. 2007/2008
2. <http://www.nachwachsenderohstoffe.de/>. Bericht über biologisch schnell abbaubare Schmierstoffe und Hydraulikflüssigkeiten. 2007/2008
3. Фукс И.Г. Растительные масла и животные жиры – сырье для приготовления товарных смазочных материалов / И.Г. Фукс, А.Ю. Евдокимов, А.А. Джамалов, А. Лукса // Химия и технология топлив и масел. – 1992. – №4. – С. 34-39.
4. Сіренко Г.О. Дослідження рослинних олив у якості мастильних матеріалів / Г.О. Сіренко, О.Л. Сав'як // Полімер. журн. – 2006. – №1 (28). – С. 69-78. – Бібліогр: 32 назв. – укр
5. ГОСТ 9490-75. Материалы смазочные жидкие и пластичные. Метод определения трибологических характеристик на четырехшариковой машине.
6. Заскалько П.П. Оценка противопиттинговых свойств трансмиссионных масел / П.П. Заскалько, В.Д. Крысин, В.И. Некрасов // Химия и технология топлив и масел. – 1988. – №5. – С. 27-29.
7. Войтов В.А. Методика оцнки противопиттинговых способностей масел/В.А. Войтов, С.А. Митяков, М.И. Суханов, С.А. Шевченко//Проблеми трибології. – 2006. – №1. – С. 39-43.

БИОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Коротинский В.А., к.т.н., доцент, Костюкевич С.Б., к.т.н., Головач И.Н.

УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»

г. Минск, Республика Беларусь

Беларусь идеально подходит для развития биоэнергетики благодаря наличию больших массивов промышленного леса, равнинного ландшафта, хорошо развитой инфраструктуры распределения энергии и тепла, современных предприятий энергетического и общего машиностроения, а также высокого уровня технического образования населения. Биоэнергетика — технологии использования возобновляемых органических ресурсов, так называемой биомассы для производства энергии, включая электроэнергию, энергию жидких, твердых и газообразных видов топлива, теплоты, химических веществ и других материалов.

По оценке НАНБ совместно с Министерством лесного хозяйства технически доступен для биоэнергетики в настоящее время объем древесных обрезков и отходов древесины, эквивалентный приблизительно 1,5 млн т у.т./год. Согласно официальным данным Белорусского энергетического института только 25 % этой величины используется в настоящее время. К 2015 г. потенциальные древесно-топливные ресурсы для биоэнергетики оцениваются в 2,7-3,0 млн т у.т./год, к 2020 г. — 3,7 млн т у.т./год [4, 5].

В настоящее время достаточно широко начинает использоваться торф. Этот вид топлива применяется на Бобруйской ТЭЦ-1 и Осиповичской мини-ТЭЦ РУП «Могилевэнерго», БелГРЭС РУП «Витебскэнерго» и котельной жилищно-коммунального хозяйства г. Ошмяны Гродненской области. Реализуемые в настоящее время крупные проекты (мини-ТЭЦ) в городах Пружаны (электрическая мощность 2,7 МВт); Речица (электрическая мощность 1,5 МВт); Петриков (электрическая мощность 1,2 МВт); на предприятии ОАО «Фандок» (электрическая мощность 1,6 МВт). На перспективу (до 2015 г.) прорабатывается вопрос об использовании торфяного топлива на Лунинецкой районной котельной и Барановичской ТЭЦ РУП «Брестэнерго», Зельвенской конденсационной электростанции РУП «Гродноэнерго».

Сельское хозяйство Беларуси сегодня располагает 8,8 млн га сельхозугодий, в том числе 5,5 млн га пашни. При этом удалось сохранить крупнотоварное производство. На одно хозяйство приходится в среднем 7-8 тыс. га земли. Сегодня в Беларуси действует: свыше 6300 комплексов КРС; свыше 100 свиноводческих комплексов и 48 птицеводческих комплексов. Потенциал биогаза от всех источников составляет 160 тыс. т у.т. в год.

Источники биомассы, характерные для нашей республики, можно разделить на пять основных групп:

- ✓ продукты естественной вегетации (древесина, древесные отходы, древесный мусор и торф);
- ✓ биомасса растительного происхождения (рапс, солома, жмых, силос, костра и т.п.);
- ✓ отходы жизнедеятельности человека (твердые бытовые отходы, отходы промышленного производства и осадки очистных сооружений);
- ✓ отходы сельскохозяйственного производства, включая отходы агропромышленного комплекса (навоз, куриный помет, ботва, меласса, барда послеспиртовая, мезга картофельная, дробина пивная, глицерин технический, отходы мясо- и молоко переработки и т.п.);
- ✓ специально выращиваемые быстрорастущие агрокультуры, растения и лесные насаждения.

Для получения полезных продуктов или веществ биомасса требует переработки, которая носит комплексный характер и позволяет решить ряд чрезвычайно важных проблем:

- санитарно-экологическую (обеззараживание отходов);
- агрохимическую (получение эффективных органических удобрений);
- энергетическую (получение качественного топлива, а затем тепловой и электрической энергии);

- социальную (улучшение условий труда и быта населения, увеличение урожайности сельскохозяйственных культур, повышение продуктивности животных, сокращение применения ядохимикатов и т.д.).

Сегодня в республике успешно функционируют три биогазовых комплекса, показанные на рис.1. В ближайшие годы (2011-2015 гг.) планируется внедрить проекты биогазовых установок на комплексах: ОАО «Гастелловское» (электрическая мощность 3 МВт); СПК «Агрокомбинат «Снов» (электрическая мощность 2 МВт); ОАО «Совхоз-комбинат «Союз» (электрическая мощность 1 МВт); ЗАО «Липовцы» (электрическая мощность 1 МВт); СПК «Маяк коммуны» (электрическая мощность 1 МВт); РУСП «Свинокомплекс «Борисовский» (электрическая мощность 1 МВт); РУСП «Совхоз «Слуцк» (электрическая мощность 1 МВт); СПК «Вишневецкий» (электрическая мощность 1 МВт).

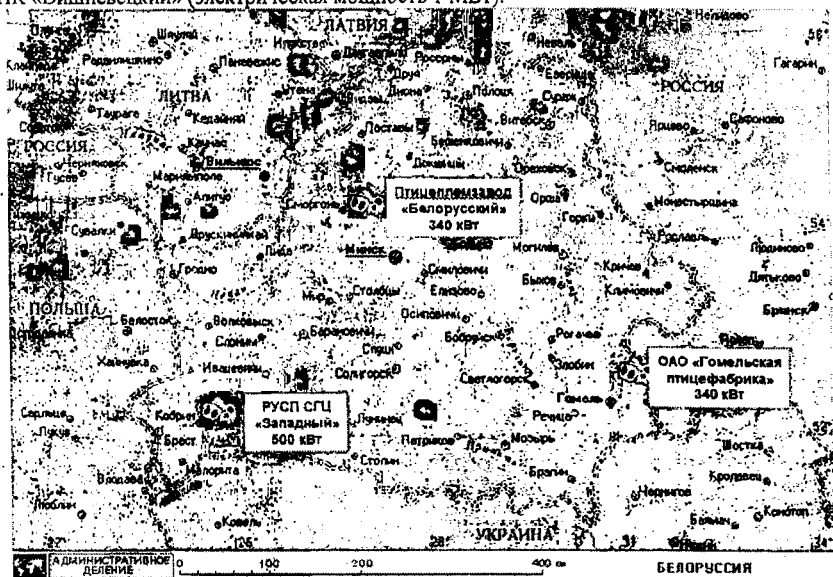


Рис. 1. Реализованные проекты биогазовых комплексов

В Беларуси ежегодно образуется около 128 млн т твердых бытовых отходов. Из них более 2 млн т - отходы потребления, половину которых составляют использованные упаковки. В целом же в Беларуси перерабатывается лишь 16 % отходов. Понимая важность вопросов энергосбережения и утилизации отходов, в республике Беларусь планируется в 2012 г. завершить новые крупные проекты – 8 биогазовых установок и комплексов, работающих на отходах сельскохозяйственного производства, электрической мощностью 1-3 МВт. Кроме того, с помощью иностранных инвесторов планируется в этот же период построить 6 биокомплексов на очистных сооружениях и 5 – на предприятиях «Белгоспищепром» (спиртзаводы). Кроме того, планируется построить биогазовые комплексы на очистных сооружениях: КУП «Минскводоканал» (инвестиции около 20 млн долл. и 15 млн долл.); КУП «Бобруйскводоканал» (инвестиции около 5 млн долл.); КУП «Барановичводоканал» (инвестиции около 5 млн долл.); КУП «Бобруйскводоканал» (инвестиции около 4 млн долл.); КУП «Слонимводоканал» (инвестиции около 3 млн долл.) и 5-ти комплексах «Белгоспищепром» (инвестиции около 15 млн долл.).

Главные приоритеты энергетической политики Республики Беларусь:

- обеспечение надежного энергоснабжения национальной экономики;

- повышение энергоэффективности;
- снижение зависимости от импорта энергоресурсов;
- увеличение доли использования местных и возобновляемых видов топлива.

Реализация государственной политики в сфере использования возобновляемых источников энергии отражена в [1-5].

Для обеспечения энергетической независимости республика сотрудничает с Всемирным банком по реализации:

1. проекта «Модернизация инфраструктуры в социальной сфере Республики Беларусь» – 22,6 млн долл. (12 котельных на древесном топливе и котельная «Боровляны», тепловая мощность 5 МВт);
2. проекта «Модернизация инфраструктуры в социальной сфере Республики Беларусь» (дополнительный заем) – 15 млн долл.;
3. проекта по реабилитации районов, пострадавших от последствий аварии на Чернобыльской АЭС – 50 млн долл.;
4. проекта «Повышение энергоэффективности в Республике Беларусь» – 125 млн долл.
5. Реализации проекта по реабилитации районов, пострадавших от последствий аварии на Чернобыльской АЭС (дополнительный заем) – 30 млн. \$.

Развитие сотрудничества с ГЭФ/ПРООН и ЕЭК ООН отражено в реализации: проекта «Применение биомассы для отопления и горячего водоснабжения в Республике Беларусь» (3,129 млн долл.).

Началась реализация национальной программы «Развитие местных, возобновляемых и нетрадиционных энергоисточников на 2011-2015 гг.»: строительство и модернизация 221 энергоисточника на местных видах топлива суммарной электрической мощностью 120,3-128,3 МВт и тепловой мощностью – 1383 МВт; строительство 102 биогазовых комплексов в организациях сельского и жилищно-коммунального хозяйства, микробиологической промышленности и на полигонах коммунальных и бытовых отходов суммарной электрической мощностью 77,8 МВт.

Технически доступный потенциал биотоплива в Беларуси может покрыть до 8-10 % ожидаемого дефицита мощностей. Конечной целью развития биоэнергетики в республике является создание собственного топливно-энергетического цикла на возобновляемых видах биотоплива с учетом экологических и экономических преимуществ данного направления.

ЛИТЕРАТУРА

1. Закон Республики Беларусь «О возобновляемых источниках энергии» от 27 декабря 2010 г. №204-З.
2. Директива Президента Республики Беларусь «Экономия и бережливость – главные факторы экономической безопасности государства» от 14 июня 2007 г. №3.
3. Республиканская программа энергосбережения на 2011-2015 гг. (утверждена постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 24 декабря 2010 г. №1882).
4. Стратегия развития энергетического потенциала Республики Беларусь (утверждена постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 9 августа 2010 г. №1180).
5. Национальная программа «Развитие местных, возобновляемых и нетрадиционных энергоисточников на 2011-2015 гг.».

УДК 681.3 УСТРОЙСТВО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ

Сычик В.А., докт.техн.наук, профессор
УО «Белорусский национальный технический университет»
г. Минск, Республика Беларусь

Русан В.И., докт.техн.наук, профессор
УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»
г. Минск, Республика Беларусь

Уласюк Н.Н., кандидат наук, доцент
УО «Белорусский национальный технический университет»
г. Минск, Республика Беларусь

Для преобразования солнечной энергии в электрическую используются устройства, содержащие оптический усилитель в форме линзы Френеля и фотоэлектрический элемент, представляющий структуру в виде двух гетеродиодов, гомоперехода и туннельного диода [1, 2].

Недостатками такого типа преобразователей солнечной энергии являются невысокая выходная мощность, узкий частотный спектр оптической энергии.

Нами разработана конструкция устройства преобразования солнечной энергии в электрическую (УПСЭ) на полупроводниковых р-п структурах, в котором существенно улучшены указанные параметры.

Конструктивно УПСЭ состоит из полупроводниковой p^+i-n-p^+ фоточувствительной структуры, включающей i -слой широкозонного полупроводника, n -слой широкозонного полупроводника и p -слой того же широкозонного полупроводника. На p -слое широкозонного полупроводника сформирован p^+ -слой, который размещен на металлическом основании и является омическим контактом к этому основанию. На i -слое широкозонного полупроводника сформирован сильнолегированный p^+ -слой, на котором размещен проводящий слой из прозрачного материала, одновременно являющийся просветляющим слоем. На проводящий слой, являющийся омическим контактом к p^+ -слою, нанесены внешние металлические выводы.

При воздействии квантов света на рабочую поверхность фоточувствительной структуры УПСЭ со стороны электропроводящего просветляющего слоя фотоны с энергиями $E\nu \geq E_d$, где E_d ширина запрещенной зоны широкозонного полупроводника, проходят просветляющий слой, p^+ -слой широкозонного полупроводника и достигают i -слоя собственной проводимости, в котором создают избыточную концентрацию носителей. Избыточная концентрация фотогенерированных электронов и дырок в i -слое определяется из зависимости

$$\Delta n = \beta \eta I_v \tau_n, \quad \Delta p = \beta \eta I_v \tau_p \quad (1)$$

где β - квантовый выход, η - коэффициент поглощения света в i -слое, I_v - интенсивность света, τ_n , τ_p - время жизни избыточных электронов и дырок. Фотогенерированные дырки разделяются полем второго $i-n$ перехода фоточувствительной структуры и движутся под действием электрического поля первого $p^+ - i$ перехода к омическому контакту, а фотогенерированные электроны в i -слое движутся под действием электрического поля второго $i-n$ перехода через n -слой к третьему $n-p$ переходу фоточувствительной структуры УПСЭ.

Вследствие разделения зарядов на последовательно соединённых p^+i и $i-n$ переходах возникает суммарное фото ЭДС U_d , максимальное значение которой при холостом ходе

$$U_d = \frac{kT}{e} \ln \left(\frac{I_\phi}{I_s} \right), \quad (2)$$

и течёт ток через $i-n$ переход, обусловленный оптически генерированными электронами и дырками

$$I_s = I_s \left[\exp \frac{eU_d}{kT-1} \right] - I_{\Phi} \quad (3)$$

Здесь I_{Φ} - максимальная плотность фототока, соответствующая данной освещенности; I_s - ток насыщения n-p перехода.

В общем случае при заданной интенсивности света фототок, обусловленный избыточными носителями заряда с концентрациями Δn и Δp , определяется выражением:

$$I_{\Phi} = e(\Delta n \mu_n + \Delta p \mu_p) U_d \quad (4)$$

Напряжение U_d прямой полярности и градиент концентрации носителей в n-слое широкозонного полупроводника обеспечивает инжекцию электронов из n-слоя через третий резкий n-p переход в p-слой причем плотность тока через него при последовательном соединении всех трех переходов фоточувствительной структуры одинакова и равна значению тока I_s . Величина фото ЭДС определяется суммарной высотой потенциальных барьеров первого p^+-i и второго $i-p$ переходов и составляет величину $(0,8 \pm 1,0)$ В.

Создано экспериментальное устройство - полупроводниковый преобразователь солнечной энергии в электрическую размером 48×48 мм, который может использоваться как элемент-модуль солнечной электростанции. Устройство выполнено структурой p^+-i Si резкий переход n-p Si резкий переход с омическими контактами из светопроводящего прозрачного окисла олова.

Экспериментальный полупроводниковый преобразователь солнечной энергии размером полезной площади 48×48 мм при интенсивности солнечного излучения $P_{\Sigma} = 65$ мВт/см² позволяет получать рабочий ток $I = 0,32$ А, рабочее напряжение 0,9 В, полезную выходную мощность $P_{\text{вых}} = 0,3$ Вт. Рабочая температура $T_p = 20^\circ\text{C}$, расчётная надёжность безотказной работы УПСЭ составляет 10^5 часов. Для прототипа аналогичных размеров эти параметры соответственно составляют: $I = 0,21$ А, $P_{\text{вых}} = 0,15$ Вт, $T_p = 25^\circ\text{C}$ и надёжность работы не выше $2 \cdot 10^4$ часов.

На базе созданного УПСЭ при использовании матрицы элементов может быть изготовлена солнечная батарея электрической энергии больших мощностей, используемая как автономный источник электроэнергии в стационарных, подвижных и космических объектах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Патент России RU 02122259, МКИ⁷ Н 01L 31/18.
2. Патент США 4191593, МКИ⁵, Н 01L 31/06, 1990.

УДК 681.3

ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ

Сычик В.А. докт. техн. наук, проф., Уласюк Н.Н., канд. техн. наук, доц.

УО «Белорусский национальный технический университет»

г. Минск, Республика Беларусь

Шумило В.С., кандидат наук, доцент

ЗАО «Атлант» г. Минск, Республика Беларусь

Для использования энергии солнца находят применение преобразователи солнечной энергии в электрическую, в состав которых входят фоточувствительные структуры, включающие p-n переходы, из высокоомных элементов типа A_3B_5 . Однако, такие преобразователи обладают существенными недостатками: невысокой выходной мощностью и высоким сопротивлением растекания носителей.

Созданная нами конструкция полупроводникового преобразователя солнечной энергии (ППСЭ) обладает улучшенными электрофизическими параметрами.

Конструктивно ППСЭ состоит из полупроводниковой $p^+-p-i-p^+$ фоточувствительной структуры, включающей p^+ -слой широкозонного полупроводника (подложка), на которой последовательно размещен i-слой собственной проводимости, p-слой и p^+ -слой, которые

выполнены из того же широкозонного полупроводника. На сильнолегированном p^+ -слое сформирован проводящий слой из светопрозрачного материала, одновременно являющийся просветляющим слоем. На проводящий слой, являющийся омическим контактом к p^+ -слою широкозонного полупроводника, нанесен внешний металлический вывод. p^+ -слой широкозонного полупроводника размещен на металлическом основании, являющимся внешним выводом ППСЭ.

При воздействии квантов света на рабочую поверхность ППСЭ со стороны электропроводящего просветляющего слоя фотоны с энергиями $E_v \geq E_g$, где E_g ширина запрещенной зоны широкозонного полупроводника, проходят просветляющий слой, тонкий p^+ -слой широкозонного полупроводника, p -слой, достигают i -слоя собственной проводимости и создают в p -слое и i -слое широкозонного полупроводника избыточную концентрацию носителей заряда. Избыточная концентрация фотогенерированных электронов и дырок в p -слое и i -слое определяется из зависимости

$\Delta n = \beta \eta I_v \tau_n$, $\Delta p = \beta \eta I_v \tau_p$ (1), где β - квантовый выход, η - коэффициент поглощения света в p -слое и i -слое, I_v - интенсивность света, τ_n , τ_p - время жизни избыточных электронов и дырок. Фотогенерированные электроны и дырки разделяются электрическим полем первого p - i перехода и второго i - n^+ перехода, причем дырки движутся к верхнему омическому контакту - проводящему слою, а электроны к p^+ -слою, выполняющему функции нижнего омического контакта ППСЭ. Вследствие разделения зарядов на последовательно соединенных p^+ - i и i -переходах возникает суммарная фото ЭДС U_d , максимальное значение которой при холостом ходе

$$U_d = \frac{kT}{e} \ln \left(\frac{I_\phi}{I_s} \right) \quad (2), \text{ и течет ток через } i\text{-}n^+ \text{ переход, обусловленный оптически генерированными электронами и дырками}$$

$$I_a = I_s \left[\exp \frac{eU_d}{kT} - 1 \right] - I_\phi \quad (3)$$

Здесь I_ϕ - максимальная плотность фототока, соответствующая данной освещенности; I_s - ток насыщения p - n перехода.

В общем случае при заданной интенсивности света фототок, обусловленный избыточными носителями заряда с концентрациями Δn и Δp определяется выражением:

$$I_\phi = e(\Delta n \mu_n + \Delta p \mu_p) U_d \quad (4)$$

Величина фото ЭДС ППСЭ определяется суммарной высотой потенциальных барьеров p - i и i - n^+ переходов и составляет величину (0,8÷1,0)В.

Создано экспериментальное устройство - полупроводниковый преобразователь солнечной энергии в электрическую размером 48х48 мм на основе широкозонного полупроводника - кремния, который может использоваться как элемент-модуль солнечной электростанции. Устройство выполнено структурой p - i Si-резкий переход i - n^+ Si резкий переход с верхним омическим контактом из проводящего светопрозрачного слоя, изготовленного из окиси олова-индия. p^+ -слой выполнен толщиной 0,1 микрон из кремния, легированном бором до концентрации $N_A = 10^{21} \text{ см}^{-3}$. p^+ -слой 3 контактирующий с p^+ -слоем сформирован путем легирования бором с концентрацией $N_A = 10^{21} \text{ см}^{-3}$.

Сильнолегированный p^+ -слой выполнен из кремния, он легирован донорной примесью до концентрации $N_A = 10^{21} \text{ см}^{-3}$, его толщина соответствует толщине подложки. На верхний омический контакт - проводящий слой нанесен внешний электрический вывод, представляющий собой алюминия и никель толщиной 2 микрона и шириной 2 мм по периметру края проводящего слоя. Конструкция фоточувствительной структуры ППСЭ размещена на алюминиевом основании размером 48 х 48 мм, толщиной 1 мм и соединена с ним токопроводящим клеем.

Экспериментальный полупроводниковый преобразователь солнечной энергии размером полезной площади 46 х 46 мм при интенсивности солнечного излучения $P_2 = 65 \text{ мВт/см}^2$ позволяет получать рабочий ток $I = 1,2 \text{ А}$, рабочее напряжение 0,9 В, полезную выходную

мощность $P_{\text{вых}} = 1,2 \text{ Вт} (\geq 480 \text{ Вт/ м}^2)$. Расчётная надёжность безотказной работы ППСЭ составляет 10^5 часов. Для известных аналогов эти электрические параметры соответственно составляют: $I = 0,21 \text{ А}$, $P_{\text{вых}} = 0,15 \text{ Вт}$, и надёжность работы не выше $2 \cdot 10^4$ часов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Патент США 4191593, МКИ⁵, Н01В 31/06, 1990.

2. Заявка Великобритании 2023927, МКИ⁴, Н01В 31/06, 1980

НОВЫЙ ПОДХОД ПРИ РЕШЕНИИ ПРОБЛЕМ РАЗВИТИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Русан В.И., д.т.н., профессор, Касаткин Н.П.,

УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»

г. Минск, Республика Беларусь

Мировая общественность все более проявляет обеспокоенность в связи с возможностью глобальной катастрофы, вызванной деятельностью человечества в индустриальный период своего развития. Тревогу вызывает тенденция на увеличение интенсивности деятельности международных корпорации, направленной на все возрастающую эксплуатацию ресурсов окружающей среды, включая недра.

Основными факторами такой катастрофы считаются загрязнение окружающей среды выбросами промышленного производства и транспорта, повышение фона радиации в результате разрушения озонового экрана в нижней стратосфере Земли полетами сверхзвуковых самолетов и использованием фреона на производстве и в быту, потепление климата в результате «парникового эффекта», при котором образовавшийся вокруг Земли слой углекислого газа препятствует отводу избыточного тепла в виде инфракрасного излучения из атмосферы в космос.

Научный мир пока не в состоянии выработать концепцию поведения человечества в новых условиях. Программы, принимаемые правительствами некоторых стран, или не выполняются в полном объеме или не решают проблемы из-за отсутствия научного ответа на возникающие вызовы. Более того, очень часто интересы глобального бизнеса расходятся с интересами выживания человеческого сообщества. В этом противостоянии победу одерживает сторона, имеющая финансовое преимущество, лоббируя свои интересы даже в научных кругах. Все больше проводится научных конференций, направленных на продвижение определенных технологий и товаров на другие рынки, а вовсе не на решение глобальных проблем.

Между тем, все же необходимо что-то предпринимать. И прежде всего надо разобратся с воздействием на окружающую среду через введение понятия что есть окружающая среда, пространство, что есть энергия, как она получается из пространства.

До сих пор ответы на такие вопросы пытались дать:

1. Древние греки из школы пифагорейцев. Они искали смысл Вселенной в математической устроенности.

2. Теологи. Сотворение мира творцом из хаоса.

3. Учение, близкие к нам по времени жизни, например, Ньютон, Планк, Шредингер, Бор, Гейзенберг, Дирак, Борн, Больцман, Эйнштейн, Хокинс и многие другие. Они представили свои теории, которые противоречат друг другу. Современные физики-экспериментаторы продолжают поиски некоего связующего бозона Хиггса, которого якобы не хватает для полного описания Вселенной, Большого Взрыва и т.д.

Перечисленные подходы к пониманию Вселенной не являются исчерпывающими, а только наиболее значимыми. Некоторые мыслители высказывали суждения об устройстве Вселенной как бесконечно делимой субстанции. В их числе был В. И. Ульянов-Ленин с работой «Материализм и эмпириокритицизм». Такое суждение в эпоху кризиса физики на фоне

открытия делимости атома можно назвать революционным, так как ничто не мешало признать неделимость следующей открытую частицу.

Но как быть с последней инстанцией в виде бозона Хиггса? Очень похоже на шаг назад в осмысливании мироздания.

При экспериментальном изучении мы имеем дело с массивом информации, полученном на основании наблюдений тех или иных явлений посредником-наблюдателем-человеком. Очень просто можно заметить ограниченность посредника в его восприятии. Ведь самый тонкий орган чувства у него – это глаз, воспринимающий поток фотонов. Но фотон не является последней инстанцией (да простит меня А. Эйнштейн). Фотон обладает массой, так как имеется эффект светового давления, возникающий в результате обмена количеством движения со световым экраном (парусом). Наличие массы свидетельствует о сложном строении фотона. Частично об этом же свидетельствует эффект разложения света.

Приняв положение о бесконечном делении, можно прийти к выводу о первоопределяющей роли движения в формировании пространства и Вселенной.

Исходя из представления о роли движения в структурировании пространства, формировании материи и материальных сфероподобных объектов, следует утверждение, что энергия присутствует в любой области пространства и проявляется в виде температуры тела этого пространства, а другими словами в виде кинетической энергии хаотически движущихся частиц в этой области. Эту энергию принято называть тепловой энергией.

Выработка механической (электрической) энергии представляет собой преобразование хаотического движения (теплоты) в упорядоченное движение с помощью устройства, имеющего мишень (днище поршня в поршневом тепловом двигателе, лопатка в тепловой турбине), в которую ударяются хаотически движущиеся частицы, отдавая часть своей энергии на приведение этой мишени в движение.

В природе пространства существует движение циркуляции, которое обусловлено структурной слоистостью сферических объектов. Циркуляция – это процессы переструктурирования сферических объектов с выделением или поглощением движения (энергии).

Энергию естественных циркуляций на поверхности сферического объекта под названием планета Земля люди используют для выработки электричества (гидроэлектростанции, ветряные электростанции, традиционные геотермальные одноконтурные электростанции на месторождениях парогидротерм и др.). По такому же принципу можно получать энергию искусственно, т.е. через организацию деформаций и переструктурирования пространства (сферических объектов).

Движение есть первичная субстанция пространства. Оно обладает свойством относительности. Относительность присутствует абсолютно во всём пространстве от бесконечно малого до бесконечно большого. В относительности движения заключается причина универсального взаимодействия сферических объектов. Таковы общие черты образного понимания реального мира. Только такой подход ведёт к истине.

И наоборот, метод пифагорейцев в поиске истины на основе математики, иногда используемый в науке, приводит к миру искусственному (модели), отличному от реального с получением ложных результатов в исследованиях. Например, а) теория относительности, применимая для больших пространств и скоростей с определяющей ролью скорости света, б) термодинамика идеального газа и др. Математика, формулы – это только инструмент, которым надо пользоваться аккуратно, не выходя за пределы больших искажений.

Образное мышление позволяет давать определение сущности физических понятий и явлений, находить оптимальные решения в технических разработках.

С применением образного мышления разработаны два предложения в области выработки энергии. Эти предложения были подробно рассмотрены в докладах авторов на предыдущих конференциях, прошедших в стенах этого почтенного университета 23-24 октября 2009 года и 26-28 мая 2010 года.

Указанные работы открывают путь к совершенному циклу тепловых двигателей и показывают возможность получения энергии без сжигания ископаемого топлива, в том числе и на территории Республики Беларусь.

УДК 620.9

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ВЕТРОЭНЕРГЕТИКИ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Коротинский В.А., к.т.н., доцент, Гаркуша К.Э., к.т.н., доцент, Лаврененок Е.К.

УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»

г. Минск, Республика Беларусь

В мировом рейтинге стран развивающих на своей территории ветроэнергетику Беларусь занимала в 2010 г. 67-е место (из 83-х в списке [1]), хотя располагает ветроэнергетическими ресурсами, достаточными для обеспечения 10...20 % требуемой электроэнергии в стране.

Ветроэнергетика, как и любая отрасль хозяйствования, должна обладать тремя обязательными компонентами, обеспечивающими ее функционирование:

- ☐ ветроэнергетическими ресурсами;
- ☐ ветроэнергетическим оборудованием (ВЭУ);
- ☐ развитой ветротехнической инфраструктурой.

1-й компонент. Для ветроэнергетики Беларуси энергетический ресурс ветра практически неограничен. В стране имеется развитая централизованная электросеть и большое количество свободных площадей, не занятых субъектами хозяйственной деятельности. Поэтому размещение ВЭУ и ВЭС обуславливается только грамотным размещением ветроэнергетической техники на пригодных для этого площадях (рис. 7.1) [2].

2-й компонент. Возможности приобретения зарубежной ветротехники весьма ограничены.

3-й компонент. Отсутствие инфраструктуры по проектированию, внедрению и эксплуатации ветротехники и, соответственно, практического опыта и квалифицированных кадров можно преодолеть только в ходе активного сотрудничества с представителями развитой ветроэнергетической инфраструктуры зарубежья.

Исходя из ветроэнергетического потенциала, только в Минской области насчитывается 1076 строительных площадок под размещение на каждой от 3 до 10 ВЭУ континентального базирования мощностью до 1 МВт. Среднегодовая выработка только 10 % этих ВЭУ в статистическом распределении времени работы в номинальном режиме от 2500 до 3300 ч в год на срок эксплуатации установок составляет около 2676 млн кВт·ч [3].

За последние десять лет в Республике Беларусь в эксплуатации находилось 5 различных ВЭУ: «Нордекс 29/250» (мощность – 250 кВт); «Якобс 48/600» (мощность – 600 кВт); станция «ВЭС-200 кВт» (мощность 3*77 кВт производства ООО «Аэролла»); «ВЭУ-250» (мощность – 250 кВт, производства ООО «Аэролла») и «ВЭУ-6» (мощность – 6 кВт, производства ООО «Аэролла»).

Вопрос развития ветроэнергетики в Беларуси – это вопрос не столько ветрового потенциала, сколько вопрос экономики и энергетической политики. Количество площадок для ВЭУ, конечно, существенно больше, чем 1840, но выбирать их следует не только по скорости ветрового потока, но и с учетом наличия и мощности сетей в непосредственной близости от площадки. Появление на международном рынке ВЭУ мощностью 1,5...2 МВт континентального базирования (высотой 90...110 м) в принципе изменяет перспективы развития ветроэнергетики в стране. Альтернативный инновационный сценарий позволяет снизить потребление газа в энергетике до 2020 г. почти наполовину: с нынешних 18,5 млрд м³ до 9,3 млрд м³. Цикл строительства ВЭУ занимает менее года, поэтому можно оперативно корректировать ввод ветроэнергетических мощностей в зависимости от динамики энергопотребления.

Немецкая компания «Entrag AG» планирует построить в Дзержинском районе Минской области у поселка Волма (самое высокое место в Беларуси) первый ветропарк в 2012 г. Проект планируют реализовать в два этапа. На первом создадут ветропарк с энергетической мощностью до 80 МВт, на втором его мощность возрастет до 160 МВт. Стоимость первого этапа составит около 104 млн евро собственных средств компании [4].

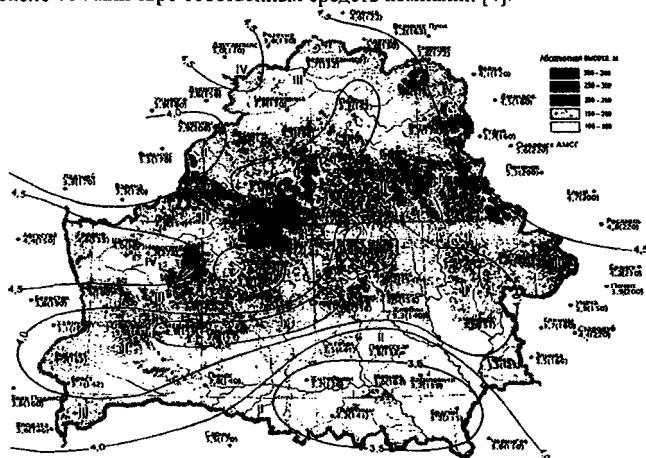


Рис. 1. Карта зонального распределения среднегодовых фоновых скоростей ветра в Беларуси:

I, II, III, IV – зоны фоновыми среднегодовыми скоростями ветра соответственно по зонам: I до 3,5; II 3,5...4,0; III 4,0...4,5; IV более 4,5 м/с; 4,2 (163) – ветровые характеристики метеостанции, где 4,2 – среднефоновая скорость ветра, м/с; (163) – абсолютная высота расположения метеостанции, м

В Беларуси в 2011-2015 гг. могут быть построены ветропарки суммарной мощностью до 300 МВт. Об этом говорится в Стратегии развития энергетического потенциала Республики Беларусь, которая утверждена постановлением Совета Министров №1180 и рассчитана на период до конца 2020 г.

Презентация первой в Беларуси ВЭУ мощностью 1,5 МВт (ВЭУ – «НЕAG HW82/1500», пилотный проект) состоялась в Гродненской области в апреле 2011 года. ВЭУ размещена в поселке Грабники Новогрудского района. Среднегодовая выработка электроэнергии установкой в Новогрудском районе составит примерно 3,8 млн кВт·ч, что соответствует экономии условного топлива около 1,1-1,25 тыс. т. По результатам обследования площадки в районе поселка Грабники в дальнейшем здесь возможно размещение ветропарка из семи-восьми ветроэнергетических установок. Суммарная ориентировочная среднегодовая выработка электроэнергии такого ветропарка составит около 25-30 млн кВт·ч.

В заключение необходимо отметить что, эффективность внедрения ВЭС можно оценить на основании срока окупаемости затрат:

$$T = \frac{C_k}{(1-Z)C_A K_i 8760}$$

C_k – удельные капитальные затраты (табл. 7.3), евро/кВт;

C_A – тариф на электроэнергию, евро/кВт·ч;

Z – годовые эксплуатационные затраты (они принимаются на основе имеющихся справочных данных в пределах 20 %, т.е. равными 0,2);

K_i – коэффициент использования номинальной мощности ВЭУ (можно принять 0,305...0,457)

Таблица 7.1

Расчет удельных затрат на ВЭУ

№, №	Стоимостная характеристика	Затраты, евро/кВт
1.	Ветрогенератор (турбина)	1300
2.	Фундамент под ВЭУ	35...40
3.	Транспортные расходы	45...55
4.	ТП 0,69/10 кВ	35...50
5.	ТП 10/35 кВ	45...55
6.	Строительство дорог	14...16
7.	Кабельная сеть ветропарка ВЭС	26...29
8.	ЛЭП для ветропарка	37...40
9.	Монтаж ВЭУ (специальный кран)	35...50
10.	Ввод в эксплуатацию (наладка)	15...25

Годовые эксплуатационные издержки включают:

- ✓ издержки на техническое обслуживание и текущий ремонт, 10 % от стоимости ВЭУ, деленные на срок эксплуатации 25 лет;
- ✓ отчисления на погашение процентной ставки за кредит, 10% от стоимости ВЭУ, деленные на срок эксплуатации 25 лет;
- ✓ отчисление на эксплуатацию сетей, 6 % от годового дохода продаж электроэнергии;
- ✓ налоги, 10...15 % от годового дохода продаж электроэнергии;
- ✓ затраты на топливо отсутствуют, а затраты на заработную плату невелики и входят в издержки по техническому обслуживанию ВЭУ.

ЛИТЕРАТУРА

1. World Wind Energy Report 2010: на сайте www.wwindea.org
2. Лаврентьев, Н., Жуков, Д. Основные виды возобновляемой энергии. Потенциал Беларуси //Энергетика и ТЭК», №7, 2003.
3. НИР №12488 «Методические указания по обоснованию и разработке схемы размещения площадок под ветроэнергетические установки на территории Республики Беларусь», руководитель к.т.н. Пекелис В.Г., Минск, НИПИ «Белэнергосетьпроект», 1995.
4. Новости ветроэнергетики: Белорусская энергосистема будет реформирована в течение 2010-2015 годов, на сайте: www.tycon/category/news_vetro

УДК 620.9 (476)
**ЭНЕРГО-ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАЗВИТИЯ
РАСПРЕДЕЛЁННОЙ ГЕНЕРАЦИИ ЭНЕРГИИ**

Милаш Е.А.

*Министерство энергетики Республики Беларусь
г. Минск, Республика Беларусь*

В связи с удорожанием импортируемых в страну природного газа и нефти в программах развития отечественной энергетики большое внимание уделяется вовлечению в энергобаланс страны местных видов топлива и возобновляемых источников энергии. К местным видам топлива относятся торф и древесина, а также бурый уголь и горючие сланцы. Первые два вида топлива широко используются, прежде всего, для замещения в котельных газа и жидкого топлива. Однако говорить об использовании бурых углей в краткосрочной перспективе ещё рано, так как затраты на их освоение весьма велики и нет реальных инвесторов, хотя имеются планы их освоения и использования к концу нынешней пятилетки. В отношении сланца планы ещё менее определённые. К возобновляемым источникам энергии относятся гидроресурсы, ветровая энергия, биомасса, солнечная энергия, геотермальная энергия и др. Потенциал гидроресурсов в Беларуси невелик – экономический потенциал – 250 МВт, технический – 520 МВт. Энергетический потенциал ветроресурсов полностью не изучен, его оценки колеблются от нескольких до десятков миллиардов кВт ч в год. Потенциал биомассы, включающей в себя древесину, отходы животноводства, птицеводства, специально выращиваемые растения и др., оценивается в размере нескольких (до 3 млн. тонн условного топлива) в год. Потенциал солнечной энергии велик, однако при нынешнем уровне развития технологий преобразования солнечной энергии в электрическую, широкомасштабное использование энергии солнца экономически нецелесообразно.

При замещении природного газа и мазута местными видами топлива не происходит повышения эффективности использования топлива и сокращения выбросов загрязняющих веществ и парниковых газов. Напротив экологическая обстановка только ухудшается, так как кроме выбросов CO_2 в атмосферу поступает метан, закись азота, диоксид серы, зола и другие химические соединения. Ценность древесного топлива состоит в том, что из-за отсутствия серы и малой зольности экологическая обстановка ухудшается незначительно. Содержание серы в торфе относительно невелико, но из-за более низкой теплоты сгорания и содержания водорода, при замещении природного газа торфом возрастают в расчёте на единицу получаемой энергии выбросы диоксида углерода и серы.

Использование бурого угля в энергетике приведёт к существенному возрастанию экологической нагрузки на окружающую среду. Негативные экологические последствия будут иметь место уже на стадии добычи бурых углей, однако более серьёзные последствия появятся в результате его сжигания.

При одностадийном процессе сжигания твёрдого топлива (бурый уголь, торф, древесина) выделяются экологически опасные соединения. Поэтому при дальнейшем увеличении доли местных топлив необходимо использовать современное оборудование, позволяющее осуществлять многостадийный процесс сжигания. Иначе замещение природного газа местными видами топлива приведёт к увеличению выбросов парниковых газов.

Возобновляемые источники энергии, такие как гидроэнергетика, биомасса, ветроэнергостановки, солнечные электрогенерирующие установки, являются экологически чистыми источниками, однако здесь также имеют место определённые негативные экологические последствия. Для гидроэлектростанций возникает проблема с затоплением земель, отводимых под водохранилище. Особенно велик будет экологический и экономический ущерб, если под затопление попадают лесные массивы и пахотные земли.

Использование отходов лесоводства для производства энергии оказывает положительное влияние на экологию, так как при сборе отходов улучшается санитарное состояние леса. При сжигании древесной массы снижаются выбросы окислов серы, азота, тяжелых металлов по сравнению с сжиганием угля и жидкого топлива. Переработка древесных отходов в газогенераторах с целью производства газа экологически менее опасна, чем непосредственное сжигание в топках котлов. Малая зольность и отсутствие серы позволяет обеспечить сгорание древесной массы при влажности до 40 – 50 %. Произведенным газом может быть заменено использование жидкого топлива и природного газа в котлах, сушилках и т.д. без дорогостоящей их реконструкции. Данный газ может быть использован также вместо непосредственно сжигаемого древесного топлива.

Весьма позитивные экологические последствия видятся в использовании биомассы животного происхождения (отходы крупного рогатого скота, свиноводства и птицеводства) для производства энергии. Известно, что отходы животноводческих ферм и птицефабрик хотя имеют ценность как удобрения, но содержат много патогенных, вредных для окружающей среды веществ, которые приводят к снижению урожайности, к отравлению животных и людей через продукты питания. Поэтому проблема удаления и утилизации навозных стоков весьма актуальна с точки зрения экологии. С целью обеззараживания эти отходы подвергают аэробной обработке, однако такая обработка требует отчуждения больших площадей, а это приводит к большим потерям из-за сокращения площадей сельхозугодий. Анаэробное сбраживание является самым эффективным способом переработки отходов, так как при этом обеспечивается быстрое и почти полное их обеззараживание. Помимо биогаза и экологически чистого удобрения, при этом получается жидкий сток, который может быть использован для удобрительного полива полей. От эффективности решения проблем утилизации отходов животноводства и птицеводства зависит благополучие окружающей среды в сельской местности.

Хотя эксплуатация ветроэнергостановок не приводит к выбросам загрязняющих веществ в атмосферу, однако они оказывают негативное воздействие на окружающую среду в другом направлении. Прежде всего, следует отметить вред, наносимый птицам и животным. Другое направление вредного воздействия – это шумовое воздействие. Выделяют два источника шумового воздействия. Первый – это механическое и электрическое оборудование и, в частности, редуктор и генератор. Второй – это аэродинамический, возникающий вследствие взаимодействия ветрового потока с лопастями ВЭУ. Однако, шумовое воздействие не больше, чем от других механизмов и машин. В целом, хотя и существуют некоторые экологические проблемы, связанные с сооружением ВЭУ, однако они ни в коей мере не могут оказывать сдерживающего влияния на развитие ветроэнергетики.

Самой экологически чистой является солнечная энергия, так как при её использовании нет выбросов в окружающую среду загрязняющих веществ и парниковых газов. Экологические последствия выражаются в отчуждении земель под размещение солнечных установок.

1 млн кВт·ч, выработанный на солнечных, ветровых, геотермальных и гидравлических электростанциях, предотвращает выброс 1 тыс. т диоксида углерода, 6 т сернистого газа, 1,5 т оксидов азота и заменяет примерно 2 тыс. т у.т. При оценке эффективности сооружения таких возобновляемых источников обычно учитывается одна составляющая эффекта – это экономия топлива. Между тем не учитывается другая составляющая эффекта – ущерб, наносимый окружающей среде. Для тепловых электростанций – это выбросы в окружающую среду, включающие в себя CO_2 , CH_4 , CO и N_2O . Для ТЭС величина эквивалентных выбросов получается на два порядка больше, чем для ВИЭ. Заметим, что эквивалентные выбросы рассчитываются через коэффициенты глобального потепления. Ясно, что отрицательное воздействие ТЭС на окружающую среду значительно больше. Этот фактор не может не учитываться при оценке сравнительной эффективности ВИЭ.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Логинов, В.Ф. Глобальные и региональные изменения климата: причины и следствия/В.Ф. Логинов. – Минск: ТетраСистемс, 2008. – 496 с.
2. Логинов, В.Ф. Экологические последствия использования местных энергетических ресурсов в экономике страны и перспективы участия Республики Беларусь в торговле углеродными единицами: аналитические материалы/В.Ф. Логинов. – Минск, 2011. – 15 с.

УДК 621.577

К ВОПРОСУ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Цубанов А.Г., канд.техн.наук, доцент, Цубанов И.А.

УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»
г. Минск, Республика Беларусь

При теплоснабжении объектов, удаленных от источников теплоснабжения, предпочтительным является использование электронагрева для технологических целей, отопления, вентиляции и горячего водоснабжения.

Согласно СНБ 4.02.01-03 электрическое отопление может применяться с непосредственной трансформацией электроэнергии в тепловую энергию или с помощью тепловых насосов (ТН). В ТКП 45-4.02-74 даны рекомендации по применению ТН при теплоснабжении усадебных жилых домов.

Для повышения эффективности использования электрической энергии в системах электротеплоснабжения, следует предусматривать ТН взамен электропроводоподогревателей и электрических котлов или вместе с ними. Во втором случае применяется двухступенчатая схема типа «ТН – электрокотел (электропроводоподогреватель)».

При замене электрокотлов тепловыми насосами коэффициент уменьшения расхода электроэнергии может быть определен по формуле:

$$K = \frac{\eta_1}{\mu}, \quad (1)$$

где η_1 – КПД электрокотла; μ – коэффициент преобразования ТН..

Для расчета коэффициента преобразования в работе [1] было предложено уравнение:

$$\mu = 240(\Delta t_{TH})^{-1,1}, \quad (2)$$

где Δt_{TH} – разность температур конденсации и испарения рабочего вещества (хладоны) соответственно в конденсаторе и испарителе ТН, °С.

Температуры конденсации и испарения находят в зависимости от температур источников теплоты высокого и низкого потенциала (соответственно ИТВП и ИТНП):

$$t_k = t_1 + \delta t_1, \quad (3)$$

$$t_n = t_2 - \delta t_2 - \Delta t. \quad (4)$$

где t_1 – температура ИТВП на выходе конденсатора ТН, °С; δt_1 и δt_2 – наименьшие температурные напоры в конденсаторе и испарителе ТН, °С; t_2 – температура ИТНП на входе испарителя ТН, °С; Δt – изменение температуры ИТНП в испарителе ТН, °С.

Источником теплоты высокого потенциала является горячая вода, а источником теплоты низкого потенциала могут быть окружающая среда (грунт, грунтовые воды, атмосферный воздух и др.) или теплые «отходы» производства. Во втором случае достигаются больший коэффициент преобразования и большая экономия электроэнергии.

Относительное уменьшение расхода электроэнергии при переходе к использованию ТН в системах электротеплоснабжения:

$$b = (1 - K) \times 100\% \quad (5)$$

Температура нагрева воды в ТН обычно не превышает 80°C, при необходимости большего нагрева воды предусматривают двухступенчатую схему (рис. 1).

Холодная вода (В) из водопровода с температурой t_0 поступает в конденсатор (К) ТН, где нагревается до температуры t_1 (не более 80°C), после чего направляется при в электрокотле (электроводонагреватель) (Н), где нагревается до заданной температуры горячей воды (ГВ) t_1 . Теплота ИТНП при температуре t_2 используется в испарителе (И) ТН с целью испарения хладагента, а затем в конденсаторе для нагрева воды. Охлаждение ИТНП в испарителе происходит до температуры t_3 .

На схеме показаны также компрессор (КМ) и терморегулирующий вентиль (ТРВ).

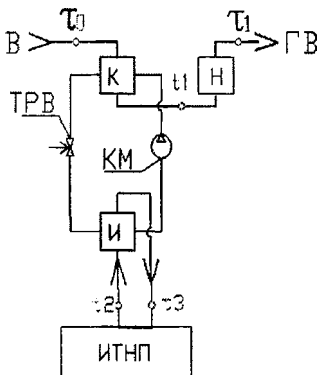


Рис.1. Функциональная схема системы электротеплоснабжения типа «ТН-электроводоподогреватель»

На рис. 2 представлены результаты расчета ожидаемой экономии электроэнергии.

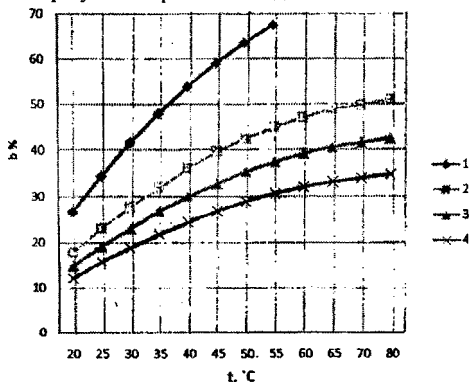


Рис. 2. Относительное снижение расхода электрической энергии в зависимости от температуры воды на выходе ТН:

1 - при $\tau_1 = 55^\circ\text{C}$; 2 - при $\tau_1 = 80^\circ\text{C}$; 3 - при $\tau_1 = 95^\circ\text{C}$; 4 - при $\tau_1 = 115^\circ\text{C}$

При нагреве воды по двухступенчатой схеме коэффициент уменьшения расхода электроэнергии:

$$K_1 = K \frac{t_1 - \tau_0}{\tau_1 - \tau_0} + \frac{\tau_1 - t_1}{\tau_1 - \tau_0} \quad (7)$$

При расчетах были использованы следующие параметры: $\eta_1 = 0,95$; $\tau_0 = 5^\circ\text{C}$; $t_2 = 10^\circ\text{C}$ и $\Sigma(\Delta t) = \delta t_1 + \delta t_2 + \Delta t = 10^\circ\text{C}$.

С увеличением конечной температуры нагрева воды уменьшается экономия электрической энергии, что объясняется уменьшением коэффициента преобразования ТНУ и увеличением потребления электрической энергии в электродотле при нагреве воды до температур более 80°C .

Наибольшая экономия электрической энергии достигается при нагреве воды до 55°C и составляет при этом 67%.

При требуемом нагреве воды до 115°C экономия электроэнергии составляет 33%.

Следует отметить, что экономический эффект существенно зависит от температуры ИТНП. В нашем случае в качестве ИТНП были приняты грунтовые воды с относительно невысокой температурой $t_2 = 10^\circ\text{C}$. Использование теплых «отходов» производства с более высокой температурой позволит существенно увеличить экономию электрической энергии при использовании ТН взамен электроводонагревателей или электродотлов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Цубанов, А.Г. Тепловые насосы – утилизаторы теплоты отработавшего сушильного агента/ А.Г. Цубанов, А.Л. Синяков, И.А.Цубанов // Агропанорама, №2, 2010. – С. 27-31.

УДК 620.9

ЭФФЕКТИВНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕСТНЫХ ВИДОВ ТОПЛИВА

Усов Г.Г.

УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»
г. Минск, Республика Беларусь

Микулич С.И.

Глубокские электрические сети, г. Глубокое, Республика Беларусь

В современных условиях проблема энергосбережения является важнейшим и приоритетным направлением. Стремительное повышение цен на импортируемые энергоресурсы заставляет потребителей использовать вторичные ресурсы. Это местные виды топлива: торф, дрова, солома и промышленные отходы стружки, опилки, щепа и др.

В 2006-2010 годах в Беларуси построены 11 мини – ТЭЦ, работающих на древесном топливе, а в соответствии с программой «Строительство энергоисточников на местных видах топлива в 2010-2015 годах» в республике должен быть введен в эксплуатацию 161 энергоисточник на местных видах топлива.

В стране лесов, что составляет, 38% от всей территории и развитого деревообрабатывающего производства древесное топливо на протяжении тысячелетий было одним из основных источников энергии. Поэтому древесные отопительные котлы должны стать широко востребованными организациями, предприятиями так и физическими лицами. Они могут работать автономно.

Мобильное котельное оборудование может работать по свободному графику, автономна и предоставляется возможность избавиться от ведомственной зависимости.

В основном отопительные котлы на местных видах топлива более просты, но обеспечены необходимым минимумом надежной, безопасной автоматикой. Их можно устанавливать на промышленных предприятиях, ремонтных мастерских, базах и т.д.

В настоящее время в Глубокских электрических сетях большое внимание уделяется переводу на древесное топливо котельных производственных баз районов электрических сетей, оперативно-эксплуатационных пунктов (ОЭП). К примеру, переведены на местные виды топлива котельные базы Докшицкого РЭС, Бегомельского ОЭП. Это позволило в среднем экономить около 150 тысяч кВт·ч. электроэнергии.

Для того чтобы более реально снизить расход электроэнергии было принято решение о замене электроотопления базы Глубокского РЭС на котел работающий на древесной щепе.

Глубокские электрические сети на данный момент имеют 2,5 тысячи гектаров просек под воздушными линиями и цех деревообработки. Для утилизации прорубочных отходов используют мобильный дробильный парк. Древесину измельчают на промежуточных складах и обязательным условием эффективного применения является, использование низкосортной древесины.

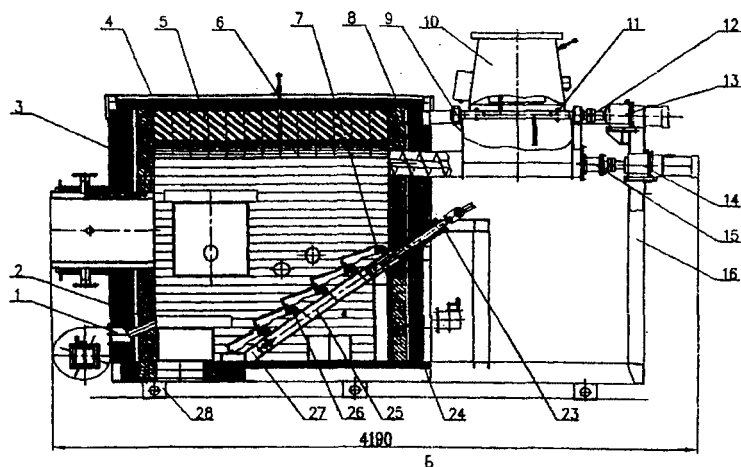
Общеизвестно, что индивидуальные источники тепла позволяют более рационально расходовать ресурсы, однако специалисты предупреждают, что в каждом конкретном случае нужно просчитывать необходимость внедрения оборудования с учетом всех «за» и «против» иначе они могут оказаться как высокорентабельными, так и глубоко убыточными.

При изучении технических данных котлов, было отдано предпочтение котлу типа КВ-0,5Т, с топкой ТСДО-0,5 с механизированной подачей топлива производства ОАО «ГСКБ» г. Брест.

По предварительным подсчетам только работа одного котла на щепе позволит сократить расход электрической энергии на отопление до 295 тонн условного топлива.

ВЫВОДЫ

Энергосбережение является одним из приоритетных направлений энергетической политики, а энергосберегающие технологии становятся первоочередной задачей для экономики предприятий. В ближайшее время необходимо решить все научные и технические



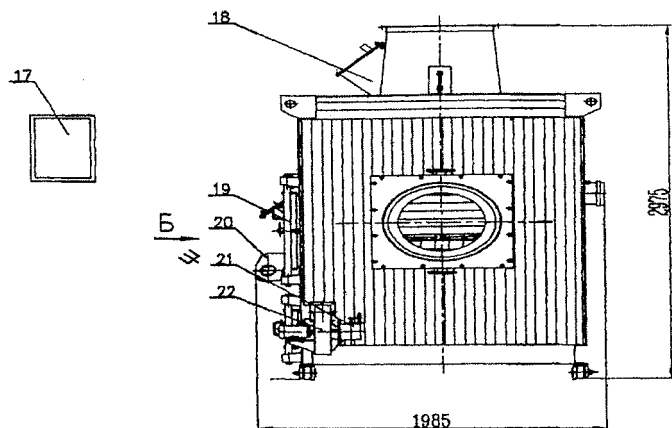


Рис. 1. Отопительный котел.

1 – распределительный воздухопровод; 2 – стенка из шамотного кирпича; 3 – маты теплоизоляционные; 4 – крышка верхняя; 5 – свод; 6 – штуцер подачи воды в топку; 7 – колосник; 8 – шнек; 9 – опора подшипниковая; 10 – бункер; 11 – ворошилка; 12 – муфта; 13 – мотор-редуктор ворошилки; 14 – мотор-редуктор шнека; 15 – подшипниковый узел; 16 – каркас; 17 – ящик управления топкой и котлом; 18 – крышка смотрового люка; 19 – дверка смотрового люка; 20 – горелка; 21 – заслонка ручная; 22 – вентилятор; 23 – направляющая; 24 – толкатель; 25 – лежка; 26 – ось; 27 – рама неподвижная; 28 – колесо топки.

проблемы с тем, чтобы стимулировать решения в области повышения энергоэффективности использования местного топлива и предусмотреть стимулирование за неиспользование импортируемых энергоносителей, тем более что Беларусь располагает большими запасами местного топлива.

ЛИТЕРАТУРА

Усов, Г.Г., Микулич С.И. Эффективное использование местных видов топлива. // Перспективы и направления развития энергетики АПК. Материалы Международной научно-технической конференции. Мн.: 2007.

УДК 620.3

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ НАНОМАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ЭНЕРГЕТИКИ

Лагутин А.Е., к.т.н.

УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»

г. Минск, Республика Беларусь

Развитие функциональных наноматериалов для энергетики подразумевает существование трех основных глобальных процессов (мегапроектов):

- 1) разработка наноматериалов для генерации электроэнергии;
- 2) разработка наноматериалов для передачи электроэнергии;
- 3) разработка наноматериалов для потребления электроэнергии.

Данные мегапроекты целесообразно разбить на проекты в зависимости от типов и направлений ключевых технологий, использующих те или иные наноструктурные материалы [1]. Внутри проектов реализуются подпроекты и процессы разработки материалов, процессы проведения НИОКР, разработки опытно-промышленных технологий, организации промышленных производств, широкого внедрения в энергетику.

Наиболее развитыми нанотехнологическими проектами в сфере энергетики являются: хранение, преобразование, улучшения в производстве (уменьшение потребления материалов, а также длительности процессов), энергосбережение (например, за счет разработки новых методов термоизоляции), использование возобновляемых источников энергии. Среди различных подходов, используемых для решения этих проблем, стоит упомянуть новые материалы, используемые в аккумуляторах, топливных элементах и солнечных батареях, в качестве катализаторов, а также прочные легкие конструкционные элементы.

Основные области применения нанотехнологий и коммерческие перспективы энергетики к 2015 году. Мировой рынок продуктов нанотехнологий в энергетике составлял в 2007 г. порядка 200 млн. долларов США. Увеличение стоимости энергии, выработка традиционных источников энергии и законодательство требуют, чтобы и циклы жизни продуктов, и процессы их производства не оказывали заметного влияния на окружающую среду. Таким образом, можно говорить о наличии фундаментальной задачи использования более экологичных наноструктурированных материалов. Согласно прогнозам, к 2015 г. материалы и процессы на основе нанотехнологий будут оцениваться в 4,92 млрд. долларов США (рисунок 1)[2].

Проникновение нанотехнологий в сферу энергетики достигнет к этому времени уровня 36,3%. На рисунке 2 показано распределение доходов от введения нанотехнологий по секторам сферы энергетики. Наибольшая доля приходится на накопление энергии и преобразование энергии солнечного излучения. Ожидается, что к 2015 г. 36,3% продуктов, связанных с энергетикой, будут содержать в себе в той или иной форме результаты применения нанотехнологий.

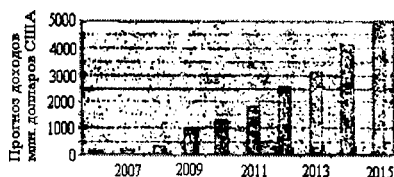


Рисунок 1 – Консервативная оценка ожидаемых доходов от введения нанотехнологий в сфере энергетики

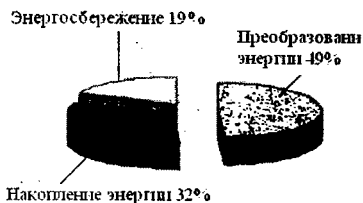


Рисунок 2 – Ожидаемое распределение доходов по секторам мирового рынка нанотехнологий в сфере энергетики в 2015 г.

Разработка наноматериалов для генерации электроэнергии. Ядерная энергетика обеспечивает более одной шестой части всемирного потребления электричества. Тепловая мощность современных ядерных энергетических реакторов достигает 5 ГВт. Однако для реализации и широкого внедрения в энергетiku быстрых реакторов необходимо завершение целого ряда исследований по созданию конструкционных и функциональных материалов. В данной области прогресс возможен главным образом при использовании наноструктурированных материалов. В настоящее время среднемировая стоимость электричества, вырабатываемого на АЭС, несколько дороже электричества, вырабатываемого на новых газовых или угольных электростанциях, и достигает 6,5 центов/кВт·ч. При увеличении числа новых АЭС реально ожидать снижения стоимости до 6,0 центов/кВт·ч. Атомная энергия уже станет экономически выгодной, если за выбросы углерода придется платить. Так, при налоге в 200 долларов США за 1 тонну углерода цена «угольного» электричества достигнет 9 центов/кВт·ч.

Другая область энергетики, где требуются новые материалы, – возобновляемые источники энергии, или ВИЭ. К ним относят: гидро-, солнечную, ветровую, геотермальную, гидравлическую энергию, энергию морских течений, волн, приливов, температурного градиента морской воды, разности температур между воздушной массой и океаном, тепла Земли, биомассу животного, растительного и бытового происхождения. В данном случае запасы топлива можно считать практически неисчерпаемыми. Анализируя энергетику на основе ВИЭ,

следует особо отметить быстрое развитие солнечной энергетики. В настоящее время вклад в мировую энергетику солнечных батарей мал, тем не менее, он демонстрирует чрезвычайно высокий устойчивый рост. Уже в 2010 г. мощность установок на фотоэлементах достигла 3,2÷3,9 ГВт, а выручка производителей составила 18,6÷23,1 млрд. долл./год. Когда установленные мощности фотоэлементов в мире удваиваются, цена электричества, производимого солнечной энергетикой, падает на 20÷30%.

В последнее время с развитием наноматериалов появляется возможность резкого повышения КПД солнечных батарей, а также решения ряда практических вопросов их применения – использования концентраторов падающего на поверхность фотоэлементов излучения, исключения загрязнений поверхности путем нанесения специальных наноструктурных гидрофобных грязезащитных покрытий. Особой перспективностью отличаются наноструктурные материалы с заданной молекулярной структурой (например, титановые нанотрубки), позволяющие увеличить светопоглощающую способность в 10 раз. В настоящее время стоимость энергии, вырабатываемой лучшими установками, составляет 5÷6 центов/кВт·ч. Максимальный КПД, достигнутый на солнечном элементе, – 28,3 %.

Ветровая энергетика развивается не менее активно, чем солнечная. Так, в конце 2008 г. общая установленная мощность всех ветрогенераторов составила 120 ГВт, увеличившись вшестеро с 2000 г. Себестоимость электричества, производимого ветрогенераторами, зависит от скорости ветра и колеблется от 4;8 цента/кВт·ч при скорости ветра 7,16 м/с до 2,6 цента/кВт·ч при скорости ветра 9,2 м/с (для США, 2004 г.). При удвоении установленных мощностей ветрогенерации себестоимость производимого электричества падает на 15%. В начале 80-х годов стоимость ветряного электричества в США составляла 38 центов/кВт·ч.

Водородная энергетика также обладает высоким потенциалом. Ее преимущество – двигатели нового типа, загрязняющие окружающую среду меньше, чем двигатели внутреннего сгорания в автомобилестроении. Основной элемент топливной батареи, на которой основан водородный двигатель, – это мембрана, отделяющая водород от кислорода. Несмотря на многолетние исследования, до сих пор не разработаны все детали термодинамических подходов к созданию экономичных топливных элементов, позволяющих реализовать термохимический электролиз воды. Также до сих пор остаются нерешенными проблемы хранения водорода – в виде криогенной жидкости, гидридов металлов, в адсорбированном состоянии. Здесь необходим широкий спектр материаловедческих работ, чтобы создать наноструктурированные материалы с требуемыми свойствами.

Передача электроэнергии и создание эффективных энергосистем. Инновационных решений требуют разработка материалов, имеющих более высокую электропроводность и высокую прочность, а также разработка новых технологий аккумулирования электроэнергии, ее коммутации и преобразования. В данном направлении безальтернативным представляется использование сверхпроводящих линий электропередач на основе наноструктурированных высокотемпературных сверхпроводников 2-го поколения, разработка и создание промышленного класса сверхпроводящих индукционных и маховиковых накопителей электроэнергии, разработка и внедрение сверхпроводящих токоограничителей. Для традиционных ЛЭП необходимо использовать наноструктурированные высокопрочные высокоэлектропроводные композиционные материалы на основе меди и алюминия.

Защита от наледи на линиях ЛЭП может быть получено всего в несколько нанометров толщиной. Такое покрытие, препятствующее образованию наледи, первое применение на практике свойств сверхгидрофобного покрытия – нового класса водоотталкивающих веществ. Покрытие состоит из тончайших пленок и имеет микроскопические бороздки, уменьшающие площадь соприкосновения поверхности с молекулами воды и предотвращает обледенение. В США созданы серии покрытий из кремнийорганической смолы с наночастицами кремния размером от 20 нм до 20 мкм. Оказалось, что лишь покрытия с частицами менее 50 нм полностью предотвращали обледенение, при этом конструкции обливались водой при минус 20° С. Столь малые размеры частиц означают и минимальный контакт с водой – вода со-

прикасается лишь с воздушной прослойкой между частицами и соскальзывает с поверхности, не замерзая.

Разработка наноматериалов для потребления электроэнергии. Повышение энергоэффективности потребления электроэнергии связано с разработками новых устройств и материалов, среди которых в первую очередь можно отметить разработку высокоэффективных диодных осветительных устройств, основанных на применении наноструктурных материалов. Новые осветительные приборы должны найти применение в жилищно-коммунальной сфере, в промышленности, в тепличных хозяйствах АПК.

Ведущие мировые державы инвестируют миллиарды долларов в создание рынка сбыта светодиодной продукции. Таким образом, стимулируя внутреннее потребление, правительства этих стран активизируют как рост инвестиций в компании-производители, так и снижение себестоимости светодиодной продукции в результате роста производства.

В последние несколько лет ряд крупнейших корпораций светотехнической промышленности, таких как General Electric, Philips, Osram, пытаются создать источники освещения на основе органических светодиодов – OLED. По сравнению с традиционными полупроводниковыми органические светодиоды имеют ряд преимуществ: из них можно делать однородно светящиеся поверхности большой площади и любой формы.

Заключение. Беларусь не была среди первых стран, осознавших потенциал нанотехнологий и организовавших ее приоритетное финансирование на государственном уровне. Принятие отечественной нанотехнологической программы в области энергетики позволит: 1) сформировать фундаментальную научную базу нанотехнологий; 2) обеспечить подготовку исследовательских кадров для долгосрочного развития нанотехнологий в энергетике; 3) аккумулировать инвестиции в инфраструктуру, повышая эффективность внедрения нанотехнологических инноваций.

ЛИТЕРАТУРА

1. Минаев, О.И. Динамика и структура энергетики [Текст] / О.И. Минаев // Энергобезопасность и энергосбережение. – 2008. – №2 – С.1-2.
2. Перспективы энергетических технологий [Текст] / Доклад МЭА 2010. – www.ica.org

УДК.621.313.333.004

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ МИНИЭНЕРГОКОМПЛЕКСОВ НА БАЗЕ МИКРОТУРБИН

Константинова С. В., канд. техн. наук

УО «Белорусский национальный технический университет»

Минск, Беларусь

Все большее значение во всем мире уделяется энергосбережению путем вовлечения в энергетический баланс стран возобновляемых источников энергии (ВИЭ). Собственными энергетическими ресурсами Республика Беларусь обеспечена приблизительно на 18,3% [1, 2]. Рассматривается возможность использования миниэнергокомплексов в качестве электро-механических устройств распределенного генерирования электрической и тепловой энергии, как одно из направлений решения вопроса энергообеспечения аграрно-производственных комплексов, что требует серьезных научных разработок как в области первичных приводных двигателей, так и в области генерирующих устройств, внедрения технологии когенерации (способ производства собственного тепла и электроэнергии) и тригенерации (одновременное производство электричества, тепла и холода) энергии, развития биоэнергетики, как топливного ресурса для миниэнергокомплексов, а также ветро-, минигидро- и солнечной энергетики [3].

Новым направлением в развитии электромеханических систем распределенного генерирования предполагается внедрение совершенно нового класса энергетического оборудования – микротурбин (30 кВт–1 МВт). В настоящее время признанными мировыми лидерами

наладившими массовый выпуск надежных, простых и относительно недорогих газовых микротурбин. в указанном диапазоне мощностей [4] являются: Capstone Turbine Corporation (США) – производство микротурбин мощностью 30, 65, 200, 600, 800 кВт и 1 МВт; Ingersoll Rand (США) – производство микротурбин мощностью 250 кВт; OPRA (Голландия) – производство малых турбин мощностью 2 МВт.

Представление о достоинствах нового класса энергооборудования дают технические характеристики микротурбин Capstone (табл. 1).

Таблица 1

Технические характеристики базовых моделей микротурбин Capstone

Параметры микротурбины	Capstone C30	Capstone C65	Capstone C200	Capstone C600	Capstone C800	Capstone S1000
Электрическая мощность, кВт	30	65	200	600	800	1000
КПД по электричеству, %	26 (±2)	29 (±2)	33 (±2)	33 (±2)	33 (±2)	33 (±2)
Общий КПД % электроустановки (с утилизацией тепла)	80–90	80–90	66–90	66–90	66–90	66–90
Диапазон рабочего напряжения, В	380–80	380–480	380–480	380–480	380–480	380–480
Максимальный ток в фазе, А	46	100	275–290	930	1240	1550
Вес, т	0,578	1,121	3,18-3,64	8,14-9,53	12,6-14,4	15,87-18,14
длина × ширина × высота, м	1,5 × 0,7 × 1,94	1,96 × 0,76 × 2,11	3,6 × 1,7 × 2,5	9,14 × 2,4 × 2,89	9,14 × 2,44 × 2,89	9,14 × 2,43 × 2,89
Расход топлива (газа) при номинальной нагрузке, м³/ч	12	23	65	195	260	325
Максимальная температура выхлопных газов, °С	275	309	280	280	280	280
Выход тепловой энергии, кДж/час (Гкал/час)	305 000 (0,073)	591 000 (0,141)	1 420 000 (0,339)	4 260 000 (1,017)	5 680 000 (1,356)	7 100 000 (1,696)
Выброс вредных веществ при 15% O ₂	< 9 ppmV NO _x	< 9 ppmV NO _x	< 9 ppmV NO _x	< 9 ppmV NO _x	< 9 ppmV NO _x	< 9 ppmV NO _x
Уровень шума дБ на расстоянии 10 м,	не более 60	не более 60	не более 60	не более 60	не более 60	не более 60
Скорость вращения турбины, об/мин	96 000	96 000	60 000	60 000	60 000	60 000
Срок службы до капитального ремонта, ч	60 000	60 000	60 000	60 000	60 000	60 000

Низкие температуры сгорания топлива в микротурбинах (510 – 954°C) приводят к сверхнизким уровням выбросов CO и NO_x. Температура выхлопных газов препятствует образованию конденсата серной кислоты и, как следствие, быстрому износу деталей турбины. Генераторы способны работать в диапазонах нагрузки от 0 до 100% номинальной мощности без остановки.

Топливная система и камера сгорания микротурбин пригодны для работы на различных видах газового топлива: природный газ высокого, среднего и низкого давления; свалочные газы; биогаз. Турбина также может функционировать на высокосернистых газах, содержащих до 7% сернистого водорода (H₂S), с низкой или переменной теплотой сгорания; работает на жидких видах топлива (дизельная фракция, керосиновая фракция) с теплотой сгорания до 120 МДж/м³ и содержанием H₂S до 7% от объема топлива. При работе на газах низкого давления все турбины комплектуются дожимными компрессорными станциями.

Высокая частота вращения ротора позволила добиться уменьшения габаритов турбины, благодаря чему энергоустановка имеет малый вес и компактные габаритные размеры. Вместо традиционного синхронного генератора с редуктором использован высокоскоростной генератор с постоянным магнитом на роторе, который напрямую соединяется с ротором турбины. Обмотка статора генератора соединяется со статическим электрическим инвертором, который преобразует переменный ток переменной частоты от генератора в постоянный ток, а затем – в переменный ток трехфазной системы постоянной частоты – 50 Гц при напряжении 380 – 480 В. Это позволяет практически мгновенно реагировать на изменение нагрузки и выдавать требуемую мощность. Частота вращения ротора микротурбины изменяется от 45 000 до 96 000 оборотов и при этом не связана с выходным напряжением. Отсутствие этой связи и возможность изменения частоты вращения в широком диапазоне приводят к оптимальному расходу топлива, пропорциональному нагрузке. Для запуска микротурбинной установки Capstone используется блок аккумуляторных батарей, который компенсирует ток нагрузки, в то время как двигатель набирает обороты. За счет этого микротурбина способна выдерживать 80%-й наброс нагрузки. При единовременном сбросе нагрузки до 80% часть тока идет на зарядку блока аккумуляторных батарей, а скорость вращения вала замедляется с помощью тормозных резисторов. Таким образом, достигается абсолютная эластичность к нагрузке без увеличения износа двигателя и существенного снижения КПД энергосистемы.

Контроль и управление микротурбиной осуществляются микропроцессорной системой автоматического управления. Благодаря высокой степени автоматизации и надежной системе управления установка работает в автоматическом режиме, не требуя постоянного присутствия персонала при нормальном режиме работы. Создание нового класса микроэнергоустановок является базовым основанием для эффективной практической реализации концепции распределенных систем генерации. Этот класс энергоустановок может оказаться весьма эффективным для объектов с непрерывным, но неравномерным потреблением энергии, таких как сельскохозяйственные регионы, городские поселки, районные центры, городские жилые районы, и т.д.

Следует учесть, что в стране осуществляется сплошная газификация. В настоящее время уже все районные центры газифицированы и интенсивно газифицируются городские поселки и большие деревни. Все населенные пункты, практически каждый дом, электрифицированы. Создана густая распределительная сеть напряжением 6–10 кВ. Поэтому в любом локальном центре электрических и тепловых нагрузок Беларуси может быть установлена микроэнергоустановка соответствующей мощности, что позволяет практически реализовать новые подходы к развитию энергетической системы страны, которая, оставаясь единой, будет состоять из интегрированных локальных систем, минимизирующих потоки электрической энергии. Такая децентрализация будет способствовать повышению надежности работы энергосистемы, ее живучести при самых непредвиденных ситуациях. Возможность работы энергоустановок в автоматическом режиме, не требуя постоянного присутствия персонала при нормальном режиме работы, упрощает создание центрального автоматического регуля-

тора частоты и активной мощности, который позволит обеспечить автоматическое регулирование работы электростанций и минимизировать отклонения балансов электрической мощности. При этом развитие биоэнергетики, для которой в Беларуси имеются огромные потенциальные возможности (например, использование в качестве сырья такой культуры как тапиамбур), может пойти по пути создания высокорентабельных специализированных хозяйств по выработке энергетических продуктов и природных удобрений (органического гумуса и питательных солей). Такие хозяйства, используя различные методы переработки биомассы (термо-, био-, агрохимические) на основе технологических процессов пиролиза, газификации, спиртового брожения, анаэробного разложения, биофотолиза, экстракции топлива смогут вырабатывать горючие газы и жидкости, масла, этанол, биогаз, метан, водород. Все эти энергетические продукты являются топливом для нового поколения микроэнергоустановок.

ЛИТЕРАТУРА

1. Коротинский В.А., Гаркуша К.Э. Перспективы развития возобновляемой энергетики в Беларуси // Энергосбережение. Практикум. –2009. – № 11.
2. Поспелова Т., Кузьмич Г.А. Стратегический потенциал ресурсо- и энергосбережения // Энергетика и ТЭК. – 2008г. – № 7/8.
3. Константинова С.В. Пиковые электромеханические устройства распределенного генерирования// Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ «Энергетика». – 2011 г – № 2.
4. Быстрицкий Г.Ф., Хлебников Е.А. Микротурбинные установки в малой энергетике. –М.: ИД «Панорама», Изд-во «Совпромиздат» // Главный энергетик. –2010г –№ 6.

УДК 621.936-61

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ АВТОМОБИЛЯ ЗИЛ 5301 ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ В КАЧЕСТВЕ ТОПЛИВА ЭТИЛОВЫХ ЭФИРОВ ЖИРНЫХ КИСЛОТ

Карнаух Н.В., аспирант

*Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства
имени Петра Василенка
г. Харьков, Украина*

Неотъемлемым компонентом АПК является сельскохозяйственная техника и автомобильный транспорт – один из основных потребителей минерального углеводородного дизельного топлива и источник загрязнения окружающей среды. В то же время, международное сообщество, прибегая к превентивным мерам снижения экологических убытков от эксплуатации транспортных средств, планомерно усиливает требования к токсичности отработанных газов (ОГ). Эмиссия выбросов вредных веществ регламентируется европейским экологическим стандартом (Евро) и Киотским протоколом.

Учитывая энергетическую зависимость нашей страны, ужесточение норм выбросов вредных веществ с отработавшими газами, а также вступлением в силу ДСТУ 4840:2007, согласно которому в дизельном топливе предусматривается до 5% метиловых эфиров жирных кислот, – актуальным становятся исследования альтернативных видов топлива, получаемых из возобновляемых ресурсов растительного происхождения.

По своим физико-химическим, экологическим и экономическим характеристикам наиболее приемлемой альтернативой для регионов Украины является биотопливо на основе масел рапса, подсолнечника и сои, а также и их производные в виде метиловых эфиров.

Однако, метиловый спирт, используемый в производстве альтернативного топлива, изготавливают химические заводы, количество которых ограничено. Сырьем для производ-

ства служит природный газ, запасы которого ограничены не меньше, чем запасы самих нефтепродуктов. Кроме этого, метанол является сильным ядом, негативно влияющим на организм человека. Наряду с этим, метиловый спирт является сильным растворителем и вызывает набухание резиновых уплотнителей и соединительных шлангов.

С учетом вышесказанного, наблюдается целесообразность в замене метилового спирта этиловым, который является пищевым продуктом и не обладает столь агрессивным воздействием. Применением этилового спирта, изготавливаемого из возобновляемых сельскохозяйственных ресурсов, будет достигнута независимость от спиртов на основе нефти и обеспечена полная загрузка производственных мощностей спиртовых заводов [1].

Для оценки показателей топливной экономичности и токсичности отработавших газов проведены стендовые испытания дизеля Д-243 с добавкой к дизельному топливу (ДТ) этиловых эфиров рапсового (ЭЭРМ), подсолнечного (ЭЭПМ) и соевого масел (ЭЭСМ). Испытания проводились на моторном электромагнитном стенде СТЕУ-28-ГОСНИТИ, оборудованном необходимой измерительной аппаратурой.

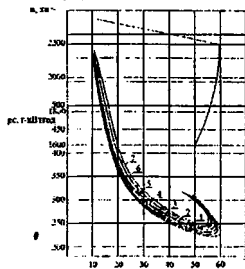
В связи с незначительными отличиями физико-химических свойств бинарного и стандартного топлива, регулировочные и установочные параметры дизеля оставлены неизменными.

В качестве топлива использовался смесевый состав: ДТ, В5-95% ДТ и 5% ЭЭ, В10-90% ДТ и 10% ЭЭ, В20-80% ДТ и 20% ЭЭ, В30-70% ДТ и 30% ЭЭ, В50-50% ДТ и 50% ЭЭ, В100-ЭЭ.

Полученные результаты исследований свидетельствуют, что увеличение доли этиловых эфиров в смеси приводит к снижению ее теплотворной способности и, следовательно, к повышению удельного расхода топлива g_e и снижению эффективной мощности N_e .

Значение g_e при использовании В100 увеличивается: для ЭЭРМ на 10%, для ЭЭПМ на 12%, ЭЭСМ на 14%. При этом наблюдается снижение N_e : для ЭЭРМ на 9%, для ЭЭПМ на 11%, для ЭЭСМ на 13%.

По результатам обработки экспериментальных данных определены характеристики работы дизеля на дизельном и смесевом топливе.



1 – ДТ; 2 – 95% ДТ та 5% ЭЭРМ; 3 – 90% ДТ та 10% ЭЭРМ; 4 – 80% ДТ та 20% ЭЭРМ; 5 – 70% ДТ та 30% ЭЭРМ; 6 – 50% ДТ та 50% ЭЭРМ; 7 – ЭЭРМ

Рис. 1 – Регуляторная характеристика дизеля Д-243

Оценка дымности отработавших газов выполнена согласно ДСТУ 4276:2004.

Представленные данные дают основание утверждать, что увеличение доли эфиров способствует снижению дымности, и при использовании в качестве топлива В100 натуральный показатель ослабления светового потока снижается: для ЭЭРМ на 20%, для ЭЭПМ на 19%, для ЭЭСМ на 16%.

Анализ полученных результатов свидетельствует, что увеличение в смесевом топливе доли этиловых эфиров приводит к снижению выбросов в окружающую среду окисла углерода СО и несгоревших углеводородов C_nH_m . Однако выбросы оксида азота NO_x незначительно

увеличиваются. Так, при применении В100 содержимое СО уменьшилось: для ЭЭРМ на 40%, для ЭЭПМ на 38%, для ЭЭСМ на 37%. Содержание C_6H_6 снизилось: ЭЭРМ на 29%, для ЭЭПМ на 28%, для ЭЭСМ на 27%. Зато содержание NO_x увеличилось: для ЭЭРМ на 5,4%, для ЭЭПМ на 6,6%, для ЭЭСМ на 7,4%.

Полученные экспериментальные данные испытания дизеля на этиловых эфирах подтверждают сравнимость показателей двигателя при его работе на метиловых эфирах [2].

Однако проведенные стендовые испытания дизеля не учитывают совокупность внешних и внутренних воздействий, обусловленных влиянием дорожных и природно-климатических условий. Для более достоверной оценки топливно-экологических показателей расчетным и экспериментальным путем рассматривалось движение малотонажного грузового автомобиля ЗИЛ 5301 ("Бычок") полной массой более 3,5 т с силовым агрегатом Д-243 по городскому и магистральному ездовому циклу в соответствии с ГОСТ 20306 "Автотранспортные средства. Топливная экономичность. Методы испытаний" при работе на разных смесевых составах ДТ и этиловых эфиров жирных кислот. Движение автомобиля определяется уравнением тягового баланса:

$$\frac{dV}{dt} = \frac{1}{\delta \cdot (M_e + M_t)} \cdot \left(\frac{M_e U_e \eta_L}{r_a} - P_f \pm P_i - P_w \right) \quad (1)$$

Режимы движения автомобиля и работа его энергосиловой установки представляются системой дифференциальных уравнений, внешний вид которых варьируется в зависимости от режима ездового цикла.

Дифференциальное уравнение решается числовым интегрированием с использованием метода Рунге-Кутты.

Учитывая параметры работы двигателя в соответствующем режиме движения автомобиля, полученные при стендовых испытаниях зависимости расхода топлива и концентрации выброса вредных веществ с отработавшими газами, по результатам двухфакторного эксперимента рассчитывался расход топлива и экологические характеристики автомобиля. Режим работы ДВС определялся M_k – крутящим моментом и n_d – частотой вращения и имеет следующий общий вид:

$$y = A_0 + A_1 x_1 + A_2 x_2 + A_{11} x_{11}^2 + A_{22} x_{22}^2 + A_{12} x_1 x_2 \quad (2)$$

По данному уравнению определены коэффициенты полиномиальных зависимостей. Последующие экспериментальные исследования позволили проверить адекватности полученных значений.

Таким образом, использование в качестве альтернативного топлива биодизеля в виде этиловых эфиров масел и жиров, получаемых из возобновляемых ресурсов растительного происхождения, позволит обеспечить энергетическую безопасность хозяйств агропромышленного комплекса с одновременным улучшением экологических показателей машинно-тракторного парка.

Замена метилового спирта этиловым приводит к снижению агрессивного влияния биодизеля на резиновые уплотнения и позволит обеспечить полную независимость от спиртов на основе нефти с загрузкой производственных мощностей спиртовых заводов.

С учетом природно-климатических условий страны, наиболее целесообразной культурой для производства биодизеля является рапс, подсолнечник и соя.

Проведены стендовые испытания дизеля Д 243 предоставили возможность определить снижение показателей удельного расхода топлива и эффективной мощности, что снижает эффективность использования подвижного состава. Установлено снижение выбросов токсичных компонентов, что уменьшает убытки, нанесенные в результате сверхнормативных выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух.

Проведенные эксплуатационные испытания автомобильного транспорта ЗИЛ 5301 в широком диапазоне скоростных и нагружающих режимов, подтвердили целесообразность использования в качестве топлива смесового состава, состоящего из дизельного топлива и этиловых эфиров жирных кислот.

ЛИТЕРАТУРА

1. М.В.Карнаух. Розширення паливної бази автомобільного транспорту шляхом застосування етилових ефірів жирних кислот рослинних олій. / М.В.Карнаух//Вестник ХНАДУ, вып.49,2010.-С. 47-51.

2. Войтов В.А., Карнаух М.В., Даценко М.С. Техніко-експлуатаційні та екологічні показники дизельних двигунів при застосуванні біодизеля // Техніка і технології АПК. – 2009. - № 1. – С. 13-18.

УДК 620.9 (476)

К ВОПРОСУ ТАРИФОВ НА ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Позняк С.С., к.с.-х.н, доцент, Шенк Ю., к.ф.н.

*Международный государственный экологический университет им. А.Д. Сахарова, г. Минск,
Республика Беларусь*

Регулирование тарифной политики в области возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в Республике Беларусь осуществляет Министерство экономики в соответствии с Постановлением №100 от 30 июня 2011. Во всем мире более чем 60 стран предприняли определенные шаги для развития возобновляемых источников энергии, что вызвано, в первую очередь, желанием обеспечить энергетическую безопасность, а также существенно снизить отрицательное воздействие энергетики на окружающую среду. В качестве примера стимулирования развития ВИЭ во многих странах используется Закон о возобновляемых источниках энергии Германии, который представляет собой наиболее успешную модель.

Принятая Национальная программа развития местных видов топлива и возобновляемых источников энергии на 2011-2015 годы предусматривает привлечение национальных и иностранных инвесторов, для которых основополагающим при принятии решения об инвестировании является финансовая привлекательность проектов, которые должны окупаться как можно в более короткие сроки.

Важнейшим сигналом инвестиционной привлекательности для инвесторов являются величина тарифов и период времени, в течение которого гарантирована закупка выработанной из ВИЭ энергии по повышенным тарифам. Только в этом случае можно скалькулировать финансовые потоки. Решающим условием для этого являются:

- размер тарифов и их дифференциация в зависимости от вида энергии;
- срок, на который предоставляются преференции;
- условия оплаты, валюта и другие административные процедуры.

В Постановлении Министерства экономики №100 от 30 июня 2011 г. «О тарифах на электрическую энергию, которая вырабатывается из возобновляемых источников» эти вопросы в основном учтены.

Размер тарифов

Главнейшим условием для определения величины тарифа является стоимость электроэнергии для промышленных потребителей до мощности 750 кВт. Размер тарифа рассчитывается по формуле:

$$T_n = T_b \times (0,11 + 0,89 \text{ Кн} / \text{Кб}), \text{ где}$$

T_n – тариф на электрическую энергию, подлежащий применению на день оформления платежных документов и день оплаты потребителем за потребленную электрическую энергию;

T_b – тариф на электрическую энергию, установленный Министерством экономики Республики Беларусь;

Кн – значение курса белорусского рубля по отношению к доллару США, установленного Национальным банком Республики Беларусь, на день оформления платежных документов и день оплаты за потребленную электрическую энергию;

Кб – значение курса белорусского рубля по отношению к доллару США, установленного Национальным банком Республики Беларусь, на дату установления тарифа на электрическую энергию Министерством экономики Республики Беларусь;

Таким образом, при расчете тарифа по состоянию на 02 октября 2011 года получается следующая величина:

Тариф_(02.10.11) = $487,2 * (0,11 + 0,89 * 5640 / 3000) = 868,77504 \text{ BYR} \approx 869 \text{ BYR}$

Тариф на ВИЭ в Республике Беларусь (02.10.11)

Согласно Постановления Министерства экономики №100 от 30 июня 2011 г. «О тарифах на электрическую энергию, которая вырабатывается из возобновляемых источников» установлены следующие коэффициенты на возобновляемые источники энергии:

Первые 10 лет после ввода в эксплуатацию

ВИЭ, кроме солнечной энергии Коэффициент 1,3

Солнечная энергия Коэффициент 3

Последующие годы, после 10 лет

Все виды ВИЭ Коэффициент 0,85

Пример расчета:

Первые 10 лет / кВт*час:

ВИЭ (кроме солнечной энергии) = $868,77504 \text{ BYR} * 1,3 = 1129,407552 \text{ BYR} \approx 1129 \text{ BYR}$ или $0,148 \text{ €} \approx 0,15 \text{ €}$

Солнечная энергия = $868,77504 \text{ BYR} * 3 = 2606,32512 \text{ BYR} \approx 2606 \text{ BYR}$ или $0,3417 \text{ €} \approx 0,34 \text{ €}$

Последующие 10 лет / кВт*час:

Все виды ВИЭ = $868,77504 \text{ BYR} * 0,85 = 738,458784 \text{ BYR} \approx 738 \text{ BYR}$ или $0,0968 \text{ €} \approx 0,10 \text{ €}$

Проблемные вопросы:

При формировании тарифа для промышленных потребителей возникают следующие проблемы, представляющие экономический риск для потенциальных инвесторов:

- Т_б = тариф на электрическую энергию, установленный Министерством экономики Республики Беларусь;

- К_н = обменный курс BYR по отношению к US \$ по курсу Национального банка на день выписки счета и на день оплаты;

- К_в = обменный курс BYR по отношению к US рифов на электрическую энергию.

Величина тарифов / Риски

- Привязка к ценообразованию в государственном секторе, которое базируется как на общем энергетическом рынке, так и экономико-политических решениях.

- Не проводимый учет конкретных затрат на производимую из ВИЭ энергию. Отсутствие представления, сколько стоит производство энергии из ВИЭ и какова должна быть величина тарифа на энергии. Из ВИЭ?

- По этой причине отсутствие деления тарифов в зависимости от вида ВИЭ (за исключением солнечной энергии).

Риск обменного курса валюты: (привязка к курсу US доллара, плавающий обменный курс, предоставление валюты (возможность получения в банке) – Повышают риск инвестиций.

- Переводческий риск – основывается на возможных колебаниях бухгалтерского баланса вследствие изменений курсов валюты;

- Переводческий риск – при существующих в данный момент требованиях или обязательствах в иностранной валюте, стоимость которой изменяется при колебаниях курсов валюты;

• Операционный риск – охватывает все будущие внутрисоударственные и международные финансовые потоки, величина которых неизвестна и зависит от развития обменного курса валюты.

Изменения тарифов по причине колебаний обменного курса валюты до настоящего времени законодательством Республики Беларусь не предусмотрено, поэтому риск обменного курса и связанных с этим дополнительных расходов являются дополнительным риском для инвестора. В этом отношении интересным представляется опыт Украины по формированию тарифов на ВИЭ:

В Украине существует установленный «зеленый тариф для промышленных потребителей» в УАН за кВт*час, который в дальнейшем умножается на соответствующий коэффициент, который дифференцирован в зависимости от вида ВИЭ и производительности установки. Для того, чтобы стимулировать приток иностранных инвесторов, был принят Указ №828 от 16 июля 2009 г., устанавливающий «оговорку обеспечения курса». Защита интересов инвестора заключалась в том, что «зеленый тариф» был привязан к обменному курсу евро по состоянию на 1 января 2009 года. В случае обесценивания украинской валюты ниже уровня 1 января 2009 года, применяется соответствующая корректировка и инвестор получает установленную согласно упомянутому указу величину тарифа. В данном случае речь идет о том, что финансирование ВИЭ требует привлечения долгосрочных кредитов, поэтому очень важно, чтобы долгосрочные проекты были обеспечены гарантией риска инфляции и обменного курса.

Использование факторов стимулирования

В Постановлении министерства экономики Республики Беларусь не предусмотрена деградация тарифов и дополнительное стимулирование развития ВИЭ.

- Ежегодная деградация тарифов с учетом видов ВИЭ. Например, в Германии в области ветроэнергетики существует ежегодная деградация тарифов на 1%, для того, чтобы добиться быстрого привлечения инвестиций в отрасль.
- Учет различных факторов (технологии, объем инвестиций, устойчивость и т.д.) для бонусных выплат.

Какие рекомендации можно предложить для Республики Беларусь, исходя из опыта Германии:

1. Проведение мониторинга для установления конкретных данных и использование дифференцированных в зависимости от вида ВИЭ тарифов – определение видов установок и их производительности.
2. Установление тарифов на ВИЭ вне зависимости от цены для промышленных потребителей и гарантирование размера тарифов на различные виды ВИЭ на срок до 20 лет.
3. Уменьшение риска обменных курсов валюты путем учета затрат на обмен валюты в тарифе на электрическую энергию, или оплату произведенной энергии в конвертируемой валюте (евро, доллар).
4. Дифференциация размера тарифов в зависимости от вида ВИЭ, объема инвестиций, мощности установок ВИЭ, а также деградация тарифов и создание таким образом соответствующих условий для стимулирования внедрения ВИЭ.

Млявая Г.В., научный сотрудник

Институт экологии и географии Академии Наук

г. Кишинэу, Республика Молдова

Экономический анализ и мировой опыт показывают, что оптимальным решением проблемы энергодефицита является разумное сочетание централизованного и децентрализованного энергоснабжения, большой и малой энергетики. Использование локальной малой энергетики на основе возобновляемых источников энергии (ВИЭ) способствуют решению проблем энергоснабжения на участках с дефицитом энергии, кроме того, дает весомый экологический эффект. Согласно данным, опубликованным в специальном докладе МГЭИК по Возобновляемым источникам энергии и смягчению последствий изменения климата (SRREN) к середине XXI –го столетия возобновляемые источники энергии могут обеспечить почти 77% мировых поставок энергоресурсов [5]. Экспертами комиссии IPCC были проанализированы более 160 сценариев развития возобновляемой энергетики в контексте всемирного рынка электроэнергии в ближайшие 40 лет. Рассматривались такие отрасли, как биоэнергетика (генерация электричества из отходов сельского хозяйства, лесной промышленности, биотопливо второго поколения и т.п.), солнечная, геотермальная, ветровая и гидроэнергетика. По оценке IPCC, на данный момент используется менее 2,5% глобального потенциала возобновляемых источников энергии, более половины, которого сосредоточено в развивающихся странах. Специалисты пришли к выводу, что возобновляемая энергетика будет увеличивать свою долю в энергетическом секторе и к 2050 г. обеспечит 15% всего мирового объема выработки электричества.

Сегодня большая часть потребностей энергии в мире покрывается за счет использования нефти (38%), угля (26%), газа (23%), возобновляемых источников энергии (7%) и атомной энергии (6%) [6]. Изменение климата, сокращение запасов ископаемого топлива, а также негативные последствия и риски, связанные с использованием ядерной энергии, делают развитие всех видов возобновляемой энергетики настоятельной необходимостью 21-го века.

С начала 1990-х годов в мире наиболее быстрыми темпами рос спрос на ветряную энергию и на данный момент она производится в 55-ти странах мира. К позитивным аспектам использования энергии ветра относится то, что она также как энергия солнца неисчерпаема и не может стать предметом международных споров, в отличие от нефтяных и газовых месторождений. Также, немаловажным фактом является то, что развитие этой отрасли энергетики создает рабочие места в отдаленных регионах.

Ветер стал одним из основных источников энергии в некоторых странах и регионах мира. Например, доля ветроэнергетики в электроснабжении составляет: в Дании 20%, в Португалии-15%, в Испании-14%, в Германии-10%. Лидерами на мировом ветроэнергетическом рынке признаны: США, Китай, Германия, Испания и Индия, на их долю приходится 73% от всех установленных ветроэнергетических мощностей. Установленная мощность ветроэнергетической отрасли к 2009 году достигла 159,213 МВт.

Себестоимость электроэнергии, выработанной ветряной электростанцией, заметно снижается, вплотную приближаясь к стоимости электричества, добываемого за счет сжигания нефти, газа, угля и использования ядерной энергии, например, в США цены на нее составляют 2-3 цента за киловатт.

Экономические, социальные и экологические выгоды, присущие ветроэнергетике будут способствовать дальнейшему увеличению объемов инвестиций в развитие отрасли. Рост на ведущих ветроэнергетических рынках можно ожидать в первую очередь в таких странах, как Китай, США, Германия, Испания и Индия, во многих странах Европы, особенно в ее Восточной части, а также в

ряде стран Азии и Латинской Америки. Большие проекты также ожидаются в ряде африканских стран, в первую очередь, в ЮАР, и в Северной Африке [7].

Но многие страны, включая Республику Молдова, еще всерьез не занялись вопросом ветроэнергетических технологий. На современном этапе по ряду таких индикаторов, как импорт электроэнергии, производство электрической и тепловой энергии, износ энергетического оборудования и др. энергетическая отрасль республики перешла в состояние угрожающего кризиса [2].

Считается, что из всех стран СНГ Молдова наиболее зависима от импортных энергетических ресурсов: 97% необходимой энергии импортируется из России, Украины, Румынии и лишь 3% покрывается за счет внутренних источников. Расходы на энергоносители в республике в 8 раз выше по отношению к ВВП по сравнению с Евросоюзом. Из-за постоянного роста цен на энергоресурсы их затраты при производстве ВВП повышаются, что негативно отражается на экономике страны, на конкурентоспособности товаров и услуг на внутреннем и мировом рынках. Так, в стоимости молдавских товаров удельный вес энергоресурсов составляет от 10 до 12%, для сравнения: в странах Евросоюза этот показатель - всего 2% [3].

Энергетический сектор, как базовая отрасль определяет успех всей национальной экономики, оказывает существенное влияние на остальные ее отрасли, на процессы в обществе и на ситуацию в регионе. Осложнение межгосударственных отношений, рост цен на энергоносители, импортируемые в Республику Молдова, а также наличие больших внешних долгов негативно повлияли на состояние энергетики и усилили угрозу энергетической безопасности. Для решения проблем преодоления кризиса правительство страны в 2007 году утвердило «Энергетическую стратегию Республики Молдова до 2020 года», в которой предусмотрено: ориентирование системы обеспечения энергией на удовлетворение нужд потребителей; повышение надежности поставок энергии; повышение энергетической эффективности; увеличение доли альтернативных источников энергии до 20% от общего потребления энергии [4].

Согласно оценкам Европейского Банка по Реконструкции и Развитию (ЕБРР) в настоящее время доля энергии, получаемой из возобновляемых источников, составляет лишь 5-6%, а их общий технический потенциал оценивается в 3650 тысяч тонн в нефтяном эквиваленте, что в 1,3 раза превышает годовое потребление энергии в стране.

Научные исследования режимных параметров и энергетического потенциала ветра на территории Республики Молдова проводятся в лаборатории Климатологии Института Экологии и Географии Академии Наук с целью создания ветрового атласа. В Техническом университете Молдовы лабораторией "Энергия Плюс", руководимой доцентом И.Собор, в течение ряда лет проводились измерения скорости ветра на высоте 50-55 метров в центральном и южном регионах республики. В результате найдены зоны максимальных среднегодовых ветров (≥ 7 м/с), в которых можно устанавливать современные мощные ветроэлектростанции, работающие параллельно с другими генерирующими мощностями большой энергетики.

Реализация практической деятельности в области ветровой и альтернативной энергетики стала основной целью неправительственной организации «Ассоциация энергии ветра Молдовы», созданной на основе инициативной группы в 2004 году. Константинов Н.С. - председатель Ассоциации сконструировал и установил в своем доме солнечно-ветровую «электростанцию» и биогазовую установку, которые круглый год снабжают его электричеством и практически бесплатным газом. Основным регионом деятельности Ассоциации является юг страны. В 2006 году на территории виноградарской бригады индивидуального предприятия «Новак» (муниципия Комрат) был организован испытательный полигон, где прошли апробацию роторные и пропеллерные ветроэлектростанции среднего технологического уровня, разработанные и изготовленные силами ассоциации. На юге республики около 20-ти ветровых и солнечных электростанций эксплуатируются в настоящее время: в Комратской средней школе №7, в тракторной бригаде Константина Сары, на виноградной плантации фирмы "Араман-вин" S.R.L., на нескольких овцефермах и т.д. Эти установки обеспечивают строения, удаленные от линии электропередачи, необходимым минимумом электроэнергии

(освещение помещения на охраняемой территории, работа средств связи и электронно-бытовой техники). В г. Комрат установлен демонстрационный комплекс солнечно-ветровых установок, включенный в Каталог инноваций в энергетике. Целенаправленная работа по продвижению и использованию возобновляемых источников энергии привели к тому, что с 1 января 2008 года «Ассоциация энергии ветра Молдовы» вошла в состав Мировой Ассоциации Энергии Ветра [1].

В 2011 году Европейская Комиссия одобрила программу действий по энергоэффективности и активизации исследований относительно потенциала возобновляемой энергии в Молдове. Для поддержки развития сектора энергетики на проекты по возобновляемой энергии предусмотрено выделить республике 20 млн. евро.

Основная задача развития ветровой энергетики в Республике Молдова - объединить научный и технический потенциал и найти поддержку в государственных органах. Главная роль в развитии малой энергетики должна принадлежать государству, которое должно обеспечить экономическую и правовую поддержку. Эта поддержка должна выражаться в льготных условиях для инвестирования в малые энергетические объекты, привлечении различных источников инвестиций и создании благоприятной налоговой и кредитной среды, поддерживаемой законодательно.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Богданова А. Ассоциация Энергии Ветра Молдовы. Режим доступа: <http://www.allfun.md/index.php?page=projects&id=1258711531&sid=1220551281&pid=2262>- Дата доступа 25. 12 2008
- 2 Дука Г.Г. Анализ состояния энергетической безопасности Республики Молдова. /Дука Г.Г., Постолатий В.М., Быкова Е.В.– Кишинэу, «Энергетика Молдовы-2005», 2005.- с.27
- 3 Лябина А. Почему молдавская продукция дороже импортной? Режим доступа: <http://kp.ru/daily/25696/899240/> -Дата доступа 04.07.2011 03.06.2011
- 4 Постановление Правительства об энергетической стратегии Республики Молдова до 2020г. // Monitorul Oficial.-2007.-№141-145, ст. 1012. Режим доступа: <http://lex.justice.md/viewdoc.php?action=view&view=doc&id=325108&lang=2>.
- 5 Эксперт: новый прогноз о возобновляемой энергетике дополняет выводы WWF Режим доступа: <http://pandatimes.ru/news/353>– Дата доступа: 10.05.2011
- 6 International Energy Outlook 2007, EIA Режим доступа: <http://www.bellona.ru/subjects/1150102154.16>- Дата доступа 04.07.2011
- 7 World Wind Energy Report 2009. World Wind Energy Association WWEA 2010. Режим доступа: www.wwindea.org. Date of publication: March 2010

К ВОПРОСУ ОБОСНОВАНИЯ ВЫБОРА ТИПА ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК ДЛЯ МЕСТНЫХ ПРИРОДНЫХ УСЛОВИЙ

Лаврентьев Н.А., к.т.н., Лисовский В.В., к.т.н., Омельчук А.А., аспирант, Селюк Ю.Н., инженер

УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»

г. Минск, Республика Беларусь

Дефицит и неуклонное удорожание традиционных энергоресурсов в сочетании с возникающими экологическими проблемами, диктуют необходимость использования в системах энергоснабжения возобновляемых источников энергии, в частности, ветроэнергетических установок (ВЭУ), что требует от разработчиков искать новые пути повышения эффективности существующих конструкций ВЭУ с учетом ветроэнергоресурсов Республики.

Несмотря на нестабильность ресурсных характеристик энергии ветрового потока, проявляющуюся в усилении ветра в дневное время и наличии ветроэнергетических максимумов в холодное время года (рис. 1-2), ветер является самым надежным источником энергии в пиковые периоды нагрузки энергосистемы [1].

Расчеты и натурные измерения подтвердили надежность прогноза высокого ветроэнергетического потенциала Беларуси. Использование только 1% пригодной для внедрения ВЭУ территории страны позволило бы получить от ветроэнергетики около 3 млрд кВт.ч электроэнергии. При условии использования 25% времени года для выработки такого количества энергии потребуется до 2 тыс. ВЭУ мощностью от 250 до 1500 кВт. В этом случае ежегодно было бы сэкономлено до 1 млн. тонн жидкого топлива.

Для развития белорусской ветроэнергетики имеются необходимые начальные научно-технические документы: ветроэнергетический атлас [2] и ветроэнергетический банк данных [3] (разработчик - НППП "Ветромаш"). В [2] указаны конкретные пункты, где можно монтировать ветроэнергетическое оборудование. С помощью [3] можно с высокой достоверностью оценивать технико-энергетические параметры ВЭУ и ветроэнергетических станций (ВЭС), а также энергетический потенциал мест эксплуатации ветротехники.

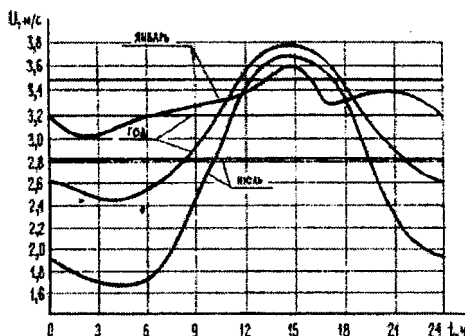


Рис. 1. Суточный ход скорости ветра на ГМС "Минск". Горизонтальные линии соответствуют фоновой скорости ветра в указанный период

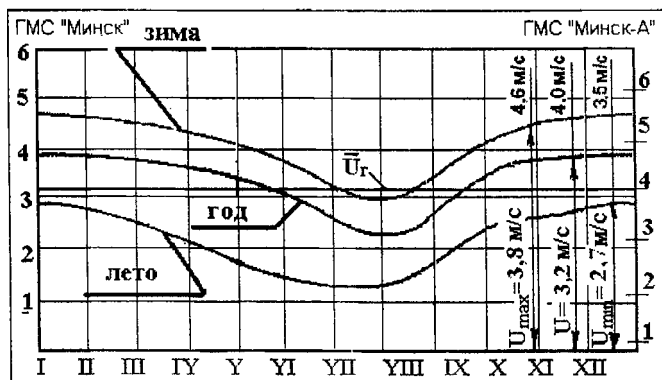


Рис.2. Годовой ход скорости ветра

Указанные в ветроэнергетическом атласе площадки предназначены для внедрения ветротехники, которая широко используется в мировой ветроэнергетике для различных целей. В основном это гряды холмов высотой от 20 до 80 м, где фоновая скорость ветра может достигать 5-8 м/с, и где на каждой площадке можно разместить от 3 до 20 ВЭУ с номинальной рабочей скоростью ветра 12-15 м/с. На остальных территориях каждое внедрение должно подвергаться детальному обследованию места установки ВЭУ.

В настоящее время существуют разные типы ВЭУ с различными техническими и энергетическими характеристиками. Но, несмотря на большую гамму ветротехники, предлагаемой на мировом рынке, особенности ветровых регионов Беларуси позволяют использовать далеко не всякое ветроэнергетическое оборудование.

Для эффективной работы существующих ветроустановок необходимы определенные требования. Так, ВЭУ с авиационным профилем лопастей и горизонтальной осью вращения имеют высокую стартовую скорость ветра, необходимую им для начала работы $V_c=3-5$ м/с, и высокую номинальную расчетную скорость ветра $V_n=12-16$ м/с в зависимости от фирмы-производителя. Однако в Беларуси имеющиеся ветра обладают скоростями 1-5 м/с, в связи с чем данные ветроустановки не могут эффективно использоваться. Каждая из скоростей имеет максимальную продолжительность по времени в году - 900-1500 часов, а для относительно эффективной работы ветроэнергетических установок требуется их размещение в местностях, где ветровой потенциал составляет 2500 часов в год. Т.е. существующими ВЭУ полезно не используется до 60% из имеющегося потенциала ветра.

По данным [2] коэффициент использования энергии ветра при испытаниях различных вариантов геликоидных ветротурбин составляет 0,45-0,51, а стартовая скорость ветра 1,5-2 м/с при этом они не требуют ориентации по ветру, что делает их более предпочтительными в климатических условиях Беларуси. Чрезвычайно высокая экологическая безопасность геликоидной ветротехники допускает ее эксплуатацию вблизи жилых зданий, а некоторые типы геликоидных ВЭУ можно устанавливать даже на крышах жилых, общественных, производственных и сельскохозяйственных зданий и сооружений (гаражей, цехов, элеваторов, водонапорных башен и т.д.). Отсутствие низкочастотных вибраций и шума в инфразвуковом диапазоне, укороченный шлейфовый след допускают применение геликоидных ВЭУ и с высокой плотностью расположения ветротурбин. Перспективность этого направления очевидна.

Так как возможность приобретения зарубежной ветротехники весьма ограничена вследствие отсутствия достаточного выбора именно того оборудования для ВЭУ и ВЭС, которое соответствует ветроэнергетическому потенциалу Беларуси, то в связи с этим требуется разработка научно обоснованных технологий, которые бы учитывали местные природные условия. Эти технологии позволят создать новые ВЭУ, способные работать на низких и

средних скоростях ветра с повышением коэффициента использования мощности и соответственным увеличением годовой выработки электрической энергии. При этом потенциал энергии ветра, возможный для технического использования геликоидными ВЭУ, адаптированными к условиям белорусских ветров, может увеличиться до 1400 млрд. кВт·ч или до 172 млн. т.у.т. Это достигается за счет включения в работу геликоидными ВЭУ ветров со скоростью 1-5 м/с, которые для существующих ВЭУ с горизонтально-осевым исполнением относятся к штилевой зоне.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лаврентьев Н.А., Жуков Д.Д. Белорусская ветроэнергетика – реалии и перспективы / Энергия и Менеджмент, июль-август 2002, с. 12-1
2. Лаврентьев Н.А. Ветроэнергоресурсы и условия возведения ветроэнергетических установок на территории Восточной Прибалтийско-Черноморской зоны Европы/ Лаврентьев Н.А.и др.-Минск: Право и экономика,2010. – 455с.
3. Формирование информационного банка данных по ветроэнергетическому потенциалу в зонах предполагаемого внедрения ветроустановок: Отчет о НИР 06.4.1 ГНТП "Городское хозяйство" / НППП "Ветромаш"; Рук. Г. П.Шадурский.-Минск, 1998.

ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ БИОМАССЫ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ НА ОСНОВЕ ИВОВЫХ ПЛАНТАЦИЙ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Жаковка М. С.

УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»
г. Минск, Республика Беларусь

Истощение запасов ископаемых видов топлива ввиду роста их потребления определяет неизбежность перехода к альтернативным источникам энергии. Необходимость экономии природных ресурсов в условиях глобальных изменений климата и обострения экологических проблем становится важнейшим условием экологизации природопользования. Концепция экологически сбалансированного (устойчивого) развития основывается на увеличении доли использования возобновляемых источников энергии, среди которых биоэнергетика играет все более значительную роль. В данном случае возникает необходимость развития биоэнергетики.

Целесообразность развития биоэнергетики в Республике Беларусь обусловлена ее геополитическим положением, природными и социально-экономическими условиями. Основные биоэнергетические ресурсы региона - древесные отходы лесного хозяйства, целлюлозно-бумажной и мебельной промышленности, торф, органические отходы сельскохозяйственного производства, ТБО и т.д. Их рациональное использование позволит решать не только энергетические, но также экологические и социальные проблемы (решение проблемы парниковых газов, оптимизация лесозаготовок, создание новых рабочих мест, пополнение регионального и местного бюджетов и пр.).

Одним из перспективных направлений биоэнергетики является культивация быстрорастущих видов ив для воспроизводства энергетической биомассы.

В ряде европейских стран (Англия, Дания, Швеция, Польша, Эстония и др.) быстрорастущие виды ивы (*Salix viminalis*, *S. dasyclados* и др.) широко культивируются для короткоциклового воспроизводства энергетической биомассы. Скашивают прутья (высотой 4-7 м) в среднем раз в 3-4 года, затем перерабатывают стебли в щепу, которую сжигают как в традиционных, так и в специальных установках для получения тепла и электроэнергии. Полное время функционирования продуктивной плантации после ее закладки составляет 24-25 лет, после чего корни ивы полностью измельчаются, почва рекультивируется и готовится под новую плантацию или посадку другой культуры.

В Польше и Швеции годовой урожай сухой древесной биомассы ивы достигает в среднем 10-12 т/га (теплота сгорания 1 т сухой массы соответствует 16-19 ГДж) и

энергетически эквивалентен 7 т каменного угля или 5,5 т мазута, или 5,12 литра дизельного топлива, таблица 1.

Таблица 1. - Типичная урожайность и выход энергии в сельском и лесном хозяйствах

Наименование культуры	Исходная урожайность (W = 15%) в т/га. год	Средняя теплопроводность H_u (W = 15%) в мДж/кг	Годовой выход топлива в МВтч/(га.год)	Эквивалент дизельного топлива в л/(га.год)
Солома	1,0	14,3	24	2,39
Солома рапса	4,5	14,2	18	1,771
Плантации быстрого оборота (ива)	12	15,4	51	5,120
Растения зерновых культур	13	14,1	51	5,086

Примечание: Источник Биоэнергия. Основные данные. – Германия. Агентство Возобновляемые Ресурсы (FNR) www.fnr.de. 2010 -15 с.

Одно из главных преимуществ данного источника альтернативной энергетики - растение при сжигании выделяет только то количество углерода, которое поглотило из атмосферы "при жизни". То есть с точки зрения экологии метод максимально безвреден для окружающей среды. При этом многоцелевые древесные плантации могут стать неиссякаемым источником энергетической биомассы. Вопрос ставится даже так, что существующая в настоящее время система сельскохозяйственного землепользования может быть существенно улучшена путем введения древесных плантаций для энергетических целей с коротким циклом ротации.

По предварительным оценкам, в масштабах республики имеется около 100 тыс. га земель технически доступных в настоящее время для «энергетических» посадок, потенциал биомассы быстрорастущих кустарниковых и травянистых энергорастений может составить от 0,6-0,8 млн. т у.т./год. Потенциал биомассы быстрорастущих кустарниковых и травянистых растений может быть увеличен за счет использования:

- загрязненных и выведенных из оборота в результате аварии на ЧАЭС территорий Гомельской и Могилевской областей, которые составляют около 250 тыс. га, потенциальный объем производства биотоплива до 2,0 млн. т у.т./год.
- неиспользованные площади лесного фонда (непокрытая лесом площадь в результате гибели насаждений, вырубок, пустырей и пр.) составляют около 200 тыс. га, потенциальный объем производства биотоплива до 1,6 млн. т у.т./год.
- защитные полосы вдоль дорог и просек составляют около 100 тыс.га, потенциальный объем производства биотоплива до 0,8 млн. т у.т./год

В Республике Беларусь ежегодно планируется создавать по 300-500 га быстрорастущих энергетических плантаций для получения древесного топлива. Это будут лесообразующие породы деревьев, менее востребованные в промышленном производстве. Уже сейчас проведены подготовительные мероприятия: разработан технологический регламент выращивания быстрорастущих пород ивы в условиях Беларуси как источника возобновляемых биоэнергетических ресурсов, включающий необходимую технику и механизмы для механизации посадок, ухода за ними и для сбора биомассы; на имеющихся плантациях проводился контроль параметров роста, контролировались почвенно-климатические условия, потребление компонентов питания, урожайность и прирост биомассы; проведены демонстрационные испытания топлива и исследованы процессы его сжигания на 2-х промышленных котлоагрегатах мощностью 700 и 25 кВт с измерением мощности и эффективности при стабильных режимах горения; полученные материалы обеспечили разработку и выпуск ТУ на топливо; выполнены экологические оценки вы-

бросов; проведен анализ доступных площадей для полномасштабного промышленного освоения разработанной технологии с учетом почвенно-климатических особенностей Беларуси и оценен потенциал биомассы.

Расчет себестоимости топлива из биомассы быстрорастущих пород ивы показывает, что, с учетом ожидаемой урожайности (не менее 15 тонн воздушно-сухой биомассы с гектара в год) и дисконтирования затрат на закладку и раскорчевку плантации на весь срок ее эксплуатации (25 лет), себестоимость топлива не превысит 25 долл./т у.т.

В таблице 2 приведен SWOT-анализ перспективности использования ивовых плантаций в Республики Беларусь.

Таблица 2 - SWOT-анализ перспективности использования ивовых плантаций в Республики Беларусь

Сильные стороны 1. Широкое распространение ивовых (род <i>Salix</i>), высокое мелиоративное значение 2. Использование малопродуктивных земель для выращивания ивы в течение 20-25 лет 3. Снижение зависимости от поставок природного газа, угля, мазута 4. Возобновляемость ресурсов 5. Снижение выбросов CO₂	Слабые стороны 1. Блокирование дренажных систем корнями ивы 2. Длительный период окупастости (10-12 лет) 3. Необходимость государственной поддержки (дотаций, субсидий и пр.) 4. Плохая сохранность измельченной ивы 5. Отсутствие инфраструктуры
Возможности 1. Комплексное использование ивовых плантаций для очистки сточных вод, осушения заболоченных земель 2. Для создания плантаций пригодны почвы избыточно увлажненные 3. Использование для повышения урожайности плантаций в качестве удобрений неочищенные сточные вод ЖКСХ, животноводческих ферм и пр. 4. Сжигание влажной щепы в котельной сразу после заготовки в зимнее время 5. Ввод в оборот загрязненных радионуклидами земель, а так же малозффективных земель. 6. Защита от воздушной и водной эрозии почв 7. Кормовая база для скота (верхних побегов) 8. Возможность использования ивового прута для промышленных целей (плетение) 9. Получение биопродуктов из коры ивы	Угрозы 1. Нарушение работы мелиоративной сети 2. Заруднительная механизированная уборка на переувлажненных почвах в связи с положительными температурами в зимнее время 3. Недостаточная изученность долгосрочного воздействия сточных вод на физико-химические свойства почв 4. Разложение (возгорание) измельченной щепы при длительном ее хранении

Кустарниковые ивы быстро растут на нарушенных землях - отвалах вскрышных пород (карьеров), на эродированных землях, заброшенных пастбищах. Нарушенные земли образуются после карьерных разработок месторождений торфа, песчано-гравийных материалов рекультивация их осуществляется крайне медленно. Несмотря на огромные перспективы, ни в одной стране мира биоэнергетика не стала бы рентабельной без государственной поддержки и скоординированной работы лесного, сельского хозяйства и энергетиков. Ивовые плантации в условиях Беларуси предположительно созреют за 6 лет. После этого биомассу можно будет использовать для производства энергии. Следовательно, встает вопрос, на чьи плечи ложится ответственность по сбору урожая. Предпочтение отдается на лесное хозяйство. Тем не менее, агрегаты для уборки ивовых плантаций наиболее применимы в сельском хозяйстве. Так же с точки зрения агропромышленного комплекса ивовые плантации выступают кормовой базой для скота. Так в начале лета пикеры могут ошипывать верхние листочки на корм жи-

вотным, в конце лета косилки могут срезать концы ветвей и нарезать из них веники. Высушенные и размолотые веники дают кормовую муку – запас питательного корма на зиму.

Так же встает вопрос удобрения ивовых плантаций. Для повышения урожайности ивовые плантации необходимо удобрять, и в данном случае эффективным является навоз животных. Следовательно, сельскохозяйственные организации могут реализовать данный вопрос без пользования дополнительных средств. Так образом, из всего выше перечисленного видно, что в закладке ивовых плантаций должны быть заинтересованы сельскохозяйственные организации, так как во-первых ивовые плантации вводят в оборот неиспользуемые и малоэффективные земли; во вторых ивовые плантации могут стать кормовой базой в начале лета, данная особенность актуальна в регионах малообеспеченных кормами; в третьих ивовые плантации выступают защитниками от эрозии почв, как ветреной так и водной; в четвертых оборудование для уборки ивовых плантаций можно использовать в сельском хозяйстве, то есть идет наращивание материально-технической базы, в пятых ивовые плантации энергетическим ресурсом для предприятий АПК, что в свою очередь приведет инвесторов с частного сектора, а так же из-за границы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Биоэнергия. Основные данные. – Германия. Агентство Возобновляемые Ресурсы (FNR) www.fnr.de. 2010 -15 с.
2. Лесхозы Беларуси заложат 200 гектаров быстрорастущих энергетических плантаций / Евгений Жибуль, Белорусская лесная газета - 28 марта 2007 года.
3. Потенциал использования биомассы в Республике Беларусь: <http://www.technopark.by/iccee/resources/283.html>, дата доступа 10. 10. 2011.
4. Родыкин О. И. Экологические аспекты и перспективы производства биомассы быстрорастущей ивы в Беларуси. / Родыкин О. И. // – Энергоэффективность. 2010 № 11 – С. 18 – 20.

РОЛЬ И ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ АССОЦИАЦИИ «ВОЗОБНОВЛЯЕМАЯ ЭНЕРГЕТИКА» В РЕАЛИЗАЦИИ ГОСУДАРСТВЕННЫХ ПРОГРАММ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ

Нистюк В.П. исполнительный директор
Ассоциация «Возобновляемая энергетика»
г. Минск, Республика Беларусь

Высшим должностным лицом государства в Послании белорусскому народу и Национальному Собранию в 2010 году был сформулирован стратегический курс на сплочение нации, формирование государственно-частного партнерства.

Ассоциация «Возобновляемая энергетика» представляет собой один из удачных вариантов государственно-частного партнерства в широком смысле этого понятия. В нашем составе – 41 субъект, от органа государственного управления в лице Департамента по энергоэффективности Белгосстандарта, Международного государственного экологического университета им. А.Д. Сахарова, одного из крупнейших проектных и исследовательских институтов «Белгорхимпром», Центра светодиодных и оптоэлектронных технологий НАН, нескольких государственных заводов до более, чем 30 негосударственных структур, часть из которых являются частными унитарными предприятиями.

Активно и эффективно в нашем составе работает Совместное белорусско-германское предприятие - «Бел – Изолит».

Каждый член Ассоциации выполняет определенную работу по развитию того или иного направления возобновляемой энергетики, обеспечению быстрой и эффективной реализации проектов, согласуя и стыкуя собственный интерес с общей концепцией энергосбережения и энергетической безопасности государства.

Какие же задачи выполняет Ассоциация в партнерстве с органами государственного управления?

1. Развитие нормативной базы энергетического и экологического направлений. Президент А. Лукашенко требует: «Необходим постоянный и открытый диалог законодателей с теми государст-

венными и общественными институтами, которые будут применять закон на практике и исполнять его».

Сегодня становится понятным и ясным, что без учета мнений практиков усилиями только функционеров органов государственного управления принять реальные нормативные акты, которые смогут эффективно работать, практически невозможно.

Мы с полной самоотдачей и высокой эффективностью вместе с профильной комиссией Палаты Представителей Национального Собрания поработали над проектом Закона Республики Беларусь «О возобновляемых источниках энергии», над внесением изменений и дополнений в нормативные акты Министерства экономики, Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды. Особенно эффективно удалось сотрудничество с Департаментом по энергоэффективности Госстандарта Республики Беларусь. Члены нашей Ассоциации принимают самое активное участие в деятельности межведомственного экспертного совета при Департаменте. По нашей инициативе и с поддержкой Департамента удалось внедрить в Республике Беларусь ряд новых технологий. В рабочей группе при Министерстве экономики, где я также имею честь работать, идет активная работа по подготовке проекта Закона «О государственно-частном партнерстве».

2. Уже сегодня мы реализуем многочисленные проекты совместно с государственными структурами.

Приведу несколько наиболее показательных примеров.

НП ООО «Малая энергетика» и ООО «Электромакс» совместно с ГПО «Минскводоканал» построили и запустили только в Минске четыре малые ГЭС, суммарной мощностью около 2 МВт. Вы можете увидеть их на водосбросах ТЭЦ-2, на Чижовском и Дроздовском водохранилищах. Причем, в этом проекте активно работает также польский партнер, который поставляет высокоэффективные гидротурбины.

ЧУП «Интер – Блэйз» совместно с Институтом общего машиностроения Национальной Академии наук на испытательном полигоне автотракторной техники в Городище возвели энергетический комплекс 1,2 МВт тепловой мощности по воздушному обогреву диагностического, лабораторного корпусов и офиса. Примечательным является тот факт, что топливом для этого комплекса является смесь отработанных масел и воды. При наличии в стране сотен тысяч тонн отработанных масел ежегодно и при отсутствии развитой инфраструктуры для переработки этого отхода такое топливо является практически самым дешевым, плюс к этому решается и важная экологическая задача. Такой комплекс может окупиться за два-три отопительных сезона. Только за один сезон экономия средств составила около 1 млрд. рублей.

ЧУП «Сарматия» реализует в ряде областей совместно с сельскохозяйственными предприятиями программу создания микроклимата на животноводческих и молочных фермах, строит энергосберегающие дома. ООО «Экологическая альтернатива» осуществляет программу переработки отработанных автомобильных шин в полезную продукцию, с высоким эффектом используемую в дорожном строительстве и сельском хозяйстве. Есть ряд совместных с государственными структурами проектов у ООО «Анлиса» по возведению солнечных тепловых коллекторов.

В последнее время наметилась новая позитивная тенденция. Администрация Президента, Правительство и губернаторы областей в интересах решения стратегических задач поощряют вхождение органов управления в нашу Ассоциацию. Такой подход позволяет более четко направлять частные инициативы на реализацию конкретных задач развития страны, а непосредственное, в том числе и экспертное участие в процессе представителей бизнеса поможет сберечь серьезные государственные средства. Сейчас Ассоциация начала процесс сплочения вокруг нее городов и районов, которые ставят перед собой амбициозные задачи по энергосбережению. Вам известно, что славный древний город Полоцк первым из белорусских городов стал участником масштабного проекта ЕС – Пакта мэров. Мы взяли на себя обязательство максимально помочь Полоцкому горисполкому. На днях приняли в Ассоциацию три райисполкома из Минской и Могилевской областей. Ведем также переговоры с Кобрином, Слуцком, Ошмянами и Логойском о сложении наших усилий во внедрении энергосберегающих технологий.

3. В деятельности Ассоциации важное место занимает продвижение технологий и материалов белорусских предприятий на внешних рынках с помощью влиятельных зарубежных партнеров, таких, как Ассоциация биогаза и Ассоциация биорегулирования и энергетики Литвы, Российская Ассоциация ветроиндустрии, Центр международных связей из Польши, Украинская Ассоциация теплоэнергетических компаний, Ассоциация аэропортов гражданской авиации стран СНГ. С их помощью мы представляем технологии белорусских предприятий на внешнем рынке. Также, выполняя указания Главы государства, продвигаем не только продукцию членов Ассоциации, но и предприятий различной формы собственности, не входящих в Ассоциацию.

4. Полезным и эффективным является участие в подготовке и повышении квалификации руководящих кадров. Международный государственный экологический университет им. А.Д. Сахарова является одним из центров подготовки менеджеров возобновляемой энергетики. За два года своего существования члены Ассоциации провели презентацию новых материалов и технологий в Министерстве архитектуры и строительства, научно-практические конференции с кадрами в Могилевской области, в Гродненской области, участвовали в проведении инструктивно – методических занятий с сотрудниками Министерств по чрезвычайным ситуациям, жилищно-коммунального хозяйства, Департамента хлебопродуктов. И в дальнейшем видим это направление своей деятельности в качестве одного из самых приоритетных.

5. Ассоциация полезно сотрудничает с различными экологическими организациями и учреждениями. Участвуя в их проектах, мы вносим свой посильный вклад в воспитание подрастающего поколения в духе бережного отношения к энергии, как жизненной ценности. Наши выступления в регионах в ходе сборов учителей и работников внешкольных учреждений полезно дополнили выступления экологов. В составе Ассоциации есть также СШ № 28 г. Минска, активно участвующая в республиканском «Энергомарафоне». Участвуем также в проекте МОО «Экопроект «Партнерство» и Учреждения «Новая Евразия» «Школа энергоаудита».

Наиболее важными и реальными задачами в ближайшее время, в том числе и в области энергетической и экологической безопасности считаем:

1. Расширять на всех уровнях участие в нормотворчестве. В том числе и привлечение инвесторов требует серьезных корректировок тарифной политики и ряда нормативных актов, что является очень чувствительным шагом для страны, как с точки зрения финансовой, так и с политической.

2. Добиваться привлечения специалистов-профессионалов для проведения экспертиз государственных проектов, превращения бизнес-сообщества и отраслевых Ассоциаций в независимые экспертные площадки для выработки практических предложений государственной власти при принятии решений. Особенно это важно при осуществлении государственных закупок и проведении конкурсных торгов.

Большую опасность в себе содержит неконтролируемые с точки зрения авторских прав попытки кустарным образом копировать зарубежные технологии возобновляемой энергетики, выдавая их за собственные. Будет очень обидно, когда заказчики и потребители в определенный момент попадут под жесткие судебные санкции. Да и качество продукции, произведенной на колене в собственном гараже, как правило, не соответствует заявленному в конкурсных предложениях параметрам. Здесь мы должны стать независимыми экспертами.

3. Практиковать эффективное совместное использование объектов государственной и негосударственной инфраструктуры,

4. Активнее участвовать в привлечении инвестиций и реализации инвестиционных проектов.

Это даст инвесторам и партнерам дополнительные гарантии объективности оценки ситуации и эффективности реализации проектов.

5. Рассчитываем на налаживание более тесного контакта с академической, вузовской и отраслевой наукой.

Пока же мы, к сожалению, поставляем в Беларусь австрийские технологии сжигания древесного топлива, покупаем ветроагрегаты в Китае, гидротурбины и материалы для ГЭС в Польше и Чешской Республике, монтируем немецкие и австрийские биоэнергетические установки на жи-

вотноводческих комплексах, к собственному стыду покупаем солнечные коллекторы и солнечные электрические батареи уже даже в России и Украине. А собственный научно-технический потенциал в области возобновляемой энергетики – огромен.

Партнерство – это дорога с двухсторонним движением. И мы должны вместе это движение четко отрегулировать в интересах страны и ее народа.

УДК 631.371:621.305

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНАЯ ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ АПК

Герасимович Л.С., академик, д-р технических наук, профессор
НАН Беларуси, Минск, Республика Беларусь

Шестерень В.Е., к.т.н., доцент
УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»
г. Минск, Республика Беларусь

Шульга В.А., к.т.н.

Могилёвская областная опытная с.х. станция, Могилёв, Республика Беларусь

В настоящее время активизировался поиск энергоэффективных путей обеспечения потребителей энергией [1]. В качестве одного из прогрессивных направлений следует рассматривать возврат к более широкому вовлечению резервов энергосистемы за счет использования внепиковой электроэнергии. В Белорусской энергосистеме все острее становится вопрос выравнивания графика электрических нагрузок, который еще более обострится с вводом атомной электростанции. Специалистами предлагаются разные направления для преодоления этой проблемы, одним из которых является развитие системы регулирования графика электрических нагрузок посредством подключения в часы снижения нагрузок новых потребителей электроэнергии. В Белоруссии в свое время широко применялся такой метод подключения аккумуляционных электродвигательных в сельской местности. Научно-технические достижения позволяют по-новому возродить развитие внепиковых потребителей в сельской местности.

Можно сформулировать пакет первоочередных мероприятий для ускоренного и высокоэффективного движения в рассматриваемом направлении. В первую очередь это создание гибкой многоступенчатой системы тарифов на электрическую энергию и введение соответствующих автоматизированных систем учета, контроля и управления энергопотреблением (АСКУЭ) в электроэнергетической системе. [1]

Весьма важно также определиться с первоочередными потребителями внепиковой электроэнергии на селе и соответствующим энергоэффективным оборудованием для этих целей. Необходимо также разработать и осуществлять на государственном уровне соответствующую научно-техническую программу.

Следует также иметь в виду, что кроме энергоэффективности предлагаемое направление развития сельской электрификации будет иметь важные энергоэкономические составляющие общего эффекта для энергосистемы. Здесь проявятся явные преимущества электроэнергии как универсального энергоносителя, обеспечивающего внеэнергетический эффект: технологический (повышение количества и качества производимой продукции, снижение трудоемкости её производства), комфортность в социальной сфере и др.

Накопленный опыт показывает, что традиционные способы покрытия тепловых нагрузок малоэффективны, в особенности при использовании низкосортного топлива и при невысокой квалификации эксплуатационного персонала котельных.

Усиливающийся дефицит трудовых ресурсов на селе, значительное повышение стоимости жидкого топлива, а также бесспорные преимущества электроэнергии по сравнению с другими видами энергоносителей, привели к росту заинтересованности хозяйств республики в использовании электроэнергии в тепловых процессах. Однако в настоящее время развитие электротеплоснабжения искус-

венно сдерживается. Во многом такое положение связано с необъективным утверждением, что установки на традиционных видах топлива по сравнению с электротепловыми более эффективно используют топливо. Последние подтверждаются несовершенным положением для министерства Минсельхозпрода по использованию электроэнергии для целей нагрева [2]. Однако установлено, что при электрификации тепловых процессов суммарный коэффициент полезного использования топлива соответствует значению этого коэффициента при использовании низкосортных видов топлива и несколько ниже, чем при жидком топливе.

Кроме того, в последнее время все заметнее проявляется совместное действие ряда важных энергетических, технико-экономических и социальных предпосылок, которые могут сделать электрифицированные системы теплоснабжения существенным элементом общей системы энергоснабжения животноводческих объектов.

В электроэнергетике в числе таких предпосылок можно отметить: постоянный рост насыщения сельской местности достаточно мощными трансформаторными подстанциями и все большим приближением высоких напряжений к потенциальным потребителям электроэнергии; значительное улучшение важнейших энергоэкономических показателей производства электроэнергии, особенно с появлением мощных энергоблоков; возрастающую неравномерность графиков электрических нагрузок энергосистем и большую потребность в их выравнивании.

Важно также отметить, что при тенденции к удорожанию и повсеместной экономии жидкого топлива наблюдается относительная стабильность стоимости электроэнергии, в особенности получаемой от электростанций, работающих на угле и ядерном горючем. Важная предпосылка к развитию систем электротеплоснабжения заключается в их высокой готовности к достижению оптимальных энергетических характеристик и способности удовлетворять основные запросы потребителей (минимальные затраты труда на обслуживание и отсутствие работ, связанных с заготовкой топлива).

В последнее время в сельскохозяйственном производстве также выявлены важные факторы и направления повышения эффективности электротеплоснабжения в животноводстве. В числе таких направлений можно отметить использование вторичных энергетических ресурсов животноводческих зданий, например посредством применения соответствующих теплоутилизационных установок, а также новых энерготехнологий: биоэнергетические комплексы, тепловые насосы, а также использование внепиковой электроэнергии посредством применения теплоаккумуляционных установок. [1]

Аккумуляционное электротеплоснабжение позволяет решать проблему выравнивания графиков нагрузки энергосистем, обеспечивает использование свободных в ночные часы мощностей действующих электростанций, в том числе и строящейся атомной станции. Эти системы также обеспечивают догрузку существующих электрических сетей, в особенности напряжением 110 кВ и выше, которые в часы снижения нагрузок имеют значительные запасы пропускной способности. [1]

В числе первоочередных объектов электротеплоснабжения рекомендуется использовать небольшие животноводческие фермы с электротепловой ночной нагрузкой порядка 400 кВт. С позиций энергосистемы подключение таких ферм позволит наиболее полно использовать резервы пропускной способности существующих электрических сетей всех напряжений в ночные часы. Для сельскохозяйственного производства значимость небольших ферм остается достаточно высокой, поскольку на них производится значительная доля животноводческой продукции.

Предварительная оценка возможных масштабов развития аккумуляционного электротеплоснабжения в республике показала, что в животноводстве, в пределах пропускной способности существующих электрических сетей напряжением 10 кВ и выше, можно подключить небольшие объекты с суммарной ночной нагрузкой порядка 300 МВт. Дополнительные капиталовложения потребуются лишь при строительстве ТП 10/0,4 кВ и низковольтных линий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Энергоэффективность аграрного производства/ В.Г. Гусаков [и др.]; Нац. акад. наук Беларуси, Отд. аграр. наук, Ин-т экономики, Ин-т энергетики; под общ. Ред. Акад. В.Г. Гусакова, Л.С. Герасимовича.- Минск: Беларус. Навука, 2011.

2. Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 24 февраля 2006 № 269 Обутверждении Положения о порядке выдачи органами государственного энергетического надзора заключений на использование электрической энергии для целей нагрева / Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь.

УДК 621.311.1

РАЗРАБОТКА ИМИТАЦИОННОЙ ЭНЕРГОЭКОНОМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕСТНЫХ И ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ РЕСУРСОВ В АГРОГОРОДКАХ

Герасимович Л.С., д.т.н., профессор, академик; Шульга В.А., к.т.н., доцент; Ланкевич Ю.И.; Сияньский А.В.

*ГП «Институт энергетики НАН Беларуси»
г. Минск, Республика Беларусь*

В последние годы все большее значение приобретают новые комплексные территориально-хозяйственные и социально-культурные образования в системе АПК республики – агрогородки [1].

Агропромышленные предприятия агрогородков и другие сопряженные предприятия (лесхозы, деревообрабатывающие предприятия и т.д.) являются обладателями местных и вторичных региональных энергоресурсов, которые могут эффективно использоваться этими предприятиями, а также жилищно-коммунальной и социально-культурной сферами агрогородков. Поэтому проблема комплексного использования этих энергоресурсов достаточно актуальна и соответствует действующим Программам социально-экономического и энергетического развития Беларуси.

Целью исследования является энергоэкономическое компьютерное моделирование и прогнозирование развития системы комплексного энергообеспечения (КЭО) агрогородков.

Объектом моделирования является структура потребителей энергии, объемы потребляемых энергоресурсов в системе энергоэкономических отношений всех секторов агрогородка в среднесрочном прогнозном периоде развития (10-15 лет).

Программа исследования заключается в обосновании критериев моделирования; выбора наследуемого и оригинального программного обеспечения; создании, тестировании, верифицировании машинной модели и обоснования сценариев направленных вычислительных экспериментов, обеспечивающих выявления перспективных путей совершенствования КЭО агрогородков. Для решения поставленных задач были выбраны программный комплекс: программы ENPER-Balance и АРЭП [1,2]) и средства Microsoft Office Excel.

Для вычислительного эксперимента в качестве конкретного примера выбран агрогородок Дашковка Могилевского р-на, на территории которого размещены РУП «Могилевская областная сельскохозяйственная опытная станция НАН Беларуси», РУСХП «Экспериментальная база «Дашковка», филиал «Серволукс-Агро» СЗАО «Серволукс». [2].

Исходные «полевые» данные были получены за 2006-2010 годы. Среди них: энергопотребление секторов агрогородка по разным видам энергии; тарифы на энергию и энергоносители для разных секторов агрогородка; данные о жилфонде и количестве жителей; объемы первичных возобновляемых энергоресурсов и другая значимая для проведения исследования информация [2]. Для этого был разработан классификатор основных энерготехнологий с исходными данными установок, использующих возобновляемые и местные ресурсы с основными удельными энергоэкономическими показателями, который представлен в данном сборнике докладов.

В процессе разработки модели была создана универсальная структурная схема типичного агрогородка. Данная схема реализована в программе ENPER-Balance (рис. 1). Для удобства работы на компьютере структурная схема энергосети разбита на 5 секторов. Три сектора представляют источники, потребители энергии, конвертирующие установки и модули при-

нятия решения, относящиеся к основным секторам агрогородка: производственному социально-культурному или жилищно-бытовому. Четвертый сектор энергоснабжения содержит источники и потребители энергии, конвертирующие установки и модули принятия решения, работающие на три основных сектора. Пятый внешний сектор включает источники энергии, конвертирующие установки и модули принятия решения, распределяющие и поставляющие местные виды энергоресурсов в удобном для потребления этими секторами виде. Кроме того, для приведения единиц измерения к единой размерности, а также для обработки результатов моделирования средствами MS Office Excel была создана программная надстройка в связи с закрытым программным кодом наследованной программы ПО Balance.

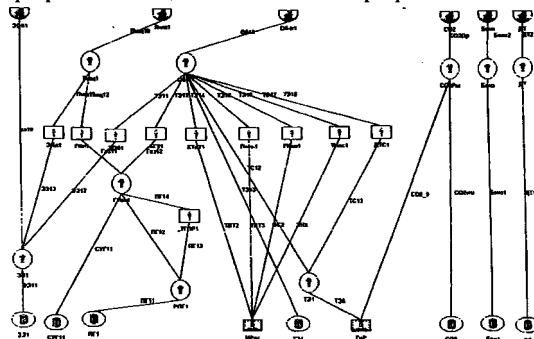


Рис. 1 Структурная схема производственного сектора, выполненная средствами Balance

Принцип вычислительного эксперимента следующий:

1. В базовом году (2009 год) определены потоки энергоресурсов по связям от источников к потребителям через модули разнообразных видов конверсии и узлы принятия решений в соответствии с методикой расчета весовых коэффициентов, принятыми в ПО Balance. На данном этапе ранее была верифицирована подобная модель, обеспечившая достаточно высокое совпадение расчетных и обследованных данных [3].

2. В конце базового и каждого последующего года модули потребления фиксируют собственное энергопотребление в предыдущем году и изменяют его в соответствии с заранее заданным коэффициентом. Остальные модули работают на удовлетворение указанной данными модулями потребности исходя из возможностей источников ресурсов, запаса производительности конвертирующих модулей и в соответствии с заданным механизмом распределения ресурсов в модулях принятия решений. При этом оптимальное распределение потоков энергоресурсов в энергосети агрогородка ПО Balance определяет автоматически в зависимости от цены и уровней потребления энергоресурсов.

Полученные результаты исследования позволяют использовать их для моделирования для разработки предпроектного обоснования демонстрационной зоны комплексной энергосети выбранного агрогородка.

Таким образом, решение основной задачи – определение предельно допустимых затрат на оптимизацию системы КЭО агрогородка – значительно облегчает выбор и анализ сценариев оптимизации вариантов энергосети и их предпроектное технико-экономического обоснование, расчет максимальной цены энергоресурсов и допустимой стоимости энергооборудования в процессе бизнес-планирования и объявления тендера на его закупку.

ЛИТЕРАТУРА

1. Энергоэффективность аграрного производства / В. Г. Гусаков [и др.]; Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т экономики; Ин-т энергетики/под общ. ред. акад. В. Г. Гусакова, Л. С. Герасимовича. – Минск : Беларус. навука, 2011. 776 с.

2. Комплексное энергообеспечение агрогородков / Л.С. Герасимович [и др.]/Вес. Нац. акад. наук Беларуси. Сер. аграр. наук. – 2009. – №1. – С. 99–105.

3. Разработка системы критериев оценки, структуры, алгоритма, программного обеспечения и типовых задач имитационного моделирования энергосистем агрогородков, обеспечивающих принятие эффективных решений при использовании местных и возобновляемых энергоресурсов: отчет о НИР (этап 1.3 Выбор обследования и имитационное моделирование энергосистем)/ ИЭ НАН Беларуси; рук. темы Л.С. Герасимович. – Минск, 2011. – 29с. - № ГР 20111767.

УДК 697.9.658.26

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ТЕПЛОУТИЛИЗАЦИИ НИЗКОПOTЕНЦИАЛЬНЫХ ВЭР

Занкевич В.А., к.ф.-м.н., доцент, Синица С.И., ст. препод., Логунов А.А., ст.

УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»

г. Минск

Сизов В.Д., к.т.н., доцент

УО «Белорусский национальный технический университет»

г. Минск

Энергосбережение является важной составляющей энергобезопасности любого государства. Проблема использования вторичных энергоресурсов (ВЭР), приводящих к уменьшению расхода первичных топливно-энергетических ресурсов (ТЭР), актуальна во всем мире. Особенно данная проблема встает остро для стран не имеющих больших запасов первичных ТЭР и с суровыми климатическими условиями (температура холодно периода года меньше -10°C), в том числе и для РБ. Энергосбережение в РБ является приоритетным направлением в энергетической политике.

Одним из способов экономии тепловой энергии является использование низкопотенциальных ВЭР [1-5]. Основой при этом является преобразование сбросовых энергетических потоков, не использованных в одних энергетических установках, в энергетические потоки энергоснабжения для других процессов. Наибольшее количество сбрасываемой низкопотенциальной тепловой энергии (температура теплоносителя меньше 50°C) наблюдается в холодный период года в системах теплоснабжения и вентиляции жилых и административных зданиях, промышленных предприятиях в виде сточных вод, воздушных выбросов и т.д. [2-5]. Для преобразования (теплоутилизации) данных потоков широко используются, например, тепловые насосные установки (ТНУ), пластинчатые рекуперативные теплообменники и т.д.

При проектировании теплоутилизаторов и их применении широко используются информационные САЛС-технологии. Пакет программ их численного моделирования, основанных как на энергетическом, так и эксергетическом методах для данных целей сложны и используются за рубежом только в крупных инженерных фирмах. Он дорогой и не общедоступен. Для решения вышеуказанных задач в мелких и средних фирмах применяют упрощенные расчеты или используют имитационное моделирование [7-8]. Моделирование приводит к уменьшению сроков проектирования, внедрения, например, систем энергоснабжения с теплоутилизаторами, что в конечном итоге приводит к уменьшению первичных ТЭР на выработку единицы продукции на промышленных предприятиях, т.е. уменьшению себестоимости данной продукции. В жилых и административных зданиях, правильное использование низкопотенциальных ВЭР приводит к уменьшению стоимости за тепловую энергию, за счет экономии ТЭР. Моделирование использования низкопотенциальных энергетических потоков тесно переплетается с проблемами системного анализа и оптимизации технологических процессов в различных отраслях промышленного производства, в том числе и на предприятиях АПК. С другой стороны на устаревшем оборудовании тепловые потери более высокие, т.е. проблема моделирования затрагивают и вопросы модернизации данного оборудования.

Информационные CALS-технологии широко внедряются в учебный процесс ВУЗов. По некоторым дисциплинам в ряде ВУЗов, например [9], к примеру создан интегрированный обучающий комплекс «ДВС». Данный комплекс включает все элементы учебного процесса по поршневым двигателям: лекции, лабораторные, практические занятия, проектирование и моделирование процессов в ДВС. Подобный подход можно применять в учебных курсах ВУЗов по некоторым специальностям теплоэнергетического профиля, например, на кафедре энергетики БГАТУ по некоторым разделам курса «Энергосбережение в АПК». За основу можно взять метод имитационного моделирования, в частности, программу «МОДЭН», разработанную директором ОДО «Энергогент» к.т.н. Г.Я.Волковым [7, 8] (сайт разработчика: www.enerqovent.com).

Изменив несколько архитектуру программы или включив некоторые методики в версии, рассмотрим основные положения из архитектуры программы:

1. Теплоутилизацию объектов с большим запасом низкопотенциальной энергии, находящихся в зданиях и сооружениях, можно проводить при условии, что теплопотери через строительные ограждения зданий соответствовали нормам. Нормы теплопотерь для зданий и сооружений в РБ и методики их расчета приведены в [1].
2. Определение источников и потребителей ВЭР по следующим признакам: а) их тепловых мощностей и расходов; б) температурах на выходе источников и входе потребителей; в) их агрегатных состояний; г) режимам их работы в разные периоды года.
3. Группирование источников и потребителей по вышеуказанным признакам и выбор принципиальной схемы их транспортировки с составлением спецификации узлов по данной схеме, включая их стоимость. Составление на основе принципиальной схемы монтажного проекта и стоимости монтажа.
4. Выбор теплоутилизационного и составление спецификации данного оборудования, включая стоимость. Положение данного пункта выполняется параллельно положению 3. В версию программы можно включить методики расчета различных теплоутилизаторов по агрегатному состоянию первичного (источник) и вторичного (приемник) теплоносителей: газ-воздух, газ-жидкость, жидкость-жидкость и т.д.
5. Рассчитывается КПД теплоутилизатора и количество сэкономленной теплоты [2-5]. По режимам работы данного оборудования, согласно п.2 определяется количество сэкономленной теплоты за год.
6. Составляется технико-экономическое обоснование с определением сэкономленного условного топлива (экономия первичных ТЭР), себестоимость, окупаемость [2-5].

Данные положения близки к положениям программы имитационного моделирования энергетических систем «МОДЭН». Последняя может быть использована в курсах по проектированию и энергосбережению систем ТГВ.

Следует отметить, что использование информационных CALS-технологий, пакетов моделирования процессов теплоэнергетического оборудования способствует лучшему усвоению данных курсов в ВУЗах, а на практике к более широкому внедрению энергосберегающих технологий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Теплоснабжение и вентиляция /под ред. Хрусталева Б.М. – М.: Изд. АСВ. – 2009. – 420с.
2. Куперман Л.И., Романовский С.А., Сидольский Л.Н. Вторичные энергоресурсы и энерго-технологические комбинирование в промышленности. – Киев: Вища школа, 1986. – 303с.
3. Богословский В.Н., Поз М.В. Теплофизика утилизации тепла систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха. – М.: Стройиздат, 1983. – 320 с.
4. Гольцстрем В.А., Кузнецов Ю.Л. Справочник по экономии топливно-энергетических ресурсов. – Киев: Техника, 1985. – 383 с.
5. Протасевич А.М. Использование вторичных энергетических ресурсов / Учебное пособие/. – Мн.: БПИ, 1991. – 110 с.
6. Амерханов Р.В. Тепловые насосы. – М.: Энергоатомиздат, 2005. – 110 с.

7. Воллов Г.Я. Использование тепловых насосов на примере хлебзавода // Энергия и Менеджмент. – 2009, № 6. – с. 27-29.

8. Воллов Г.Я. Моделирование работы вертикальных грунтовых теплообменников в теплый и холодный периоды // Энергия и Менеджмент. – 2010. - № 4. – с.21-23.

9. Двигатели внутреннего сгорания. КН. 3. Компьютерный практикум. Моделирование процессов в ДВС / под ред. Луканина В.Н., Шатрова М.Г. – М.: Высшая школа. – 2007. – 414 с.

УДК 621.577:697.9

К РАСЧЕТУ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ ДЛЯ УТИЛИЗАЦИИ ТЕПЛОТЫ ВЫТЯЖНОГО ВОЗДУХА

Цубанов И.А., Цубанова И.А.

*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»
г. Минск, Республика Беларусь*

Утилизация теплоты удаляемого из помещений вытяжного воздуха является одним энергосберегающих мероприятий в системах вентиляции. С этой целью используют теплообменники-теплоутилизаторы для нагрева приточного воздуха за счет более теплого вытяжного. Однако они позволяют утилизировать, как правило, не более 40% теплоты, доступной для утилизации.

С целью более глубокой утилизации теплоты была разработана двухступенчатая схема теплоутилизационной установки, включающая теплоутилизатор и тепловой насос (ТН). [1]. Приточный вентилятор подает холодный наружный воздух через теплоутилизатор и конденсатор ТН а затем через распределительные воздухопроводы в вентилируемое помещение. Вытяжной вентилятор удаляет из помещения теплый загазованный воздух через теплоутилизатор и испаритель ТН. Тем самым организуется дополнительный нагрев приточного воздуха с помощью ТН.

При анализе эффективности предлагаемого энергосберегающего мероприятия была использована ожидаемая экономия энергоресурсов как один из технико-экономических показателей. Этот показатель непосредственно характеризует энергоэффективность энергосберегающих мероприятий и во многом определяет экономию текущих издержек за счет снижения расходов и стоимости потребляемых энергоресурсов.

Перед работой была поставлена задача: определить на первом этапе исследований ожидаемую относительную экономию топлива при использовании предлагаемой теплоутилизационной установки в системе вентиляции производственного помещения. Это позволило ограничиться выполнением расчетов по отношению к 1 кг воздуха.

Исходными данными являются:

- параметры внутреннего воздуха: температура t_1 , °С, и энтальпия h_1 , кДж/кг;
- параметры наружного воздуха: температура t_2 , °С, и энтальпия h_2 , кДж/кг;
- температурный коэффициент эффективности теплоутилизатора E .

Температура подаваемого воздуха была принята равная температуре внутреннего воздуха.

При анализе энергоэффективности необходимо рассчитать:

- температуру наружного, атмосферного воздуха на выходе теплоутилизатора

$$t_3 = t_2 + E(t_1 - t_2); \quad (1)$$

- удельную теплоту, передаваемую в теплоутилизаторе наружному воздуху, кДж/кг,

$$q_T = c_p(t_3 - t_2), \quad (2)$$

где c_p – удельная изобарная теплоемкость воздуха, которую допустимо принять равной 1,01 кДж/(кг×К);

- удельную теплоту, передаваемую в конденсаторе ТН наружному воздуху перед его подачей в помещение, кДж/кг,

$$q_K = c_p(t_1 - t_3), \quad (3)$$

– энтальпию удаляемого внутреннего воздуха на выходе теплоутилизатора, кДж/кг,

$$h_4 = h_1 - q_T. \quad (4)$$

Для расчета теплоты, передаваемой удаляемым внутренним воздухом в испарителе ТН, следует использовать систему уравнений:

$$q_{II} = q_K (1 - \mu^{-1}), \quad (5)$$

где μ – коэффициент преобразования ТН;

$$\mu = 240(\Delta t_{TH})^{-1,1}, \quad (6)$$

где Δt_{TH} – разность температур конденсации и испарения рабочего вещества (хладоны) соответственно в конденсаторе и испарителе ТН, °С.

$$\Delta t_{TH} = t_1 - t_5 + \Delta t_K + \Delta t_{II}, \quad (7)$$

где t_5 – температура удаляемого внутреннего воздуха на выходе испарителя ТН; Δt_K и Δt_{II} – наименьшие температурные напоры в конденсаторе и испарителе ТН;

$$q_K = h_4 - h_5, \quad (8)$$

где h_5 – энтальпия удаляемого внутреннего воздуха на выходе испарителя ТН, кДж/кг.

Уравнения (6) и (7) заимствованы из работы [2]. Для того, чтобы система уравнений стала совместной и имела решение, необходимо охарактеризовать зависимость температуры t_5 от энтальпии h_5 . Это можно сделать с помощью таблиц и диаграммы влажного воздуха [3], принимая относительную влажность воздуха равной 100%.

В таком случае следует решать систему уравнений методом подбора, задаваясь предварительно коэффициентом преобразования. После нахождения температуры t_5 в зависимости от энтальпии h_5 определяют коэффициент преобразования по формуле (5) и сравнивают его значение с ранее принятым значением.

Коэффициент снижения расхода топлива при использовании ТН определяется как отношение расхода топлива на тепловых электростанциях (ТЭС) при производстве электроэнергии, потребляемой ТН, к расходу топлива при традиционном теплоснабжении:

$$k_T = \frac{\eta_1 \eta_2}{\eta_3 \eta_4 \mu}, \quad (9)$$

где η_1 и η_2 – КПД котла (водонагревателя) и коэффициент потерь теплоты в тепловых сетях; η_3 и η_4 – КПД электростанции и коэффициент потерь электрической энергии в электросетях.

Относительная экономия топлива при использовании ТН:

$$b = 1 - k_T. \quad (10)$$

Общая относительная экономия топлива при использовании рассматриваемой схемы утилизации теплоты:

$$b_0 = [E + (1 - E)b] \times 100\%. \quad (11)$$

Выполним расчеты экономии топлива, достигаемой применением теплоутилизационной установки типа «теплоутилизатор – ТН» согласно вышеизложенной методике.

При этом принимаем: $t_1 = 18^\circ\text{C}$, $h_1 = 41,5$ кДж/кг; $t_2 = -22^\circ\text{C}$, $h_2 = -21$ кДж/кг; $E = 0,4$; $\Delta t_K = \Delta t_{II} = 7^\circ\text{C}$; $\eta_1 = 0,9$; $\eta_2 = 0,91$ и $\eta_4 = 0,92$.

КПД электростанции принимаем в двух вариантах: равным в среднем 0,38 на эксплуатируемых в настоящее время ТЭС или 0,51 при использовании парогазовых установок на ТЭС. Расчет выполнен при разных температурах наружного воздуха в течение холодного (отопительного) (табл.1).

Анализ результатов расчета позволяет заключить, что ожидаемая экономия топлива при использовании предлагаемого технического решения составляет от 72 до 87% в зависимости от температуры наружного воздуха и показателей эффективности производства и транспортирования тепловой и электрической энергии. ТН обеспечивает такую же экономию топлива в размере около 40%, как и теплоутилизатор.

Таблица 1. Результаты расчета

Параметры, единицы величин	Источник, номер формулы	t_2			
		-22°C	-10°C	0°C	5°C
$t_3, ^{\circ}\text{C}$	(1)	-6	1,2	7,2	10,2
$q_T, \text{кДж/кг}$	(2)	16,2	11,3	7,3	5,25
$q_K, \text{кДж/кг}$	(3)	24,3	17	10,9	7,9
$h_4, \text{кДж/кг}$	(4)	25,3	30,2	34,2	36,3
$\mu,$	Принято	5	6	7,5	8
$q_H, \text{кДж/кг}$	(5)	19,4	14,2	9,45	6,9
$h_5, \text{кДж/кг}$	(8)	5,9	16	24,75	29,4
$t_5, ^{\circ}\text{C}$	[3]	-2	3,8	8,3	10
$\Delta t_{TH}, ^{\circ}\text{C}$	(7)	34	28,2	23,7	22
$\mu,$	(6)	4,95	6,1	7,4	8
$\eta_1=0,38$					
k_T	(9)	0,47	0,38	0,32	0,3
b	(10)	0,53	0,62	0,68	0,7
$b_0, \%$	(11)	72	77	81	82
$\eta_2=0,51$					
k_T	(9)	0,35	0,29	0,24	0,22
b	(10)	0,65	0,71	0,76	0,78
$b_0, \%$	(11)	79	82	85	87

Решение вопроса о целесообразности применения подобной теплоутилизационной установки зависит от стоимости топлива, тарифов на тепловую и электрическую энергию и от капитальных затрат на ее сооружение.

ЛИТЕРАТУРА

1. Отопительно-вентиляционная система производственного помещения: пат. 13017 Респ. Беларусь, МПК (2009) F 24D 3/00 /А.Л.Синяков, И.А.Цубанова, И.А.Цубанов; заявитель Белорусский государственный аграрный технический университет. – №.а20071657, заявл.29.12.2007; опубл. 30.04.2010//Официальный бюл. / Нац. центр интелект. собственности. – №2, 2010. – с.123. ..
2. Цубанов, А.Г. К расчету энергоэффективности применения теплоснабжающих установок в системах теплоснабжения / А.Г. Цубанов, А.Л. Синяков, И.А.Цубанов // Агропанорама, №1, 2011. –С.22-26.
3. Жидко, В.И. Зерносушение и зерносушилки/ В.И. Жидко, В.А. Резчиков, В.С. Уколов – М.: Колос, 1982. – 239с.

УДК 621.382;621.315

СОЛНЕЧНАЯ ЭНЕРГЕТИКА: СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ЕЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Русан В.И., д.т.н., профессор, Казакевич Д.М., аспирант
Белорусский государственный аграрный технический университет,
Минск, Республика Беларусь

Рост энергопотребления является одной из наиболее характерных особенностей деятельности современного человечества. До сегодняшнего дня в мире более 90% всей потребляемой человеком энергии, приходится на долю органического топлива. Однако этот ресурс рано или поздно закончится. Это говорит о необходимости принятия определенных мер для существенных структурных изменений в ресурсной основе всего мирового энергетического сектора. В связи с этим становится актуальным использование возобновляемых источников энергии.

Энергия возобновляемых источников поистине огромна и превышает объем годовой добычи всех видов углеводородного сырья. Важно отметить то, что их использование возможно практически во всех регионах мира, в том числе и в Беларуси. Положительной сторо-

ной ВИЭ является то, что их использование не изменяет энергетический баланс планеты, что и послужило причиной бурного развития нетрадиционной энергетики за рубежом и весьма оптимистических прогнозов их развития в ближайшем десятилетии. ВИЭ играют значительную роль в решении трех глобальных проблем, стоящих перед человечеством: энергетика, экология и продовольствие [4].

Самым мощным, экологически чистым, естественным и общедоступным источником энергии на нашей планете является Солнце. Развитие науки и промышленности позволяет сегодня говорить о реальной возможности обеспечения человечества электричеством с помощью преобразования энергии Солнца.

Республика Беларусь собственными природными запасами обеспечивает около 15–18 % своих потребностей в топливно-энергетических ресурсах. Недостающее количество топлива и энергии поставляется из России и других стран, на что расходуется ежегодно 1.7–2.0 млрд. долларов США. В связи с этим для Республики Беларусь чрезвычайно актуален вопрос поиска собственных экологически чистых источников энергии [1].

На территорию Беларуси за год поступает солнечная энергия суммарной величиной около 3·10¹⁴ кВт·часов, что эквивалентно 40 млрд. т. у. т. и более чем на три порядка величины превышает нынешнее общее потребление энергоносителей в государстве.

Проведенный предварительный анализ возможности использования НВИЭ показал, что Республика Беларусь располагает существенной сырьевой базой, составляющей по оценкам ряда специалистов 12–20 млн. т. у. т. в год. Для сравнения: в 1994 году было израсходовано 37,2 млн. т. у. т. при собственном производстве 5,8 млн. т. у. т. Таким образом, общий потенциал ВИЭ – примерно 30 % потребности страны. При этом доля солнечной энергии в структуре запасов ВИЭ – 37,2 %.

Главный фактор, обуславливающий развитие фотовольтаики в Беларуси, – наличие достаточной инсоляции (количества световой энергии, падающей на единицу поверхности). Республика Беларусь, по количеству световой энергии, падающей на единицу поверхности (инсоляции), отстает от стран близких к экватору. Однако находится примерно на одном уровне с такими странами, как Германия, Япония, Канада, в которых солнечная энергетика развивается очень активно. В таблице 1 [1] показаны среднемесячные мощности падающего излучения на территории Беларуси и Германии.

Анализ показывает, что потенциальная эффективность использования солнечных батарей на территории Республики Беларусь только за счет благоприятных условий инсоляции

- более чем на 10% выше, чем в Польше, Нидерландах,
- более чем на 17% выше, чем в Германии, Бельгии, Дании, Ирландии, Великобритании,
- еще выше относительно стран расположенных севернее и северо-западнее РБ.

Таблица 1. Среднемесячная мощность падающего излучения на территории Беларуси и Германии (кВт·час/м² в день).

Город	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь	среднее	широта	долгота
Брест	0.88	1.57	2.59	3.68	4.90	4.80	4.80	4.38	2.78	1.64	0.91	0.69	2.6017	52.12	23.68
Верхнедвинск	0.68	1.35	2.49	3.84	5.08	5.15	5.11	4.33	2.74	1.50	0.78	0.51	2.7967	55.82	27.95
Витебск	0.68	1.36	2.49	3.83	5.07	5.14	5.12	4.23	2.68	1.48	0.77	0.50	2.7792	55.17	30.13
Гомель	0.93	1.65	2.75	3.80	4.97	5.08	5.03	4.40	2.87	1.70	0.91	0.69	2.8983	52.45	31.00
Гродно	0.81	1.47	2.49	3.61	4.78	4.70	4.71	4.29	2.71	1.54	0.82	0.61	2.7117	53.88	28.83
Минск	0.58	0.94	2.58	3.14	4.98	5.20	5.08	3.93	2.41	1.34	0.52	0.33	2.5867	53.93	27.63
Могилев	0.85	1.59	2.68	3.75	4.84	4.96	4.93	4.27	2.76	1.60	0.84	0.63	2.8083	53.80	30.32
Петриков	0.90	1.63	2.66	3.73	4.86	4.86	4.86	4.32	2.76	1.65	0.92	0.68	2.8200	52.13	28.49

Город	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь	среднее	широта	долгота
Берлин	0.69	1.33	2.35	3.75	4.80	4.85	4.88	4.24	2.82	1.68	0.79	0.53	2.7175	52.57	13.32
Гамбург	0.52	1.13	2.23	3.55	4.60	5.44	4.82	4.34	2.79	1.49	0.57	0.40	2.6725	53.43	10.00
Ганновер	0.52	1.28	2.23	3.74	4.47	4.61	4.32	3.92	2.75	2.01	0.74	0.45	2.5967	52.47	9.70
Дортмунд	0.68	1.39	2.41	3.86	4.67	4.81	4.77	4.19	2.80	1.65	0.55	0.54	2.7017	51.51	7.48
Дрезден	0.72	1.21	2.38	3.44	4.42	5.02	5.05	4.37	3.08	1.72	0.83	0.50	2.7283	51.12	13.68
Мюнхен	1.03	1.65	2.86	4.05	4.99	5.19	5.26	4.69	3.26	1.91	1.09	0.81	3.0833	48.13	11.55
Нюрнберг	0.78	1.61	2.39	3.81	4.69	4.86	5.11	4.47	3.19	1.86	0.94	0.81	2.8767	49.50	11.08
Франкфурт	0.81	1.56	2.48	3.75	4.66	4.91	4.89	4.33	2.88	1.63	0.85	0.62	2.7808	50.05	8.60

При оптимальном дизайне солнечных батарей каждый элемент при стандартных условиях излучения (плотность излучения 1000 Вт/м², солнечный спектр АМ 1.5G, температура 25°C) будет ежегодно вырабатывать примерно 800 Вт-час в Минске, 850 Вт-час во Франкфурте, 1650 Вт-час в Марселе, а в среднем по всему миру 850 Вт-час [5].

Принятый 6 мая 2010 года проект Закона Республики Беларусь «О возобновляемых источниках энергии» был разработан в целях создания правовой основы для реализации государственной политики в сфере производства и использования возобновляемых источников энергии и направлен на [2]:

- повышение уровня энергетической безопасности;
- снижение антропогенного воздействия на окружающую среду и климат;
- сохранение невозобновляемых источников энергии для будущих поколений;
- создание, совершенствование и использование эффективных технологий и установок по использованию возобновляемых источников энергии.

Для условий Республики Беларусь рассматриваются два способа использования солнечной энергии:

- преобразование солнечной энергии в тепловую энергию;
- преобразование солнечной энергии непосредственно в электрическую при помощи PV-систем.

В настоящее время в Республике Беларусь отсутствует развитая отрасль производства солнечных элементов и установок на их основе. Однако уже существуют некоторые предприятия, которые наладили производство солнечных элементов и систем. ООО «Электрет» более 8 лет разрабатывает и внедряет солнечные водогрейные системы, предназначенные для работы в системах горячего водоснабжения жилых домов, объектов соцкультбыта и промышленных объектов. В 2009 году в Бресте было создано первое промышленное предприятие ООО Солар-Груп по выпуску высокотехнологичных полупроводниковых фотоэлектрических преобразователей (ФЭП). Объем производства на данный момент достигает 1.3 млн. пластин ФЭП в год. Постоянно идет работа над улучшением качества производимой продукции.

Во исполнение целевой государственной программы, согласно которой к 2012 году доля местных видов топлива и альтернативных источников энергии в энергобалансе должна быть доведена до 25%, руководством предприятия МО ОАО «Луч» было утверждено открытие нового направления деятельности – проект «ЭкоЭнерджи» [3]. Целью данного проекта является освоение, установка, а также оптовая и розничная продажа оборудования, преобразующего энергию солнца и ветра в тепловую и электрическую энергию.

В планах на ближайшую перспективу стоит открытие собственного производства энергосберегающего оборудования в Республике Беларусь на базе и площадях МО ОАО «Луч».

Белорусские специалисты небезосновательно утверждают, что потенциал развития фотовольтаики в Беларуси есть. Межотраслевой рабочей группой разработан проект концепции государственной программы по созданию и развитию сектора солнечной фотоэлектрической энергетики Республики Беларусь. Полагается, что развитие сектора солнечной энергетики в республике следует начать с создания высокоэффективного массового производства «под ключ» для изготовления как самих солнечных элементов (с КПД около 15%), так и конечного изделия – модулей на базе какого либо предприятия радиоэлектронного профиля (НПО «Интеграл», завод «Измеритель» и т.п.).

Перспективно развитие тонкопленочной фотофольтаики, что означает отказ от дорогостоящих кремниевых пластин, на которых размещаются солнечные элементы, и переход к тонкопленочным преобразователям. Последние должны иметь более широкий спектр поглощения солнечного света, включая все области инфракрасного излучения и ультрафиолетового. Еще одним вариантом является разработка tandemных или более сложных систем (например, солнечная батарея плюс солнечный коллектор плюс дизель). Эти и другие «задумки», многие из которых близки к реализации, позволят снизить материалоемкость и цену солнечных элементов до приемлемой и сделают фотовольтаiku более конкурентной [5].

Научное и научно-техническое обеспечение и сопровождение программы должно быть направлено на достижение следующих целей. Во-первых, на повышение эффективности используемых фотоэлектрических систем и снижение себестоимости производимой ими электроэнергии. Во-вторых, на поиск новых, более эффективных и дешевых, материалов и методов изготовления СЭ, создание новых конструкций СЭ. В-третьих, на создание специализированного технологического и контрольно-измерительного оборудования по повышению производительности изготовления СЭ. И наконец, на проведение испытаний, измерений, аттестации и сертификации производимых СЭ.

Таким образом, в Республике Беларусь есть необходимые условия для развития солнечной энергетики. У нас имеются крупные научно-исследовательские центры в области микро-нано- и оптоэлектроники, соответствующее аналитическое и производственное оборудование, ряд существенных научных результатов в областях материаловедения, химии, технологии кремния, соединений АЗВ5, А2В6, формирования просветляющих, люминесцентных, защитных покрытий и т.п., которые могут быть использованы при разработке солнечных элементов [6]. Сравнительно большая материально-техническая база не загружена и пригодна для обеспечения крупносерийного производства солнечных элементов и гелиостанций. Следует отметить также наличие высококвалифицированных кадров и опыт международного научного сотрудничества в конкретных областях разработок.

ЛИТЕРАТУРА

1. В.Ф. Гременок, М.С. Тиванов, В.Б. Залесский. Солнечные элементы на основе полупроводниковых материалов. Минск, «Издательский центр БГУ» 2007 г.
2. Научно-практический журнал «Энергетическая стратегия» №3(15) 2010, стр. 32-35.
3. <http://ecoenenergy.by>
4. Научный, производственно-технический и информационно-аналитический журнал «Электрика» №6, 2010, стр. 3-13.
5. Интернет-портал «ЭНЕРГОБЕЛАРУСЬ» (<http://energobelarus.by>) Статья «С чего начинается фотовольтаика в Беларуси».
6. Научно-практический журнал «Энергетическая стратегия» №6(18) 2010, стр. 30-33.

СЕКЦИЯ 3
ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЯ И ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ АПК

**ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ РЕЗОНАНСНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИСТЕМ
ДЛЯ УНИЧТОЖЕНИЯ СОРНЯКОВ**

**Стребков Д.С., акад. РАСХН, Топорков В.Н., Трубников В.З., Королев В.А., канд.
техн. наук**

*Государственное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт
электрификации сельского хозяйства,
Москва, РФ*

Для борьбы с сорняками традиционно используют гербициды, которые загрязняют окружающую среду. В настоящее время в России и ряде других стран мира разрабатываются новые перспективные методы уничтожения сорной растительности, относящиеся к классу нанотехнологий, а именно, электрофизические методы воздействия, предусматривающие воздействия на структуры растений на клеточном уровне.

Первые опытные и промышленные установки для уничтожения сорняков появились в начале 70-х годов. Наиболее известна фирма "Lasco" США, которая разработала модификации агрегатов мощностью от 15 Вт (уничтожение сорняков) до 220 кВт (уничтожение деревьев). С 1975 года начата разработка подобных агрегатов во Франции (фирма "Evtard" – установки "J'Argichoc") и в Великобритании (установки "Bolter Destroyer"). Зарубежные агрегаты основаны на использовании энергии переменного однофазного тока высокого напряжения и предназначены для борьбы с сорняками на полях с малой засорённостью. В нашей стране разработан электрокультиватор в Челябинском аграрно-инженерном университете (бывший ЧИМЭСХ), который основан на использовании переменного трехфазного тока промышленной частоты [1].

В этих электрокультиваторах реализован тепловой механизм воздействия на растительную ткань сорняков. Подобные воздействия характеризует высокая энергоёмкость процессов. Альтернативой рассмотренным техническим решениям является разработанная ВИЭС-Хом совместно с Брянской ГСХА (БСХИ), энергоэффективная технология уничтожения сорняков электрическими импульсами высокого напряжения [2]. Применение импульсной электрообработки снижает энергоёмкость процесса за счёт исключения теплового механизма воздействия на растительную ткань. Был разработан, испытан в лабораторных и хозяйственных условиях опытный образец высоковольтного импульсного культиватора. Высоковольтный импульсный источник питания, применённый в опытном образце культиватора, состоит из шести модулей с параметрами:

- выходное напряжение – 10-30 кВ;
- частота следования разрядов – 800÷1200 Гц;
- фронт импульса – не более 0,5÷1 мкс;
- длительность импульса – 50-100 мкс;
- энергия в импульсе – 0,4÷10 Дж.

Производственные испытания высоковольтного источника питания показали высокую эффективность его работы. Уничтожение сорняков, не достигших фазы старения, составило 93,5–96,4 %.

Дальнейшая модернизация электроимпульсного электрокультиватора произведена в части применения в качестве воздействий на сорные растения высокочастотных высоковольтных электрических импульсов на выходе генератора резонансной системы электропередачи электроэнергии с применением однопроводникового волноводного кабеля. Применение резонансной системы характеризуется существенным снижением потерь электроэнергии в передающей линии, уменьшением габаритных размеров и массы системы в целом.

Макет установки и общий вид сорных растений показаны на рис 1 (сорные растения до обработки), рис 2 (сорные растения после обработки), рис 3 (сорные растения спустя четыре дня после обработки),

Разработанный генератор (рис. 1,2) предполагается использовать в качестве экспериментального источника питания для отработки схем и исследования режимов работы резонансных электрических систем, а именно:

- разработка методов увеличения передаваемой мощности;
- экспериментальное исследование режимов работы генераторов переменного тока повышенной частоты при работе с трехфазной резонансной сетью;
- экспериментальное исследование работы генераторов переменного тока повышенной частоты при работе инвертора, нагруженного на последовательные или параллельные резонансные нагрузки;

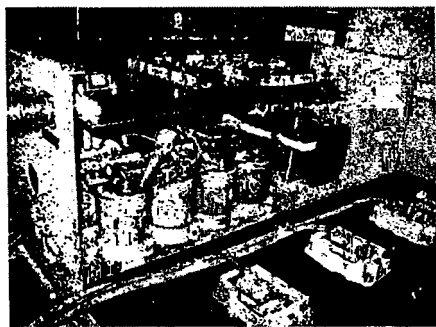


Рис. 1. Размещение силовых элементов в генераторе

2. отработка методов конструирования инверторных мостов с точки зрения оптимизации температурных режимов;

- отработка методов и макетирование программ управления силовыми ключами генератора при синтезе систем беспроводного резонансного электропитания с бесконтактной коммутацией энергопотребителей;

- наработка экспериментального материала с целью формирования перечня практических рекомендаций для создания надежного, не нуждающегося в сложном регламентном обслуживании оборудования для резонансных энергосистем.

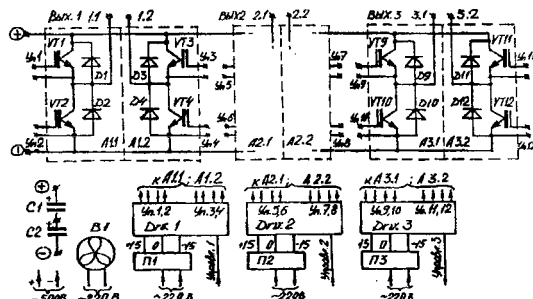


Рис. 3. Блок-схема электрических соединений компонентов генератора

Испытания проводили следующим образом: Вырезали не разрушенные пласты почвы вместе с сорняками и помещали их в ящик в испытательном зале. Заземленный электрод находился в почве на дне ящика, а высоковольтный касался верхушек сорных растений. Обработки подвергались осот, одуванчик, шандра обыкновенная и др. Высокое напряжение синусоидальной формы через высоковольтный электрод подавалось непосредственно на верхние части растений. Параметры обработки: Частота ~ 20 кГц, амплитуда напряжения 10 кВ.- время обработки каждого растения -0,5-1,0 сек.

Сорные растения сразу после обработки теряли тургор и увядали. Через несколько дней растения засохли и больше не восстанавливались. Корневая система также была повреждена и корни загнивали.



Рис.1 Сорные растения до обработки



Рис.2 Общий вид сорных растений сразу после обработки.



Рис.3 Общий вид сорных растений через 4 дня после обработки.

Испытания показали, что применение резонансных систем в технологиях уничтожения сорняков электрическими импульсами высокого напряжения повышенной частоты характеризуется конкурентоспособными технико-экономическими показателями и имеет широкие перспективы применения в сельском хозяйстве при производстве экологически чистой продукции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Тверитин А.В., Трофимова Н.Б., Исаева Л.И. и др. Состояние и тенденции развития электрических способов и оборудования для борьбы с сорняками. / Обзорная информация. – М.: ВНИИТИСХ, 1984 – 65 с.
2. Бан А.Г., Нуриев З.К., Топорков В.Н. Электрооборудование высоковольтного импульсного культиватора. Механизация и электрификация сельского хозяйства. 1990. №10. 39-40.

РЕЗОНАНСНАЯ ОДНОПРОВОДНАЯ СИСТЕМА СВЕТОДИОДНОГО ОСВЕЩЕНИЯ С ПИТАНИЕМ ОТ СОЛНЕЧНОЙ БАТАРЕИ

Стребков Д.С., акад. РАСХН, Юферов Л.Ю., к.т.н.

*Государственное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт
электрификации сельского хозяйства,
Москва, РФ*

Резонансная однопроводная система светодиодного освещения с питанием от солнечной батареи применяется при строительстве новых и реконструкции действующих линий уличного освещения.

Освещение крупных зданий и сооружений, а так же освещение улиц, парков, площадей и др. связано с проблемой создания низковольтных линий электропередачи большой протяженности с малыми потерями электроэнергии.

В настоящее время системы передачи электроэнергии на большое расстояние используют в подавляющем большинстве трехфазные цепи. Трехфазные цепи электропередачи в свою очередь состоят из повышающей трансформаторной подстанции, трехфазной линии электропередачи и понижающей трансформаторной подстанции. Это особенно не выгодно при передаче небольшой мощности. Одним из способов уменьшения стоимости линий электропередачи является резонансная система электропередачи.

Стандартная линия уличного освещения нуждается в установке промежуточных подстанций или подключении к фидерам через каждые 2 км и питается от четырехжильного провода, применение резонансной системы электроснабжения позволяет передавать электроэнергию по однопроводной тонкой кабельной линии с питанием от одного передающего блока (фидера) на любую длину улицы.

Известные решения по созданию автономных уличных светильников с солнечными батареями требуют регулярного обслуживания и замены аккумуляторных батарей. Это в свою очередь сильно повышает стоимость эксплуатации системы уличного освещения. Поэтому предлагается создать систему уличного освещения с одной крупной солнечной электрогенерирующей станцией и единой системой электропередачи ко всем светильникам. При этом в обслуживании будет нуждаться только одна солнечная станция.

В связи с тем, что солнечные электрогенерирующие станции вырабатывают напряжение постоянного тока, электроэнергия, накапливаемая в аккумуляторных батареях нуждается в дальнейшем преобразовании по частоте и напряжению. Из-за того что большинство уличных светильников работают от напряжения 220 В передача электроэнергии на большое расстояние будет осуществляться со значительными потерями. Для уменьшения потерь при преобразовании и передаче электроэнергии предлагается применить резонансную систему передачи электроэнергии.

Впервые резонансная система передачи электроэнергии была предложена Н. Тесла. Разработанная нами резонансная система уличного освещения состоит из резонансного передающего блока, кабельной однопроводной линии, комплекта уличных светильников на светодиодах и обратных преобразователей.

На рис. 1 представлена схема, которая иллюстрирует принцип работы разработанной системы уличного освещения.

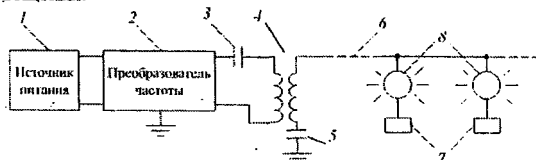


Рис. 1. Схема резонансной системы уличного освещения

Система освещения (рис. 1) работает следующим образом: напряжение сети или любого другого источника электрической энергии 1 с напряжением 2...600, подводимое к преобразователю частоты 2, преобразуется в напряжение высокой частоты, и подается на резонансный трансформатор Тесла 4, с высоковольтного вывода которого снимается высоковольтное, высокочастотное напряжение и подается на резонансную линию электропередачи 6. Второй вывод трансформатора через конденсатор 5 соединяется с землей. Светильники 8 подсоединены параллельно, одним выводом к высоковольтной линии, второй вывод каждого светильника соединен с естественной емкостью 7 в виде изолированного проводящего тела. Фонари состоят из обратного преобразователя, лампы и собственной изолированной емкости.



Рис. 2. Стационарный концентратор с солнечной батареей для автономного питания резонансной системы освещения

Разработанная система передачи электроэнергии, позволяет значительно сократить время строительства систем освещения, в несколько раз снизить расход цветных металлов и редкоземельных элементов, принципиально упростить обслуживание системы освещения, исключить утилизацию отработанных ламп и повысить надежность системы освещения в целом, что делает данную технологию социально значимой и повышает общую безопасность объектов с присутствием большого количества людей. Применение проводов с небольшим содержанием цветного металла резко сократит их хищение.



Рис. 3. Резонансная система уличного освещения.

Исключаются короткие замыкания и опасность возникновения пожаров. В случае неисправности линии электропередачи или короткое замыкание в нагрузке система передачи электроэнергии выходит из резонанса и потребление электроэнергии от первичного источника питания сокращается в десятки раз.

Исключаются обрывы проводов от различных природных катаклизмов – ураганов, оледенений проводов, т.к. реализуется подземная прокладка кабелей. По этой же причине практически исключается отвод земель под линии электропередачи и обеспечивается их полная экологическая безопасность.

Минимизируется дефицит используемых материалов. Резонансная технология передачи электроэнергии не избирательна к проводящему материалу – в качестве проводника тока может служить и медный, и алюминиевый, и стальной провод, а также неметаллические проводники типа оптического световода с проводящим покрытием из углеродистых покрытий.

Резонансная система электроосвещения была реализована в нескольких проектах по оснащению птицефабрик, а так же по уличному освещению. По теме работы было защищено две кандидатская диссертация, опубликовано более 30 статей, получено 6 патентов, 7 медалей 1. серебряная ВВЦ 1999г, 2. золотая ВВЦ 2005г. 3. серебряная ВВЦ 2005, 3. две медали выставки «Изделия и технологии двойного назначения 2007», 4. золотая с выставки «День российского поля 2007», 5. золотая с выставки «Золотая осень 2010» и один диплом за лучшую завершенную разработку 2009 года.



Рис.4. Передающий блок мощностью до 10 кВт

В данный момент ведутся работы в рамках госконтракта на НИОКР по «Тематическому плану прикладных научных исследований и проектов в интересах города Москвы на 2010 год» по теме «Строительство экспериментальной линии освещения в 15 микрорайоне Зеленоградского административного округа».

На основе апробации данной системы в ряде птицефабрик установлено что затраты на электроэнергию за 10 лет снизятся на 1,6 млн рублей в каждом цехе для содержания птицы.

ЛИТЕРАТУРА

1. СТРЕБКОВ Д.С., НЕКРАСОВ А.И., ЮФЕРЕВ Л.Ю., РОЩИН О.А. РЕЗОНАНСНАЯ СИСТЕМА ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ОСВЕЩЕНИЯ. ЭКОЛОГИЯ И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ ТЕХНИКА. МАТЕРИАЛЫ 5-Й МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ 15-16 МАЯ 2007 ГОДА. ТОМ 3 ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРОИЗВОДСТВА ПРОДУКЦИИ ЖИВОТНОВОДСТВА И ЭЛКТРОТЕХНОЛОГИЙ. С-П 2007 С.246-250
2. ЮФЕРЕВ Л.Ю., СТРЕБКОВ Д.С., РОЩИН О.А. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ МОДЕЛИ РЕЗОНАНСНЫХ СИСТЕМ ПЕРЕДАЧИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ. М. ГНУ ВИЭСХ, 2010 – 208С.

УДК 631.372:621.1
**ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МАТЕРИАЛА ПОЛА ПРИ
РАЗРАБОТКЕ ЛОКАЛЬНЫХ ЭЛЕКТРООБОГРЕВАТЕЛЕЙ ДЛЯ ПОРОСЯТ**

**Растимешин С.А., доктор технических наук, профессор
Каткова Ю.Б., инженер**

*Государственное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт
электрификации сельского хозяйства
Москва, Российская Федерация*

Энергосберегающие мероприятия при разработке и эксплуатации электрообогревателей для молодняка свиней могут включать в себя не только уменьшение или распределение мощности напольного обогревательного устройства, но в некоторых случаях могут позволить при применении источников инфракрасного излучения исключить применение напольного обогрева, используя теплоизолирующие материалы, теплофизические параметры которых обеспечивают тепловой комфорт поросятам при лежании на полу (в том числе щелевом) свинарника.

Для обоснования теплофизических параметров материала пола и оценки характеристик материалов пола или подстилки, при которых система терморегуляции животного работает без перенапряжения, необходимо расчетным путем определить тепловые потери лежащего расчетного животного.

Анализируя поведение животного в реальных условиях животноводческого помещения, необходимо учитывать, что стремление животного в зону обогрева - это стремление скомпенсировать теплопотери, перейдя в зону с более высокой температурой. При этом лежание животных в реальных условиях животноводческих помещений, как процесс, при обеспечении нормируемых тепловых условий и режимов, менее энергозатратный, чем стояние. Это объясняется тем, что лежащее животное получает снизу дополнительный слой теплоизоляции, снижающий его явные тепловыделения. В результате животное как бы оказывается в тепловых условиях с ощущаемой им температурой помещения более высокой, чем стоящее в тех же условиях. Таким образом, можно утверждать, что явные тепловыделения лежащего на площадке животного, являются функцией теплофизической характеристики материала и характеризуются сопротивлением теплопередаче площадки пола.

Следовательно, обеспечив требуемое значение сопротивления теплопередаче площадки пола, можно в сравнительно небольшом температурном диапазоне добиться ощущения животным состояния теплового комфорта.

Для разработчиков средств обогрева представляет интерес нахождение требуемых величин сопротивления теплопередаче площадки пола в диапазоне температур помещения, зависящих от возраста животного, которые определяют вид материала подстилающего слоя и его толщину.

По итогам расчета по предлагаемой нами методике получены зависимости изменения соотношения удельных составляющих теплоотдачи для некоторого диапазона изменения температур помещения.

Результаты расчетов позволили установить целесообразное удельное соотношение величин конвективной, лучистой и контактной составляющих теплопотерь животного (в данном случае – расчетного поросенка) от его массы.

Если наложить на полученный график возрастную шкалу, то можно увидеть, как идет формирование процесса теплоотдачи организмом животного в возрастной перспективе. Очевидна важность периода первых двух недель жизни, в течение которого происходит развитие аппарата терморегуляции и соотношения составляющих баланса значительно меняются. Особенно характерно снижение роли лучистой теплоотдачи, при которой организм теряет больше всего тепла, происходящее под влиянием изменения различных факторов, таких

как: увеличение жировой прослойки, увеличение густоты шерстного покрова, уменьшение соотношения единицы площади тела на единицу массы.

Получены также числовые значения требуемой величины явной теплоотдачи животного для диапазона комфортных температур, выраженных через сумму составляющих теплообмена.

Полученные результаты использованы при проектировании оборудования для локального электрообогрева поросят раннего возраста.

УДК 636.083.39

ОБОСНОВАНИЕ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ КРИТЕРИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ БИОЛОГИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ ОПТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ЖИВОТНЫЙ ОРГАНИЗМ.

Червинский Л. С., д.т.н., проф., Радько И.П., к.т.н., доц.

Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины

Киев, Украина

При облучении биологических объектов и исследовании фотобиологических реакций протекающих в них для определения критерия эффективности действия оптического излучения пользуются понятием дозы или экспозиции оптического облучения.

Доза облучения определяет количество энергии оптического излучения, которое поглощается в объеме облучаемого биологического объекта и осуществляет образование тех или других продуктов. В большинстве современных фотобиологических исследований определяющим критерием есть *потенциальная доза* (экспозиция) лучистой энергии т.е., энергии падающая на поверхность облучаемого тела:

$$H = \int \int_{\lambda \ t} E(\lambda, t) d\lambda dt \quad (1)$$

где $E(\lambda, t)$ – спектральная облученность поверхности животного в момент времени t ;

t - период облучения животного.

По реакции объекта на облучение различают *пороговую, критическую и оптимальную* дозы облучения.

Пороговая доза облучения – это минимальное количество энергии излучения, которое поступает на поверхность, поглощается телом и есть достаточной для регистрации начала фотобиологической реакции.

Оптимальная доза облучения – это количество энергии излучения, которое поступает на поверхность и есть достаточным для получения максимально возможного количества продукта фотобиологической реакции.

Критическая доза – это максимальная количество энергии излучения, которое поступает на поверхность и приводит к началу насыщения фотобиологической реакции (не увеличивается выход продукта фотореакции при увеличении дозы или начинается реструктуризация реагирующих биомолекул).

Пороговая доза облучения важна при определении чувствительности биологического объекта к данному излучению или регистрации начала фотопроцесса с целью его стимулирования и управления.

В практике применения оптического излучения приведенные дозы облучения определенные экспериментальным путем, методом накопления и анализа результатов экспериментальных исследований. Таким образом установлены, например отраслевые нормы оптимального освещения сельскохозяйственных и общественно - бытовых помещений, нормы ультрафиолетового облучения животных и птицы [1,2], режимы инфракрасного обогрева молодежи сельскохозяйственных животных и птицы и нормы бактерицидного обеззараживания сельскохозяйственной продукции и другое.

Общепринятый подход к определению критерия эффективности оптического облучения некорректный потому, что данные нормативные дозы облучения есть опосредствованными, обобщающими и не учитывают ни породных особенностей животных, ни их весовых отличий, ни состояния здоровья, ни оптических свойств их внешнего покрова, ни особенностей условий их содержания при выращивании.

При установлении нормативов использования энергии оптического излучения в сельском хозяйстве недостаточное внимание уделено определению и использованию спектров биологического действия оптического излучения и согласованию с ними спектров излучения источников, используемых в данных технологиях получения продукции.

К данному времени такой подход был реализован лишь в технологиях выращивания растительной продукции. В животноводстве метод не использовался из-за отсутствия конкретных количественных результатов по взаимодействию оптического излучения с животным организмом и математической модели количественной оценки энергетического действия спектру оптического излучения на животный организм.

Разработка математической модели количественной оценки энергетического действия спектру оптического излучения на животный организм.

Определение количественной оценки и разработку математической модели энергетического действия спектру оптического излучения на животный организм выполним на основе использованием законов фотобиофизики.

Согласно закону квантовой эквивалентности Ейнштейна [3,4] для фотобиологической реакции можно записать

$$\eta = \frac{M}{N_{\phi}} \quad (2)$$

где η - квантовый выход фотореакции; M - число молекул, которые вступили в реакцию; N_{ϕ} - число фотонов оптического излучения, которые проникли в толщу тела облучаемого объекта и взаимодействуют с его молекулами.

Из (2) определим число поглощенных фотонов

$$N_{\phi} = \frac{M}{\eta} \quad (3)$$

Число молекул (M), что вступили в реакцию, в соответствии с законами физической химии, можно определить как:

$$M = \frac{g \cdot N_A}{G} \quad (4)$$

где N_A - число Авогадро, $6,03 \cdot 10^{23}$, что характеризует количество молекул в грамм-моле данного вещества, массой G , g - масса вещества, которое реагирует..

Поскольку любая фотореакция имеет свою продолжительность, число поглощенных фотонов N_{ϕ} за время t определяется как :

$$N_{\phi} = n \times t \quad (5)$$

где n - количество поглощенных фотонов излучения за период времени t .

Подставляя значения (4) и (5) в (3) получаем

$$n \cdot t = \frac{g \cdot N_A}{G \cdot \eta} \quad (6)$$

умножая левую и правую части выражения (6) на энергию кванта оптического излучения (ϵ) получаем уравнение Вант-Гоффа-Лазарева для фотохимической реакции. Выражение слева - определяет количество энергии оптического излучения поглощенного телом; а правой стороны - определяет энергию, потребленную в процессе фотореакции на образование продукта:

$$n \cdot t \cdot \varepsilon = \frac{g \cdot N_A}{G \cdot \eta} \varepsilon \quad (7)$$

Поскольку энергия кванта зависит от длины волны оптического излучения λ , (то есть, спектра оптического излучения) выражение (7) целесообразно представить в таком виде:

$$n \cdot t \cdot \varepsilon_\lambda = \frac{g \cdot N_A}{G \cdot \eta} \varepsilon_\lambda \quad (8)$$

где n - индекс λ отмечает, что используется фотон монохроматического излучения с длиной волны, равной λ нм.

Анализ формулы (8) показывает, что левая часть определяет количество поглощенной телом оптической энергии W за время облучения t .

$$W = n \cdot t \cdot \varepsilon_\lambda = N_\phi \cdot \varepsilon_\lambda \quad (9)$$

Используя закон Бугера-Ламберта – Бэра, определим поглощенную объектом энергию через падающую на его поверхность от источника оптического излучения :

$$W = W_n \cdot (1 - e^{-kl}) \quad (10)$$

где l - толщина облучаемой прослойки вещества; k - показатель поглощения излучение молекулами в объекте облучения по толщине l прослойки.

Выразим падающую на вещество энергию через поток излучения Φ_n , что поступает на его поверхность

$$W_n = \Phi_n \cdot t \quad (11)$$

тогда поглощенная молекулами энергия излучения определится как

$$W = \Phi_n \cdot t (1 - e^{-kl}) \quad (12)$$

Разделим левую и правую части выражения (12) на площадь облучаемой поверхности S и, тем самым, определим энергию, падающую от источника излучения на единичную площадь поверхности объекту

$$\frac{W}{S} = \frac{\Phi_n}{S} t (1 - e^{-kl}) \quad (13)$$

Заменяя отношения $\frac{\Phi_n}{S}$ через E – облученность поверхности объекту получаем:

$$\frac{W}{S} = E \cdot t (1 - e^{-kl}) \quad (14)$$

произведение $E \cdot t$ (в соответствии с выражением 1) определяет количество энергии, которая падает на поверхность облучаемого тела за время t (дозу облучения) H :

Ведь из выражения (14) доза облучения определится как

$$H = \frac{W}{S (1 - e^{-kl})} \quad (15)$$

Заменяя $(1 - e^{-kl})$ через α - коэффициент поглощения излучения и представив поглощенную энергию W через правую часть выражения (8), получим выражение для определе-

ния дозы облучение H биологического объекта излучением с длиной волны λ нм, которая необходима для возбуждения в его толщине фотореакции молекул общей массой g

$$H_{\lambda} = \frac{g \cdot N_A \cdot \varepsilon_{\lambda}}{G \cdot \eta_{\lambda} \cdot S \cdot \alpha_{\lambda}} \quad (16)$$

Обозначим отношения $\frac{\varepsilon_{\lambda}}{\eta_{\lambda}}$ через μ_{λ} - энергетический коэффициент фотореакционности фотона излучение с длиной волны λ . Тогда дозу облучение через количество прореагировавших молекул (в диапазоне спектра излучения от λ_1 , к λ_2) можно определить так:

$$H_{(\lambda_1 - \lambda_2)} = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \frac{g \cdot N_A}{G \cdot S \cdot \alpha(\lambda)} \mu(\lambda) d\lambda \quad (17)$$

или

$$H_{(\lambda_1 - \lambda_2)} = \frac{g \cdot N_A}{G \cdot S} \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \frac{\mu(\lambda)}{\alpha(\lambda)} d\lambda \quad (18)$$

или, в конечном виде

$$H_{(\lambda_1 - \lambda_2)} = \frac{M}{S} \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \frac{\mu(\lambda)}{\alpha(\lambda)} d\lambda \quad (19)$$

где $g N_A / G = M$ – количество продукта фотореакции, которая получается под действием излучения (в диапазоне спектру излучение от λ_1 , к λ_2);

$\mu(\lambda)$ - спектральный энергетический коэффициент фото реакционности излучение с длиной волны λ ;

$\alpha(\lambda)$ спектральный коэффициент поглощения излучение с длиной волны λ в толщ облучаемого объекту;

S - площадь облучаемой поверхности объекту.

Анализируя выражения (19) из позиций поставленной задачи, а именно: *определить необходимое количество энергии оптического излучения W для получения заданного количества M продукта фотореакции*, можно констатировать, что по данной зависимости определяется фактическая доза энергии излучения, которая используется на образование в данном биологическом объекте конкретного количества продукта фотореакции. Данный подход отличается от общепринятой методики дозирования, в которой нормируется только доза падающей энергии на объект облучения.

На основе выше приведенного можно записать *математическую модель* взаимодействия энергии оптического излучения со структурами животного организма в виде:

$$\frac{M}{S} \int_{\lambda_1}^{\lambda_i} \frac{\mu(\lambda)}{\alpha(\lambda)} d\lambda = \frac{1}{S} \int_{\lambda_1}^{\lambda_i} F_n(\lambda) d\lambda \quad (20)$$

где

- левая часть выражения определяет количество энергии оптического излучения с длиной волны от λ_1 к λ_n нанометров использованную на образование (M) количества продукта фото реакции в толщ тела облучаемой животного,

- правая часть выражения показывает энергию потока излучения (F_n) от источника оптического излучения этого же диапазона, который падает на поверхность биологического объекта (S) и за время (t) обеспечивает образование в глубине объекта заданного количества продукта (M) фотореакции.

В левую часть выражения также входит коэффициент поглощения энергии излучения $\alpha(\lambda)$ объектом, который характеризует оптические свойства объекта (характеристики облучаемой поверхности, глубину проникновения излучения в объект и место взаимодействия поглощенных фотонов с молекулами).

Выводы. Выражение 20 показывает *энергетическую связь источника оптического излучения с объектом облучения* и предоставляет возможность решать важные практические задачи:

- для конкретного вида животных при известных оптических характеристиках их покрова и спектрах фотобиологического действия полученна практическая возможность подобрать наиболее эффективный источник оптического излучения для обеспечения оптимального прохождения данной фотореакции в организме животного;

- получена возможность прогнозировать количественные и качественные результаты процесса облучения по заданному спектру биологического действия;

- получена возможность обеспечить автоматическое управление технологическим процессом облучения и регулирование режимов облучения для получения необходимого количества продукции.

ЛИТЕРАТУРА

1. L.S.Chervinsky The action lights on the derma animal's.// Доп. на міжнар. конф. 1st Congress of the World Association for Laser Therapy «WALT»/ May 5-9, 1996, Jerusalem, Israel.[2922-02]
2. L.S.Chervinsky. Investigation of the Light-Conductivity of the Separate Hair and Skins Translucence.// Доп. на міжнар. конф. PITCON'98, March 1-5, 1998, New Orleans, Louisiana, USA.[1652P]

УДК 636.083.39

ОБОСНОВАНИЕ ПРИНЦИПОВ УПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИМ ДЕЙСТВИЕМ ОПТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА БИОЛОГИЧЕСКИЙ ОРГАНИЗМ

Червинский Л. С., д.т.н., проф., Радько И.П., к.т.н., доц.

*Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины
Киев, Украина*

На основании использования явления фотореактивации и положений квантовой биофизики обосновывается методический подход к реализации прогнозируемого управления энергетическим действием оптического излучения на биологические организмы в процессе их выращивания. Проведено теоретическое обоснование принципов управления энергетическим действием оптического излучения на биологический организм, которое базируется на:

- известных путях проникновения оптического излучения в активные структуры организма;

- понимании механизма взаимодействия энергии оптического излучения с восприимчивыми структурами;

- известных количественных характеристиках фотореактивации заданного фотобиологического процесса, который используется в данной технологии получения биологической продукции.

При этом первичный механизм трансформации поглощенной энергии оптического излучения в организме и теоретическое обоснование принципов управления энергетическим действием оптического излучения достаточно полно объясняется на основе явления *фотореактивации*.

Явление фотореактивации, которое обнаруживается на живом организме через уменьшение результатов действия от коротковолнового оптического излучения при его последующем дообучении более длинноволновым излучением, является одним из важных возможных экологических методов количественного регулирования воздействием оптического излучения на биологический объект, иными словами, есть перспективным методом управления производительностью фотобиологических процесса заданного действия и качества.

Для практического использования явления фотореактивации в конкретных технологиях основанных на фотобиологических процессах необходимо получить практическое количественное подтверждение механизма фотореактивации биологического действия конкретного участка спектра оптического излучения экспериментальным путем по следующей методике:

- после первичного акта облучения исследуемого биологического объекта коротковолновым оптическим излучением (излучением, которое вызывает ожидаемую биологическую реакцию) измерить спектр его вынужденной люминесценции,
- последовательно за первым облучением, совершить управляемый акт облучения объекта более длинноволновым излучением, изменяя время, спектр и интенсивность этого «реактивирующего» излучения, и снова измерить характеристики спектра люминесценции,
- в случае реализации двухфотонного процесса поглощения (который положен в основу объяснения механизма фотореактивации) в спектре люминесценции будет наблюдаться смещение максимума интенсивности излучения в более коротковолновую область (по сравнению со спектром люминесценции от первичного облучения). Разница в длине волны максимумов спектров люминесценции есть количественной характеристикой реактивирующей эффективности данного длинноволнового излучения.

Следует отметить, что при известном строении поглощающих органических структур в облучаемых биологических объектах и определенных их оптических характеристиках: спектрах поглощения, отражения, люминесценции, пропускания с достаточной степенью точности можно количественно определить влияние на данный биологический объект конкретной участка спектра оптического излучения. При этом можно усиливать или уменьшать это действие более длинноволновым излучением. Таким образом, реализовываются предпосылки для оптического управления конкретным фотобиологическим процессом (например, регулирование процессом образования и развития листьев или цветов, плодов у растений, корректировка сроков их созревания и прочее).

В соответствии с изложенными положениями механизма фотореактивации можно также уменьшать экспозицию (дозу) ультрафиолетового облучения животных, если уменьшить фотореактивирующее действие видимого излучения (на практике ультрафиолетовое облучение проводится одновременно с освещением животноводческих помещений). В предлагаемых материалах излагаются также другие примеры и направления использования вышеизложенного подхода к управлению фотобиологическими процессами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Барабой В.А. Биологическое действие ультрафиолетовых лучей. - В кн.: Успехи современной биологии. - М.: Изд-во АН СССР, 1962. Том 53, вып.3, с.226-288.
2. Барсуков Н.А. К методике облучения животных ультрафиолетовыми лучами. - Ветеринария. - М., 1957, № 4.
3. Бутов Г. П., Ким С.Х. Оптические свойства перьевого и шерстного покрова кур. - Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства, 1974, № 6, с. 56-58.
4. Мартыненко И.И., Шевель С.С., Червинский Л.С. Исследование световодных свойств щетины. - Науч. тр. УСХА. // Повышение продуктивности сельскохозяйственных животных полей и лесостепи УССР/, Киев, 1981 с. 63-66.
5. L.S.Chervinsky The action lights on the derma animal's.// Доп. на міжнар. конф. 1st Congress of the World Association for Laser Therapy «WALT»/ May 5-9, 1996, Jerusalem, Israel.[2922-02]

6. L.S.Chervinsky. Investigation of the Light-Conductivity of the Separate Hair and Skins Translucence.// Доп. на міжнар. конф. PITCON'98, March 1-5, 1998, New Orleans, Louisiana, USA. [1652P]

УДК 635.21.077: 621.365

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ТЕПЛООТДАЧИ ИОННЫМ ВЕТРОМ

Заяц Е.М., д.т.н., профессор, Дубодел И.Б., к.т.н., доцент,
Кардашов П.В., к.т.н., доцент, Храмцова Е.А., магистрант
УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»
г. Минск, РБ

Атмосферный воздух несет на части своих молекул электрические заряды. Процесс возникновения заряда на молекуле называют ионизацией, а заряженную молекулу аэроионом, который может быть как положительным, так и отрицательным. Концентрация и соотношение положительных и отрицательных аэроионов в воздухе меняется с течением времени под воздействием целого ряда факторов, как естественных, так и искусственных. Под влиянием деятельности человека ионный состав воздуха может изменяться очень сильно, при этом происходит изменение соотношения между противоположно заряженными частицами (кондиционирование воздуха, работа различных электроустановок), либо деионизация воздуха (фильтрация через пористые, масляные и другие фильтры). Это приводит человека к отравлению продуктами неполного окисления, дистрофии и атрофии его органов и тканей, способствует преждевременному старению и предрасполагает к различным заболеваниям. Современные гигиенические и клинико-физиологические исследования, проводившиеся в производственных помещениях со сниженным уровнем аэроионизации, показали наличие выраженных изменений функционального состояния жизненно важных систем организма человека. Еще в начале XX века русский ученый А.Л. Чижевский доказал, что отрицательные ионы воздуха биологически благотворны, а положительные ионы оказывают вредное воздействие на организм/1/. Он установил, что отрицательные ионы, попадая при дыхании в легкие, отдают свой заряд эритроцитам крови, которые в свою очередь, передают этот заряд клеткам и тканям всего организма. Под воздействием отрицательных аэроионов кислорода повышается устойчивость организма к различным неблагоприятным воздействиям, стимулируются силы организма путем повышения реактивности общих и местных барьерных функций, нормализуется работа сердечно-сосудистой системы (снижается повышенное артериальное давление и замедляется частота сердечных сокращений), улучшается общее самочувствие, восстанавливается и повышается аппетит, сон, умственная и физическая работоспособность, ускоряется ход восстановительных процессов в утомленной мышечной системе. Снижается накопление молочной кислоты, активизируется целый ряд биохимических процессов, нормализующих состояние организма и замедляющих процесс его старения.

Устройства получения аэроионов классифицируют в зависимости от способа ионизации воздуха на следующие группы:

- плазменные ионизаторы;
- ультрафиолетовые ионизаторы;
- термические ионизаторы;
- радиевые ионизаторы;
- водяные ионизаторы;
- коронные ионизаторы;
- электроэффлювиальные.

Наибольшее распространение благодаря простоте конструкции получили электроэффлювиальные ионизаторы. Принцип их действия заключается в том, что под воздействием высокого напряжения, приложенного к металлическим иглам диаметром острия 5...10 мкм, возникает коронный разряд, ионизирующий воздух. Происходит «стекание» электронов,

которые присоединяясь к молекулам воздуха, сообщают им отрицательный заряд. Такие ионизаторы предназначены для оздоровления и профилактики различных заболеваний, снижения утомляемости, повышения работоспособности и иммунитета, очистки воздуха от аэрозольных загрязнений, табачного дыма, аллергенов и микроорганизмов, восстановление биологической активности воздуха, поступающего в помещение через кондиционеры, фильтры, воздухопроводы.

Но с помощью такого типа ионизаторов возможно так же создание и «ионного ветра». О том, что посредством ионизации воздуха можно заставить двигаться в нужном направлении, известно давно: первым исследователем, отметившим движение воздуха возле заряженной трубки был английский экспериментатор Френсис Хоксби, живший три века назад.

Идея состоит в том, чтобы совместить действие ионизатора воздуха с нагревателем, используя «ионный ветер», интенсифицирующий движение слоя потока воздуха, находящегося в непосредственной близости от нагревателя. Технология основана на эффекте массопереноса с помощью заряженных частиц. На конце электрода создается неоднородное электрическое поле высокой напряженности, что приводит к ионизации молекул воздуха. При этом они сталкиваются с нейтральными молекулами воздуха, сообщая им свой момент движения. В результате образуется эффективный воздушный поток.

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ НА ОСНОВЕ ТЕОРИИ НЕЧЕТКИХ МНОЖЕСТВ

**Судник Д. Ю., к.э.н., доцент,
ФГОУ ВПО МГАУ, г. Москва, Российская Федерация**

Инвестиционный проект предполагает планирование во времени трех основных денежных потоков: потока инвестиций, потока текущих (операционных) платежей и потока поступлений. Ни поток текущих платежей, ни поток поступлений не могут быть спланированы вполне точно, поскольку нет и не может быть полной определенности относительно будущего состояния рынка. Цена и объемы реализуемой продукции, цены на сырье и материалы и прочие денежно-стоимостные параметры среды по факту их осуществления в будущем могут сильно разниться с предполагаемыми плановыми значениями, которые оцениваются с позиций сегодняшнего дня.

Неустраняемая информационная неопределенность влечет столь же неустраняемый риск принятия инвестиционных решений. Всегда остается возможность того, что проект, признанный состоятельным, окажется убыточным, поскольку достигнутые в ходе инвестиционного процесса значения параметров отклонились от плановых, или же какие-либо факторы вообще не были учтены. Инвестор никогда не будет располагать всеобъемлющей оценкой риска, так как число разнообразий внешней среды всегда превышает управленческие возможности принимающего решения лица, и обязательно найдется такой сценарий развития событий, который, будучи неучтен в проекте, тем не менее, может состояться и сорвать инвестиционный процесс. В то же время инвестор обязан прилагать усилия по повышению уровня своей осведомленности и пытаться измерять рискованность своих инвестиционных решений, как на стадии разработки проекта, так и в ходе инвестиционного процесса. Если степень риска будет расти до недопустимых значений, а инвестор не будет об этом знать, то он обречен действовать вслепую.

Способ оценки риска инвестиций прямо связан со способом описания информационной неопределенности в части исходных данных проекта. Если исходные параметры имеют вероятностное описание, то показатели эффективности инвестиций также имеют вид случайных величин со своим вероятностным распределением. Однако чем в меньшей степени статистически обусловлены те или иные параметры, чем слабее информационность контекста свидетельств о состоянии описываемой рыночной среды и чем ниже уровень интуитив-

ной активности экспертов, тем менее может быть обосновано применение любых типов вероятностей в инвестиционном анализе.

Альтернативный способ учета неопределенности – так называемый минимаксный подход. Формируется некий класс ожидаемых сценариев развития событий в инвестиционном процессе и из этого класса выбирается два сценария, при которых процесс достигает максимальной и минимальной эффективности, соответственно. Затем оценивается ожидаемый эффект, причем за основу при принятии решения выбирается наиболее пессимистичная оценка эффективности проекта, когда в условиях реализации самого неблагоприятного из сценариев сделано все, чтобы снизить ожидаемые убытки. Такой подход, безусловно, минимизирует риск инвестора. Однако в условиях его использования большинство проектов, даже имеющих весьма приличные шансы на успех, будет забраковано. Возникает опасность паралича деловой активности, с деградацией инвестора как лица, принимающего решения.

Принимая инвестиции как разновидность деловой игры, можно отметить по аналогии: инвестору вменяется в обязанность рисковать, но рисковать рационально, присваивая каждому из потенциальных сценариев инвестиционного процесса свою степень ожидаемости. В противном случае он рискует потерпеть убыток от непринятия решения – убыток чрезмерной перестраховки.

Инструментом, который позволяет измерять возможности (ожидания) каждого из потенциальных сценариев, является теория нечетких множеств, с помощью которой можно получить оценки инвестиционного риска, как на стадии проекта, так и в ходе инвестиционного процесса.

В работах по инвестиционному анализу используется оценка чистой современной ценности инвестиций (NPV – Net Present Value). В том случае, если все инвестиционные поступления приходятся на начало инвестиционного процесса и оценка ликвидационной стоимости проекта производится по истечении срока жизни проекта, то NPV определяется следующим выражением:

$$NPV = -I + \sum_{i=1}^N \frac{\Delta V_i}{(1+r_i)^i} + \frac{C}{(1+r_{N+1})^{N+1}}, \quad (1)$$

где I – стартовый объем инвестиций, N – число плановых интервалов (периодов) инвестиционного процесса, соответствующих сроку жизни проекта, ΔV_i – оборотное сальдо поступлений и платежей в i -ом периоде, r_i – ставка дисконтирования, выбранная для i -го периода с учетом оценок ожидаемой стоимости используемого в проекте капитала (например, ожидаемая ставка по долгосрочным кредитам), C – ликвидационная стоимость чистых активов, сложившаяся в ходе инвестиционного процесса (в том числе остаточная стоимость основных средств на балансе предприятия).

Инвестиционный проект признается эффективным, когда NPV, оцененная по (1), больше определенного проектного уровня G (в самом распространенном случае $G = 0$).

Если все параметры в (1) обладают "размытостью", т.е. их точное планируемое значение неизвестно, тогда в качестве исходных данных уместно использовать треугольные нечеткие числа с соответствующей функцией принадлежности. Эти числа моделируют высказывание следующего вида: "параметр A приблизительно равен $\bar{a}$ и однозначно находится в диапазоне $[a_{\min}, a_{\max}]$ ".

Такое описание позволяет разработчику инвестиционного проекта взять в качестве исходной информации интервал параметра $[a_{\min}, a_{\max}]$ и наиболее ожидаемое значение $\bar{a}$, и тогда соответствующее треугольное число $\Delta = (a_{\min}, \bar{a}, a_{\max})$ построено. Далее будем называть параметры $(a_{\min}, \bar{a}, a_{\max})$ значимыми точками треугольного нечеткого числа Δ . Вообще говоря, выделение трех значимых точек исходных данных весьма распространено в инвестиционном анализе. Часто этим точкам сопоставляются субъективные вероятности реализации соответствующих ("пессимистического", "нормального" и "оптимистического") сценариев исходных данных. Однако не вполне корректно оперировать вероятностями, определить зна-

чения которых весьма затруднительно. Поэтому в инвестиционном анализе целесообразно заменить понятие случайности понятиями ожидаемости и возможности.

На основе адекватного описания нечеткости исходных данных, логическим путем можно перейти к нечеткости результирующих показателей. Оценка инвестиционного риска - это оценка меры возможности неблагоприятных событий в ходе инвестиционного процесса, когда ожидаемость таких событий, задаваемая функцией принадлежности соответствующих нечетких чисел, известна или определяется специальными методами.

Подход, основанный на теории нечетких множеств, преодолевает недостатки вероятностного и минимаксного подходов, связанные с учетом неопределенности. Во-первых, здесь формируется полный спектр возможных сценариев инвестиционного процесса. Во-вторых, решение принимается не на основе двух оценок эффективности проекта, а по всей совокупности оценок. В-третьих, ожидаемая эффективность проекта не является точечным показателем, а представляет собой поле интервальных значений со своим распределением ожиданий, характеризующимся функцией принадлежности соответствующего нечеткого числа. А взвешенная полная совокупность ожиданий позволяет оценить интегральную меру ожидания негативных результатов инвестиционного процесса, т.е. степень инвестиционного риска.

УДК 621.8

МЕХАНОТРОПНАЯ ТЯГОВАЯ СИСТЕМА МОБИЛЬНЫХ АГРЕГАТОВ НА ОСНОВЕ НАВЕСНЫХ И ТОРОВЫХ ДВИЖИТЕЛЕЙ

Шальнев О.В. к.т.н., Королев В.А. к.т.н.

ГНУ ВИЭСХ Россельхозакадемии, г. Москва, Россия

Объект исследований – мобильные агрегаты на основе вездеходного безрельсового транспорта повышенной проходимости с различными видами движителей, в дальнейшем это «вездеходы», для передвижения в условиях отсутствия дорог; по неровному и слабому грунту; болотам (снегоболотоходы); с ограничением габаритных размеров; для перемещения по дорогам с покрытием или при перевозке их без разборки железнодорожным транспортом. Рассматриваются перспективы применения вездеходов в агропроизводстве.

Классификация вездеходов:

- по конструкции: гусеничные транспортёры, болотоходы, гусеничные тягачи, снегоболотоходы, внедорожники, мотовездеходы, квадроциклы, амфибии, оболочечные вездеходы (на пневматиках, грузовых катках, торовых движителях), аппараты на воздушной подушке;
- по типу движителя: колесные, гусеничные, на воздушной подушке, шагающие, гибридные;
- по типу двигателя: дизельные, бензиновые, с тяговым электроприводом;
- по применению: почвообрабатывающие, пассажирские, грузопассажирские и тягачи;
- по типу рамы – на единой раме, шарнирные и сочлененные.

В качестве движителей вездеходов используют двигатели на жидком топливе либо электрические (постоянного и переменного тока, шаговые и сервоприводы). Существуют разработки двигателей, не использующих в своей конструкции моторов: например, технология сокращения материала под действием электрического тока (или поля) [1] (см. электроактивные полимеры), которая позволяет добиться более точной аналогии движения робота с натуральным плавным движением живых существ.

Для агропроизводства актуальна задача снижения переуплотнения почвы, разрушения структуры почвы под влиянием буксования. С целью предотвращения негативных последствий механического воздействия движителей на почву анализируются причины переуплотнения почв движителями, разрабатываются методы борьбы с этим явлением и мероприятия, позволяющие ограничить (или снизить) механическое воздействие. Можно выделить три главных направления решения этой проблемы.

- технологическое – разработка рациональных маршрутов движения машин, устройство постоянных полос для проезда техники, использование перегрузочной технологии при взаи-

модействии с транспортными средствами и др. Эти меры широко используются в отечественной практике в последние годы (индустриальные технологии);

- агрономическое (касается почв, являющихся сельскохозяйственными угодьями) – повышение способности почвы противостоять уплотняющим и сдвигающим нагрузкам и соблюдению качественных показателей при обработке почвы, введении дополнительных операций разуплотнения;

- конструкторское – совершенствование техники и ее движителей, способствующее устранению или снижению негативных воздействий на почву (предохранение от переуплотнения почвы, сохранение её потенциального и эффективного плодородия, снижение затрат энергии на почвообработку.

Конструкторское направление является эффективным средством решения проблемы, поскольку относительно легче (и дешевле) предотвратить механическое воздействие движителей на почву, чем затем устранять его последствия. С целью уменьшения воздействия движителей на почвенно-растительный покров и расширения возможности поворота колеса во всех направлениях был предложен способ перемещения транспортного средства с помощью эластичных пневмоконструкций (оболочек) – тороидальных (торовых) движителей [2]. Основным рабочим элементом эластичного механизма является мягкая оболочка, выполненная из эластомерного армированного материала. Прочность и растяжение оболочки обеспечиваются армирующей основой; герметичность, эластичность и агрессивностойкость – эластомерным покрытием; склеиваемость и свариваемость – адгезионными соединениями конструкционного материала. Торовый движитель – мягкое самоопределяющееся оболочечное устройство, предварительно напряженное сверхнизким давлением воздуха. В силу конструктивных особенностей торовый движитель за счёт выворачивания внутренней поверхности относительно наружной осуществляет качение вдоль оси вращения (центрального тела), осуществляя продольное перемещение методом перекатывания.

Тороидальные движители транспортных средств относятся к движителям со сверхнизким, не более $0,015 \text{ мПа/см}^2$, внутренним давлением рабочей среды [6] в тороидальной эластичной оболочке, поступательно перемещающейся выворачиванием (перекатыванием) относительно своей продольной оси. Если комплексные исследования в области традиционных, например, колесных или гусеничных движителей, описаны во множестве литературных источников, например в [7], то информация об исследовании тороидальных движителей начинает постепенно появляться в публичной печати [6]. Как один из видов движителей транспортных средств, тороидальный движитель делится на несколько подвидов: поступательное движение перекатывания под воздействием внешних сил - механизм продольного перекатывания эластичного тороида находится вне тороида; поступательное движение перекатывания под воздействием внутренних сил - механизм выворачивания эластичного тороида находится внутри оболочки тороида; Поступательное движение перекатывания под воздействием внешних и внутренних сил; комбинации с использованием вышеупомянутых подвидов. Примеры подвидов тороидальных движителей транспортных средств: трубопроводный транспорт, пневмопочта; наземный или надводный транспорт, контейнер, заполненный жидкой или текучей рабочей средой, торовый движитель. Тороидальный движитель внедорожного транспортного средства состоит из эластичных тороидных оболочек-опор; выворачивающей эластичный тороид бесконечной ленты, расположенной между натяжными роликами и фрикционно связанной с ленточным гибким приводом [8]. Эластичная торовая оболочка, заполненная воздухом под сверхнизким избыточным давлением, взаимодействует с опорной поверхностью, перемещаясь вместе с платформой в противоположное, от движения фрикционной ленты, направление. Перемещение осуществляется качением без скольжения относительно контактной поверхности опоры.

В докладе рассмотрены особенности передвижения машин с торовыми движителями, устройство подобных машин, а также перспективы и возможности применения их в агропроизводстве.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бобровский С. «ПроРобот. РУ» (<http://www.computer-museum.ru>).
2. Шихирин В.Н., Ионова В.П., Шальнев О.В., Котляренко В.И. Эластичные механизмы и конструкции. Монография.-Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2006.-286 с.
3. Саламатов Ю.П. Система законов развития техники (trizminsk.org/e/21101460/htm) .
4. Скуратович А. Обзор: как выращивать растения и не утапывать почву? Сб. «ТРИЗ-профи: Эффективные решения в сельском хозяйстве». – М.: Кушнир, 2006.
5. Мягкие машины на эластичных колесных движителях сверхнизкого давления (agromashresurs.com/index.shtml).
6. Пневмоконструкции.// Сборник трудов НИИРП/ Под ред. к.т.н. Шальнева О.В., Сергиев Посад, Моск.обл.:Изд-воВСП. 2010.-528 с.
7. РД 37.083.002-2004 «Разрушающее воздействие полноприводного автомобиля на грунт. Критерии оценки. Методы определения», М. ОАО «Инновационная Фирма «НАМИ-Сервис». 2004.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СВЕТОДИОДНЫХ ИСТОЧНИКОВ СВЕТА, РАБОТАЮЩИХ ОТ СЕТИ ПОСТОЯННОГО ТОКА ДЛЯ ОСВЕЩЕНИЯ ПОМЕЩЕНИЙ ЖКХ

Козловская В.Б., к.т.н., доц., Гаврилович Д.А., Гаврилович О.Н.
УО «Белорусский национальный технический университет»
г. Минск Республика Беларусь

Сегодня светодиодные светильники имеют широкое применение при проектировании источников внутреннего освещения, в том числе светильников для жилищно-коммунального хозяйства (ЖКХ) и промышленных помещений. Целью нашей работы было произвести расчет экономического эффекта для двух вариантов освещения общедомовых помещений жилого 16 этажного дома: при использовании в качестве источника света (ИС) светодиодных светильников, при их питании от сети переменного тока и светильников на основе светодиодов CREE XLamp MP-L Easy White, при их питании от сети постоянного тока пониженного напряжения.

Сеть постоянного тока пониженного напряжения создавалась с помощью применения выпрямительного устройства серии ВП. На основании светотехнического расчета, проделанного точечным методом, для первого варианта принимаем светодиодный светильник марки ДПО-10-101 [1]. Номинальная мощность данного светильника равна 10 Вт. Для второго варианта светильник на основе сверхярких светодиодов CREE XLamp MP-L Easy White [2]. Светодиоды серии MP-L Easy White состоят из 24 кристаллов под одной линзой, объединённых в три независимые цепочки. При правильном построении системы светодиод MP-L обеспечивает сверхбольшой световой поток - 900 лм (при токе 150 мА на цепочку) - эквивалентный лампе накаливания 75 Вт. При этом энергопотребление светодиода на 78% меньше, чем у традиционных ламп.

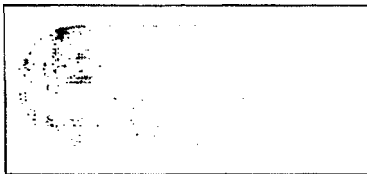


Рисунок 1 – Светодиодный светильник ДПО-10-101

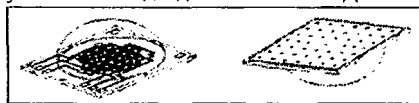


Рисунок 2 – Конструкция светодиода CREE XLamp MP-L Easy White

После проведения электротехнического расчета для обоих вариантов распределительной групповой сети по механической прочности был выбран медный кабель ВВГнг - 3×1,5-0,66 [3].

Для выбора оптимального проектного решения, наряду с разносторонней оценкой положительных и отрицательных факторов сравниваемых вариантов, осуществляется их технико-экономическое сопоставление путем выполнения технико-экономических расчетов (ТЭР).

Экономичность проектируемых вариантов производим двумя методами: методом приведенных затрат и методом чистого дисконтированного дохода (ЧДД) [4, 5].

Метод приведенных затрат заключается в оценке приведенных затрат сравниваемых вариантов. Расчет приведенных затрат для каждого варианта рассчитываем по следующей формуле:

$$Зпр = E \cdot K + И, \quad (1)$$

где $E=0,15$ – коэффициент дисконтирования с учетом инфляции;

K – капитальные вложения на реализацию определенного варианта, бел. руб.;

$И$ – ежегодные эксплуатационные издержки для определенного варианта, бел. руб.

Соответственно капитальные вложения рассчитываются как:

$$K = N \cdot (A \cdot n + B + M + 0,001 \cdot \alpha \cdot P \cdot C \cdot n), \quad (2)$$

где N – количество световых приборов, используемых для освещения одного этажа рассматриваемого здания;

A – стоимость одной лампы, бел. руб.;

n – количество ламп в световом приборе;

B – стоимость одного осветительного прибора, бел. руб.;

M – стоимость монтажа одного осветительного прибора (в соответствии со средними значениями цен на 2006 год), бел. руб.;

α – коэффициент, учитывающий потери энергии в ПРА сети;

P – номинальная мощность одной лампы, Вт;

C – стоимость монтажа электротехнической части осветительной установки на 100 м проложенного кабеля и потерь в ПРА на 2006 год, бел. руб.

Ежегодные эксплуатационные издержки рассчитываются по следующему выражению:

$$И = N \cdot [A \cdot n / \tau + \alpha \cdot P \cdot T \cdot q \cdot n + 1 / 1000 \cdot (100 \cdot [B + M] + 0,1 \cdot \alpha \cdot P \cdot C \cdot n + 1000 \cdot B \cdot m)], \quad (3)$$

где τ – номинальный срок службы лампы, ч;

T – число часов использования максимума осветительной нагрузки в год, ч;

q – существующий тариф на электроэнергию для потребителей ЖКХ, бел.руб./кВт·ч;

B – стоимость чистки одного осветительного прибора, бел. руб.;

m – число чисток осветительного прибора в год.

При проведении ТЭР для второго варианта необходимо учесть стоимость выпрямительного устройства, которая составляет 16867000 бел. руб. (в пересчете с рос.руб.).

Таблица 1 – Результаты ТЭР по методу приведенных затрат

Марка светильника	P , Вт	A , бел. руб.	B , бел. руб.	K , млн. бел. руб.	τ , ч	$И$, млн. бел. руб.	$Зпр$, млн. бел. руб.
СД CREE	3,75	10000	94600	64,93	100000	332,3	342,1
ДПО-10-101	10	163170		31,39	100000	885,9	890,6

На основании полученных результатов можно сделать вывод, что относительно капитальных затрат вариант с использованием светодиодных светильников CREE XLamp MP-L Easy White оказался в 2,06 раз дороже варианта с использованием светодиодных светильников ДПО-10-101. Это в первую очередь связано с высокой стоимостью выпрямительного устройства и светодиодных сверхярких матриц CREE.

С другой стороны, издержки на эксплуатацию светильников ДПО-10-101 в 2,66 раза выше, что является следствием гораздо большей экономии электроэнергии при использовании сети на постоянном токе и светодиодных модулей меньшей мощности.

В общем приведенные затраты при реализации проекта с использованием СД матриц CREE в 2,60 раза ниже, чем затраты проекта с использованием светильников марки ДПО-10-101.

Также нами был проделан ТЭР по методу ЧДД при $t=1..T_{гор}$ [5]:

$$ЧДД = \sum (R_t - И_t)(1 + E)^{-t} - K, \quad (4)$$

где Rt – результаты (приток реальных денег), достигаемые на шаге t , в нашем случае на участке всего расчетного периода результаты будут равны 0;

$T_{гор}$ – горизонт расчета, равный номеру шага, на котором производится ликвидация объекта (срок службы объекта).

Произвольно принимает период расчета равный 10 годам ($T_{гор}=10$ лет).

Оценкой эффективности потребления электроэнергии для CREE XLamp MP-L Easy White и СД светильников ДПО-10-101 рассчитаем по следующей формуле [6]:

$$W_{го} = P_{ро} \cdot T_{мах0}, \quad (5)$$

где $P_{ро}$ – расчетная активная нагрузка освещения, кВт;

$T_{мах0}$ – годовое число использования максимума осветительной нагрузки.

Результаты расчета ЧДД и потребления электроэнергии для сравниваемых вариантов сводим в таблицу 2.

Таблица 2 – Результаты ТЭР по методу ЧДД и потребление электроэнергии

Марка светильника	P , Вт	$T_{гор}$, год	τ , ч	ЧДД, млн. бел. руб.	$W_{го}$, кВт·ч
ДПО-10-101	10	10	100000	-4477	7412,8
СД CREE	3,75	10	100000	-1813	2199

Из полученных результатов видно, что у второго проекта с использованием светильников на основе матриц CREE XLamp MP-L Easy White значение ЧДД больше, следовательно, он является более выгодным и предпочтительным в использовании. Также при использовании светильников ДПО-10-101 потребление электроэнергии в 3,37 раза больше, чем при использовании светодиодных модулей CREE.

Окончательный вывод проделанной работы заключается в том, что сегодня более экономически эффективным является применение сетей на постоянном токе на пониженном напряжении для питания СД ИС, чем применение сетей с переменным напряжением вместе с преобразовательными устройствами, встроенными в СД светильники.

ЛИТЕРАТУРА:

1. ЧУП "Светоприбор", СВЕТОДИОДНЫЕ СВЕТИЛЬНИКИ - 100 ТЫСЯЧ ЧАСОВ ЭКОНОМНОГО СВЕТА [Электронный ресурс]. – Режим доступа: – <http://www.svetopribor.by/article-69.html> – Дата доступа: 01. 03.2011.
2. Светодиоды – прогресс будущего [Электронный ресурс]. – Режим доступа: – http://www.led.control.ru/catalog/light_diode/cree_led/mp_l_svetodiod – Дата доступа: 01. 03.2011.
3. LEDs develop Germany society [Электронный ресурс]. – Режим доступа: – http://www.led-tech.de/en/High-Power-LEDs-Cree/CREE-MP-L-Serie/CREE-MP-L-EasyWhite-LT-1641_120_161.html – Дата доступа: 01. 03.2011.
4. Айзенберг Ю.Б. Справочная книга по светотехнике. – Москва, 2006. – 972с.
5. Постановление Министерства экономики Республики Беларусь от 31 августа 2005г. №158 «Об утверждении Правил по разработке бизнес-планов инвестиционных проектов». – По состоянию на 30 марта 2007 года.
6. Козловская В.Б., Радкевич В.Н. Определение расхода электроэнергии на освещение промышленных предприятий. – «Энергетика», 2008. №4. – с. 5 – 11.

КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ В СИСТЕМАХ ТЕПЛОБЕСПЕЧЕНИЯ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ФЕРМ

Тихомиров Д.А., канд. техн. наук, Кузьмичев А.В., инженер
ГНУ ВИЭСХ Россельхозакадемии
г. Москва, Россия

Взаимозаменяемость энергоносителей в технологических процессах сельскохозяйственного производства, многообразие технических решений определяют необходимость технико-экономического сравнения различных вариантов теплообеспечения и выбора из них наиболее экономичного. В число рассматриваемых вариантов включаются только те способы и схемы и соответствующие им энергоносители, которые могут быть практически использованы, а не являются заведомо неэффективными или монопольными для отдельных процессов. При выборе экономически эффективного энергоносителя и схемы теплообеспечения должна быть обеспечена сопоставимость сравниваемых вариантов по величине конечного результата, т.е. количеству и качеству произведенной продукции.

При обосновании систем теплообеспечения вновь создаваемых объектов и проектировании используют метод расчета по приведенным затратам, а при замене существующих систем и реконструкции объектов в хозяйственных условиях целесообразно использовать метод расчета их эффективности по рентабельности (удельной прибыли).

В том случае, когда капиталовложения в сравниваемых вариантах осуществляются в один год, приведенные затраты варианта определяют по известной формуле:

$$Z_{\text{пр}} = E_n \cdot K + И \quad (1)$$

где K , $И$ – капитальные вложения и ежегодные издержки производства, руб.; E_n – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений.

Величина приведенных затрат $Z_{\text{пр}}$ включает в себя затраты связанные с сооружением и эксплуатацией теплогенерирующих установок, тепловых сетей, а также теплопотребляющих установок, т.е. отопительно-вентиляционного и другого технологического оборудования, установленного в помещениях.

Оценка величины приведенных затрат для каждого сравниваемого варианта должна производиться с учетом применения современного оборудования и материалов в соответствии с принятыми стандартами.

Расчеты по выбору схемы теплообеспечения и вида энергоносителей выполняют в следующей последовательности: а) определяют потребность в тепловой энергии по процессам (расчетные тепловые нагрузки потребителей, их режимные характеристики и соответствующая им годовая потребность в тепловой энергии); б) намечают возможные варианты и схемы теплообеспечения; в) на рассмотренные виды энергоносителей по расчетным тепловым нагрузкам потребителей подбирают теплогенерирующие и теплопотребляющие установки и приборы и рассматривают режимы их работы в заданных технологических процессах и природно-климатических зонах России; г) определяют приведенные затраты для рассматриваемых вариантов.

Учитывая невысокую точность исходной технико-экономической информации, сравниваемые варианты с разницей суммарных приведенных затрат в 10% и менее следует считать равноценными. В этом случае выбор рационального варианта осуществляют путем сравнения рассматриваемых вариантов по другим дополнительным показателям (снижение энергозатрат, расход материалов, трудовые затраты, улучшение условий труда и эргономика, экология и т.д.).

Единовременные капиталовложения в теплогенерирующие и теплопотребляющие установки и соответствующие им текущие ежегодные издержки определяют в зависимости от вида используемого энергоносителя, типа применяемого оборудования и его расчетной

мощности, устанавливаемой в соответствии с величиной расчетной тепловой нагрузки рассматриваемого объекта. Определение установленной мощности и расход тепловой энергии системами отопления, вентиляции и горячего водоснабжения за год выполняют по общеизвестным методикам [1,2].

Для вариантов, предусматривающих получение теплоты от котельных или от децентрализованных систем, использующих в качестве энергоносителя твердое, жидкое и газообразное топливо, мощность теплогенерирующих установок определяют из выражения:

$$P_{\text{тг}} = P_{\text{ф}} / (\eta_{\text{рег}} \cdot \eta_{\text{тс}} \cdot \eta_{\text{тг}} \cdot \eta_{\text{к}}) \quad (2)$$

где $P_{\text{тг}}$ – тепловая мощность теплогенерирующих установок (котельной), кВт; $P_{\text{ф}}$ – полезный почасовой расход теплоты на ферме, кВт; $\eta_{\text{рег}}$ – потери теплоты при регулировании; $\eta_{\text{тс}}$ – потери в тепловых сетях; $\eta_{\text{к}}$ – потери теплоты на собственные нужды в котельной; $\eta_{\text{тг}}$ – потери теплоты в теплогенерирующих (телопотребляющих) установках (среднеэксплуатационный КПД).

Общие потери теплоты в системах теплообеспечения объектов определяют с помощью коэффициента полезного использования $\eta_{\text{кпн}}$, который равен:

$$\eta_{\text{кпн}} = \eta_{\text{хр}} \cdot \eta_{\text{к}} \cdot \eta_{\text{рег}} \cdot \eta_{\text{тс}} \cdot \eta_{\text{тг}} \quad (3)$$

где $\eta_{\text{хр}}$ – потери при хранении топлива.

Среднее значение $\eta_{\text{кпн}}$ для систем теплоснабжения с разными энергоносителями составляет при использовании газа 0,48; жидкого топлива – 0,43 и твердого топлива – 0,26 [3].

Вариант, в котором в качестве конкурирующего энергоносителя выдвигается электроэнергия, определение $\eta_{\text{кпн}}$ имеет свои особенности. Потребитель покупает электроэнергию у электроснабжающей организации по установленным тарифам в соответствии с показаниями электросчетчиков. Счетчики устанавливаются на вводах к потребителю, и потому тариф учитывает все расходы, в т.ч. потери электроэнергии до самого счетчика. Следовательно, КПИ в этом варианте практически равен КПД электроустановок потребителя т.е. 0,9... 0,95.

Для варианта электрического теплообеспечения мощность трансформаторной подстанции, обеспечивающей потребность фермы в теплоте, определяют из выражения:

$$P_3 = P_{\text{ф}} / (\eta_{\text{тг}} \cdot \cos \varphi) \quad (4)$$

где P_3 – мощность трансформаторной подстанции, кВА; $P_{\text{ф}}$ – потребляемая мощность на объекте, кВт; $\eta_{\text{тг}}$ – коэффициент полезного действия электротеплового оборудования; φ – коэффициент мощности.

Для выполнения теплоэнергетических и технико-экономических расчетов по выбору системы теплообеспечения и вида энергоносителя нами разработана программа для ПК, реализованная в среде проектирования Visual Basic с использованием Microsoft Excel, с помощью которой были рассмотрены наиболее характерные варианты систем теплообеспечения ферм КРС различного направления и свиноводов.

На рисунке 1 представлены результаты технико-экономических показателей систем теплообеспечения ферм КРС молочного направления. Расчет произведен в ценах 2011 года для региона Московская область по удельным приведенным затратам на 1 кВт·ч полезной тепловой энергии, потребляемой непосредственно на ферме.

Технико-экономический анализ результатов расчета систем теплообеспечения на фермах КРС и свиноводов показал, что наиболее эффективны системы и технические средства теплообеспечения децентрализованного типа, т.к. удельные приведенные затраты на 1 кВт·ч полезной тепловой энергии в котельных примерно в 1,5...2 раза выше. Среди децентрализованных систем наиболее эффективны в первую очередь газовые системы теплообеспечения (при наличии газовых сетей) и электрические системы. Менее эффективны системы на жидком и твердом топливе, применение которых весьма затруднительно по конструктивным особенностям и эксплуатационным условиям.

Электрические децентрализованные системы требуют существенно меньших капитальных затрат на приобретение и монтаж электротеплового оборудования, а также издержек на его эксплуатацию и обслуживание по сравнению с топливными системами.

При выборе и оценке систем теплообеспечения и энергоносителя следует учитывать удельные приведенные затраты как на получение, так и на полезное использование 1 кВт·ч тепловой энергии в технологических процессах сельскохозяйственного производства.

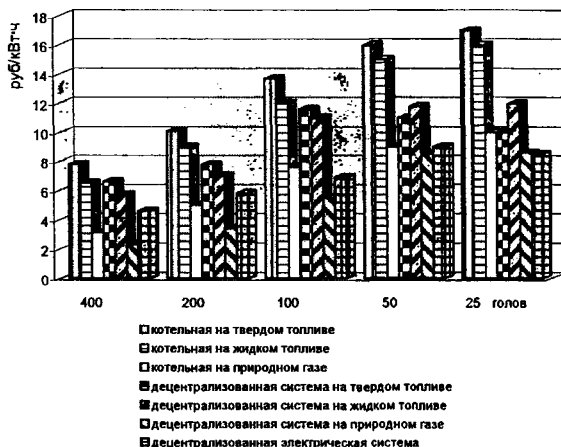


Рис.1. Суммарные удельные приведенные затраты на получение и использование 1 кВт·ч полезной тепловой энергии на фермах 25, 50, 100, 200, 400 голов при различных системах теплообеспечения.

Чем меньше тепловая мощность объекта, тем выше суммарные удельные приведенные затраты на получение и использование 1 кВт·ч полезной тепловой энергии.

При применении электротеплового оборудования, способного работать по дифференцированному тарифу на электроэнергию по суточным зонам, средняя стоимость получения и использования 1 кВт·ч тепловой энергии может быть дополнительно снижена в 1,4...1,6 раза.

Несмотря на высокую стоимость электроэнергии электрические децентрализованные системы теплообеспечения вполне конкурентоспособны с системами других видов энергоносителей, особенно на объектах с небольшой тепловой нагрузкой.

ЛИТЕРАТУРА

1. Расстригин В.Н., Сухарева Л.И., Тихомиров Д.А. Методические рекомендации по расчету и применению систем электротеплообеспечения на животноводческих предприятиях. – М.: ВИЭСХ, 2007, 35 с.
2. Расстригин В.Н., Тихомиров Д.А. Развитие электрических систем и технических средств теплообеспечения животноводческих предприятий // Техника в сельском хозяйстве. – 2010. – №6.
3. Расстригин В.Н., Тихомиров Д.А. Выбор и анализ эффективности систем теплообеспечения животноводческих предприятий. Энергосбережение - важнейшее условие инновационного развития АПК: материалы междунар. научно-техн. конференции, Минск, 2009г. В 2 ч. Ч.1; под ред. М.А.Прищипова–Минск: БГАТУ, 2009.- 264с.

МОДУЛЬНАЯ ИНФРАКРАСНАЯ И УЛЬТРАФИОЛЕТОВАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ОБРАБОТКИ ЖИДКИХ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

Кузьмичев А.В., инженер, Тихомиров Д.А., к.т.н.,

Малышев В.В., к.т.н., ст. научный сотрудник

ГНУ ВИЭСХ Россельхозакадемии

г. Москва, Россия

К числу широко распространенных и энергоемких процессов первичной обработки жидких пищевых продуктов относится термообработка с целью их консервации. При этом ставится задача максимального сохранения питательных и вкусовых качеств.

Наиболее эффективным и энергетически выгодным для обработки представляются инфракрасная область спектра электромагнитных волн. При воздействии инфракрасного излучения обеспечивается передача энергии непосредственно от источника излучения к обрабатываемой жидкости при отсутствии контакта между ними. При инфракрасном излучении плотность теплового потока на поверхности материала значительно больше (в 20-100 раз), чем при конвективной обработке. В зависимости от свойств облучаемого материала и температуры излучателя, от которого зависит длина волны, инфракрасные лучи способны проникать в толщу материала. При повышении температуры излучателя повышается плотность энергии излучения, а длина волны, соответствующая максимальной плотности энергии, уменьшается.

Кратковременное воздействие ИК-излучения с высокой плотностью одновременно по всей толщине и площади тонкого слоя жидкости создает необходимые условия для ликвидации токсичной и балластной микрофлоры, позволяя сохранить полезные биологические и физико-химические компоненты (белки, витамины, ферменты), определяющие питательные и органолептические свойства продукта. УФ излучение применяется для обеззараживания воды, которая используется для промывки пищевого технологического оборудования.

В ВИЭСХе создан опытный образец УФ и ИК установки модульного типа [1,2] для обработки жидких пищевых продуктов (молока, соков и др.) в непрерывном потоке тонкого слоя и стерилизации технологического оборудования (рис.1.).

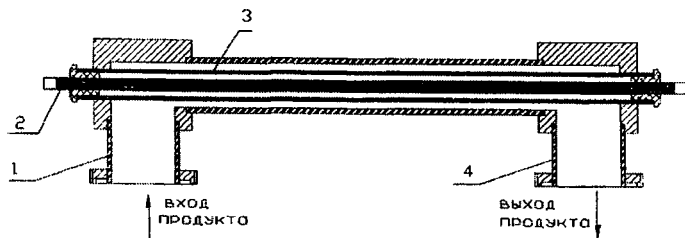


Рис.1. Модуль излучательной установки: 1 - входной патрубок, 2 -УФ или ИК лампа, 3 - кварцевая трубка, 4 - выходной патрубок.

Жидкий пищевой продукт подается через входной патрубок во внутренний объем рабочей камеры, образующейся между внешним и внутренним рабочими цилиндрами. Протекая по внутреннему объему, продукт подвергается воздействию УФ или ИК излучения от источника, помещенного в кварцевую трубку. Кратковременное (до 1 с) бесконтактное воздействие излучения приводит к обработке всей толщины слоя протекающей жидкости, и через

выходной патрубок продукт поступает на выдачу. Особенностью излучателя является его компактность, многофункциональность и технологичность, позволяющая легко вписывать в существующие линии по переработке пищевых жидких продуктов. Конструкция позволяет рассматривать один излучатель как отдельный модуль, а сама установка может состоять из одного или нескольких модулей, соединенных между собой последовательно, параллельно или комбинированно. Это позволяет изменять производительность и экспозицию обработки продукта.

Проведенные в ГНУ ВИЭСХ с ГНУ ВНИМИ испытания на молоке, показали, что совместное воздействие ИК и УФ излучение помимо пастеризации продукта приводит к обогащению молока витамином D.

Представленная установка может быть рекомендована для пастеризации молока и применяться непосредственно на молочных фермах. Модульная конструкция позволяет расширить спектр ее применения, начиная от малых фермерских хозяйств до более крупных специализированных сельскохозяйственных предприятий.

Разработанная ИК и УФ установка обеспечивает снижение энергозатрат до 20% по сравнению с серийно выпускаемыми традиционными образцами пастеризаторов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кузьмичев А.В., Тихомиров Д.А., Ламонов Н.Г. Модульная установка для обработки жидкости инфракрасным излучением. Патент №2389897 от 06 ноября 2008г.
2. Кузьмичев А.В., Тихомиров Д.А., Ламонов Н.Г., Лямцов А.К. Модульная установка для обработки жидкости инфракрасным и ультрафиолетовым излучением. Патент №2396059 от 11 декабря 2008г.

УДК 66.087.4:628.358

ДООЧИСТКА СТОКОВ ПОСТОВ МОЙКИ АВТОТРАКТОРНОЙ ТЕХНИКИ ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДА ЭЛЕКТРОФЛОТООКАГУЛЯЦИИ

Крутов А.В., к.т.н., доцент, Бойко М.А., ст. преподаватель, Суворов М.М.

УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,

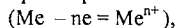
г. Минск, Республика Беларусь

Анализ состава сточных вод наружных постов мойки показывает, что в них содержится песок, остатки растительности, различные механические примеси, загрязненные нефтепродуктами, смытые с поверхности оборудования, агрегатов протекшие масло, топливо, охлаждающая жидкость, смазочные материалы. В отдельных случаях дополнительно к выше перечисленным загрязнениям в сточных водах могут присутствовать смытые с оборудования сельскохозяйственных машин минеральные удобрения, ядохимикаты, микроорганизмы и микробные токсины, а также другие нежелательные компоненты. В сточных водах машинных дворов сельскохозяйственных организаций установлено содержание нефтепродуктов от 200 до 350 мг/л, взвешенных веществ от 2300 до 3300 мг/л. Динамика изменения содержания нефтепродуктов в сточных водах не одинакова в течение года. Это объясняется, прежде всего, различной интенсивностью использования техники по сезонам сельскохозяйственных работ. Наибольшее содержание нефтепродуктов (330-500 мг/л) отмечается в июле-августе и наименьшее (120-180 мг/л) – в декабре-феврале.

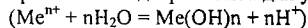
После отстоя и грубой очистки сточных вод постов мойки сельскохозяйственной техники предлагается проводить их доочистку в электрическом поле постоянного тока, применяя так называемый метод электрофлотокоагуляции. Применение синтетических моющих средств в процессе мойки ведет к эмульгированию нефтепродуктов и требует при очистке этих стоков кроме отстоя, коагуляции вносимыми реагентами и фильтрации использовать электрофлотокоагуляцию.

Нами опробована подобная обработка стоков, содержащих нефтепродукты, воздействием на них электрического поля постоянного тока с использованием растворимых элек-

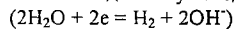
тродов. В качестве растворимых электродов использовались алюминиевые и железные электроды, ионы которых, выходя в раствор при электролизе, обладают хорошими коагулирующими свойствами. На растворимых электродах происходит ионизация металла анода с переходом в раствор его ионов:



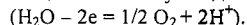
которые гидролизуются, образуют гидрооксиды металлов, являющиеся хорошими коагулянтами загрязнений и адсорбентами для уже скоагулированных частиц:



Одновременно при электролизе происходит разложение воды с подщелачиванием обрабатываемой жидкости у катода:



и подкислением у анода:



Электрокинетический потенциал эмульсии, находящейся в электрическом поле, снижается, а эмульсия теряет свою устойчивость. Пузырьки газа, которые образуются при электролизе, осуществляют флотацию загрязнений.

Электрофлотокоагулятор представляет собой установку, состоящую из прямоугольной формы пластмассового резервуара, (винипласт или другой кислотостойкий материал). Дно резервуара имеет уклон в сторону выпуска сточных вод. Подача сточной воды осуществляется сверху, отвод очищенной воды предусмотрен снизу резервуара. Камера резервуара разделена на два объема с помощью мембраны. В образованных двух отсеках размещены электроды, соответственно катод и анод. Мембрана предотвращает физическое смешивание объемов анодной и катодной воды, т.е. положительно и отрицательно заряженных ионов, образующихся при электролизе сточных вод. В верхней части электролизера установлено пеноудалющее устройство. Блок электродов подключен к источнику постоянного тока.

Процесс электрофлотокоагуляционной очистки сточных вод автоматизирован. Предусмотрено автоматическое измерение величины рН анолита и католита, расхода жидкости, значений тока и напряжения, степени очистки.

К числу основных факторов, определяющих качество очистки при электрофлотокоагуляционном методе, относятся следующие: плотность тока на электродах; производительность обработки сточных вод; материал и конструкция электродов, размер пузырьков газа.

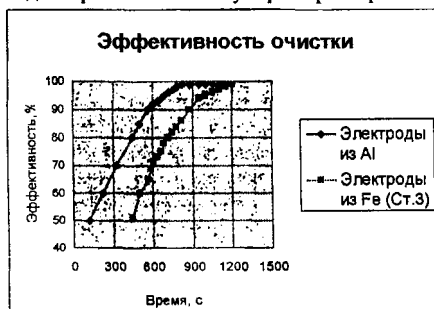
Электролиз модельных сточных вод, содержащих до 50 мг/л углеводородных примесей, проводился в электрическом поле постоянного тока с алюминиевыми электродами при плотности тока 120 — 170 А/м², напряжении на электродах 80 — 100 В (напряженность электрического поля 1700-2000 В/м), а также с железными электродами (Ст3) при плотности тока 200 — 300 А/м², напряжении на электродах 80 — 100 В (напряженность электрического поля 2400-3000 В/м). Продолжительность электрообработки стоков составляла 20 мин, их объем — 2 л.

В результате электролиза в катодной камере образуется щелочная вода за счёт превращения содержащихся в сточной воде растворённых солей в гидрооксиды, возрастает концентрация водорода. Кроме того, в процессе электролиза происходит растворение электродов (в основном анода) и также образуются гидрооксиды соответствующих металлов. Гидрооксиды металлов, имея положительный заряд, не проходят через мембрану и концентрируются у катода. В катодной камере интенсивно происходит коагуляция загрязнений, содержащихся в сточной воде, и вместе с образующимся на катоде водородом скоагулировавшиеся частицы загрязнений в виде хлопьев уносятся на поверхность, где собираются и утилизируются.

В анодной камере увеличивается кислотность воды за счёт образования различных кислот (серной, соляной и др.), а также перекиси водорода и других соединений кислотной группы. Анолит насыщен высокоактивными окислителями. В анодной камере происходит электрокаталитическое окисление органических примесей воды их деструкция и уничтожение микроорганизмов.

В результате электрообработки очистка стоков от углеводородных и других органических загрязнений составила 99-99,8% (см. рисунок). Исходная и обработанные пробы были исследованы на степень загрязнения органическими примесями в аналитической лаборатории университета. При этом катодная вода (католит) обладала высокими pH и, соответственно, моющими свойствами. Она может направляться на повторное использование в моечную установку, а анодная вода (анолит), обладающая бактерицидными свойствами, собирается для обеззараживания инфицированных сточных вод, обработки сельскохозяйственной техники, задействованной на вывозке органических удобрений или в других целях, как дезинфицирующее средство.

Процесс электрофлотации основан на всплытии частиц дисперсной фазы за счет пузырьков газа: водорода и кислорода. В очищаемой воде или моющем растворе при определенных условиях выделяется множество мельчайших пузырьков газа, которые при всплытии сталкиваются с частицами загрязнений и за счет действия молекулярных и электростатических сил, способствующих слиянию частиц загрязнений с газовыми пузырьками, транспортируются на поверхность раствора. Присутствующие в воде поверхностно-активные вещества способствуют слипанию газовых пузырьков с частицами загрязнений и образованию на поверхности раствора пенного слоя. Сюда же выносятся отдельные компоненты моющих средств, физически адсорбирующиеся на частицах загрязнений и образующие нерастворимые комплексы с загрязнителями или солями воды. Большое влияние на степень извлечения загрязнений имеет размер газовых пузырьков. Слишком большие пузырьки быстро всплывают на поверхность и вызывают турбулизацию жидкости. Известно, что при вакуумной флотации размеры воздушных пузырьков составляют 0,2–0,5 мм. При электрофлотационной обработке образуются мелкодисперсные газовые пузырьки размером 20–80 мкм [1].



Величина пузырьков газа зависит от ряда факторов, основным из которых является напряженность электрического поля. Чем выше напряженность, тем мельче пузырьки. Размер пузырьков водорода примерно в 2 раза меньше пузырьков кислорода, выделяющихся на аноде. Диаметр пузырьков водорода меняется в пределах от 20 до 40 мкм, тогда как диаметр пузырьков кислорода 30–70 мкм. На размер пузырьков влияет плотность тока, форма поверхности электрода, их взаимное расположение, pH и температура среды, поверхностное натяжение на границе раздела фаз электрод-раствор [2].

Применение алюминиевых электродов, по сравнению с стальными оказалось более эффективным. Электрокоагуляция загрязнений проходила примерно в 1,4 раза быстрее. Однако незначительная экономия затрат на электроэнергию при использовании алюминиевых электродов уступает их стоимости по сравнению с электродами из Ст3.

Для обработки сточных вод в качестве источника питания использовался также переменный электрический ток. Применение в этом случае мембранной перегородки существенного эффекта не оказало. В обоих камерах pH был одинаковый, близкий к нейтральному. Но в этом случае для достижения того же эффекта очистки удельный расход электроэнергии увеличился почти в 1,5 раза.

Выводы.

1. Электрофлотокоагуляция позволяет удалять из воды примеси, находящиеся в эмульгированном и суспендированном виде, взвешенные вещества и коллоидные частицы. Эффективность очистки стоков составляет 99-99,8 процента. Данный способ электрообработки может быть использован для доочистки сточных вод постов мойки автотракторной техники после их отстаивания, грубой очистки.

2. Для обработки сточных вод возможно использование переменного электрического тока, однако в этом случае для достижения того же эффекта очистки удельный расход электроэнергии увеличивается на 40 — 50 %.

ЛИТЕРАТУРА

1. Инженерная экология. /Под ред. В.Т.Медведева. – М.: Гардарики, 2002.
2. Ксенофонов, Б.С. Флотационная очистка сточных вод. – М.: Новые технологии., 2003.

УДК 663.44

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В ПРОИЗВОДСТВЕ ПИЩЕВОГО ЭТАНОЛА

Поздняков В.М., к.т.н., Расолько Л.А., к.б.н., доцент,

Рублик П.В., студент

*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет
г. Минск, Республика Беларусь»*

Спиртовая промышленность тесно связана со многими отраслями народного хозяйства, в которых спирт служит основным или вспомогательным материалом. Главный потребитель спирта – пищевая промышленность, где он используется при производстве ликероводочных изделий, плодово-ягодных купажируемых вин, на крепление виноматериалов, приготовление пищевых ароматизаторов и парфюмерно-косметических изделий. Спирт находит применение в производстве лекарственных препаратов, а также как дезинфицирующее средство [1].

На перерабатывающем предприятии в первую очередь необходимо анализировать возможности сокращения издержек и снижения уровня несоответствий производства. Анализ затрат на производство продукции перерабатывающего предприятия показывает, что наибольшими являются затраты на сырье и материалы, а также энергоресурсы, и это составляет более половины всех расходов. Снижение затрат при переработке растительного пищевого сырья возможно только при использовании энергосберегающих и ресурсосберегающих технологий. Поэтому в рыночных условиях особое значение приобретают методы, направленные на ресурс- и энергосбережение, на устранение возможных потерь, связанных с изготовлением продукции.

Согласно технологической схеме производства спирта процесс включает следующие технологические операции: хранение зерна, очистка и измельчение зерна, приготовление растворов ферментных препаратов, приготовление замеса, гидроферментативная обработка замеса, разваривание массы, вакуум-охлаждение и осахаривание разваренной массы, приготовление дрожжевого сусле, приготовление производственных дрожжей, охлаждение осахаренного сусле до температурной «складки», спиртовое брожение, перегонка бражки.

На примере производственной деятельности ОСППЦ «Хотовской спиртзавод» РУП «Минск Кристалл» нами были проанализированы некоторые аспекты экономии энергозатрат при производстве этилового спирта-сырца. На ОСППЦ «Хотовской спиртзавод» РУП «Минск Кристалл» до недавнего времени использовали периодическое и непрерывное разваривание зерновой массы. Периодическое (одноступенчатое) разваривание использовали только на линии приготовления дрожжей. В этом способе основным аппаратом является разварник Генце, корпус которого состоит из цилиндрической и конической частей. Такая форма разварника при подаче пара в одну точку обеспечивает его равномерное распределение, а также быструю и полную выдувку разваренного сырья.

Однако этот способ имеет ряд существенных недостатков: низкая производительность оборудования, связанная с периодичностью его действия; большой расход пара на разваривание зернового сырья; большие потери сбраживаемых веществ, обусловленные необходимостью применять жесткий режим варки; неравномерное потребление пара (пиковые нагрузки на котельную).

В связи с вышеназванными недостатками, повышающими себестоимость конечной продукции, была предложена более совершенная схема технологического процесса – непрерывное разваривание.

Несмотря на разнообразие установок для непрерывного разваривания, задача у них одна: подготовить крахмалсодержащее сырье к осахариванию при минимальных потерях сбраживаемых компонентов, минимальных затратах пара, электроэнергии и труда.

На ОСППЦ «Хотовской спиртзавод» РУП «Минск Кристалл» выбрали Мичуринскую схему непрерывного разваривания крахмального сырья. Установку непрерывного разваривания в этой схеме предусматривает предварительное измельчение пищевого сырья. Необходимость предварительного измельчения сырья обусловлена тем, что подача его в целом виде в варочный аппарат затруднена. Смесь неразрушенного, цельного зерна с водой (в виде суспензии) быстро расслаивается, поэтому в трубопровод, питающий аппарат, может поступать или почти одна вода, или большое количество неравномерно распределенного зерна. Неоднородность смеси оказывает отрицательное влияние на результат разваривания. Перекачивание измельченного и смешанного с водой зернового сырья в соотношении 1:2,5 практически не вызывает затруднений. Перекатывая измельченное сырье, можно смягчить режим варки и тем самым снизить потери сбраживаемых веществ и увеличить выход спирта.

В соответствии с аппаратурно-технологической схемой зерно, очищенное на сепараторе, элеватором подается в приемный бункер, откуда поступает а молотковые дробилки. Продукт дробления должен иметь такие размеры, чтобы 50-60% его проходило через сито с отверстиями диаметром 1 мм. Остаток на сите с отверстиями диаметром 3 мм не должен превышать 0,1%. Дробленое сырье направляется в смеситель, где происходит смешивание с водой температурой 35-40°C. Полученное сусло состоит из одной части зерна и 2,5-3 частей воды в зависимости от крахмалистости исходного сырья. Далее зерновой замес плунжерным насосом подается на контактную головку, где нагревается до максимальной температуры (130-150°C) в зависимости от перерабатываемого сырья.

Варочный аппарат состоит из одной колонны I ступени и двух колонн II ступени. Равномерность разваривания массы достигается многосекционностью аппарата и специальной конструкцией колонны I ступени.

Время разваривания кукурузы составляет 60 минут при температуре 145-150°C, а для остальных видов сырья рекомендуется температура 130-145°C в течение 45 минут. Работа варочного аппарата проходит при одинаковом давлении в варочных колоннах I и II ступеней. Переток массы осуществляется только за счет разницы уровней в колоннах. Разваренная масса из последней колонны II ступени выдувается в выдерживатель, где поддерживается избыточное давление около 0,02 МПа, что соответствует температуре замеса замеса 105°C. Разваренная масса находится в выдерживателе 17,5+2,5 минут, после чего поступает на непрерывное осахаривание с вакуум-охлаждением. Продолжительность осахаривания не менее 10 минут. Раствор ферментного препарата дозируется в зависимости от его активности и крахмалистости осахаренной массы. Осахаренная масса плунжерным насосом подается через теплообменник (где охлаждается до температуры складки 20-22°C) в бродильный чан.

В традиционной технологии массовая доля спирта в бражке составляет 6 об.%, тогда как непрерывный способ разваривания и осахаривания позволяют повысить этот основной технологический показатель практически вдвое, что означает пропорциональное сокращение удельных энергозатрат, теплозатрат, водопотребления на основных стадиях производства.

Внедрение низкотемпературных схем тепловой обработки крахмального сырья (при 60°C) позволяет перевести крахмал в растворимое состояние и осуществить подготовку сырья к брожению в одном аппарате гидроферментативной обработки.

Анализ действующих схем периодического и непрерывного разваривания крахмального сырья при производстве этилового спирта-сырца показал, что внедрение современной энергосберегающей схемы низкотемпературного разваривания на ОСППЦ «Хотовской спиртзавод» РУП «Минск Кристалл» позволило снизить расход энергоресурсов на 20%. При всех равных затратах на сырье, вспомогательные материалы, налоги, цеховые и общецеховые расходы по сравнению с традиционной технологией расход пара сократился с 6,2 усл. ед. на 1 дал до 4,9 усл. ед. Все это привело к снижению себестоимости и повышению рентабельности производства спирта-сырца на ОСППЦ «Хотовской спиртзавод» РУП «Минск Кристалл».

Дальнейшее увеличение эффективности производства спирта-сырца возможно при осуществлении автоматизации и компьютеризации технологического процесса. Перспективно также строительство и введение в эксплуатацию цеха комплексной переработки послеспиртовой барды с получением кормовых продуктов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Орехов А.И. Спиртовая промышленность Республики Беларусь: современное состояние и перспективы развития // Пищевая промышленность: наука и технологии. – 2011. № 1. – С. 3–7.

УДК 621.35:636.08

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИ АКТИВИРОВАННЫХ РАСТВОРОВ НА ПРИВЕСЫ МОЛОДНЯКА КРС ПРИ КОРМЛЕНИИ И ПОЕНИИ

Кардашов П. В., к.т.н., доцент, Корко В.С., к.т.н., доцент, Дубодел И. Б., к.т.н., доцент, Кардашов М. В., магистрант

*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»
г. Минск, РБ*

В технологии выпаивания и кормления телят кормом, обработанным электроактивированной водой, очень существенным является качество поступающей в их организм воды, поскольку интенсивность роста живых организмов в значительной степени зависит от скорости ферментативных реакций в их клетках, а весь метаболизм равняется на скорость самой медленной реакции в организме. Значит, для ускорения деления клеток и, следовательно, увеличения прироста живой массы молодого растущего организма необходимо ускорить эти реакции.

В результате электрохимической активации вода переходит в метастабильное (активированное) состояние, проявляя при этом в течение нескольких десятков часов повышенную реакционную способность в различных физико-химических процессах. Вода, активированная у катода (катодит), обладает повышенной активностью электронов и имеет ярко выраженные свойства восстановителя. Соответственно, вода, активированная у анода (анодит), характеризуется пониженной активностью электронов и проявляет свойства окислителя.

Совокупность реакций в клетке связана с передачей ионов или электронов от одного соединения - донора к другому - акцептору. И именно биологический механизм действия активированных растворов сводится к изменению конкурентного отношения свободно радикального и ферментативного окисления в пользу последнего, тем самым регулируется степень подавляющего влияния свободно радикального окисления на большинство метаболических процессов, что создает оптимальные условия для метаболизма, обеспечивает нормальный рост и развитие клеток и тканей.

Производственные испытания эффективности использования катодита при выпойке телят проведены в весенний период 2010г на комплексе по откорму КРС. Катодит разводили

теплой водопроводной водой в соотношении 2:1 и выпаивали опытной группе №1 утром один раз в неделю по 3...5 мл на 1 кг живой массы теленка, а опытной группе №2 без разведения по 5...7 мл на 1 кг живой массы. Контрольную группу выпаивали теплой водопроводной водой без использования католита. Животные были подобраны аналогами по породе, возрасту, массе. Результаты испытаний приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Показатели эффективности использования католита при поении телят

Показатели	Контроль	Опытные группы	
		№1	№2
Количество животных:			
- в начале опыта	15	16	14
- в конце опыта	14	15	15
Общая живая масса, кг	1191	1189	1389
Средняя масса одного животного в начале опыта, кг	78,7	74,3	99,2
Общий прирост живой массы за 46 дней, кг	1620	1800	2160
Средняя масса одного животного в конце опыта, кг	115,7	120,0	144,0
Среднесуточный прирост живой массы:			
- в граммах	804,3	993,4	973,9
- в процентах	100	123,8	121,1

Производственные испытания эффективности использования католита при кормлении телят проведены в зимний период 2011г на комплексе по откорму КРС. Опыт проводился в телятнике на 300 голов. Были сформированы две группы телят в возрасте 3-4 месяцев, по 13 голов в группе. Средняя живая масса животных в контрольной группе составляла 188,4 кг, в опытной – 151,5 кг.

В процессе испытания сенаж из злаковых трав, подаваемый в кормушки, обрабатывали электрохимически активированным водным раствором – католитом (pH = 9, ОВП = - 600 мВ) из расчета 5...7 мл на 1 кг живой массы животного. Кормление телят опытной группы, обработанным сенажом, осуществляли один раз в неделю. Результаты испытания приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Эффективность использования католита при кормлении молодняка КРС

Показатели	Группы животных	
	контрольная	опытная
Количество телят	13	13
Средняя масса 1 животного, кг:		
- в начале опыта	188,4	151,5
- в конце опыта	205,4	171,5
Среднесуточный прирост живой массы телят:		
- в кг	0,560	0,666
- в процентах	100	118,9

Научные результаты исследований: производственные испытания подтвердили эффективность применения электрохимически активированной воды в определенных дозах и режимах для поения и кормления молодняка животных; применение католита для выпойки и приготовления корма способствует улучшению его поедаемости и переваримости, что обес-

печивает повышение среднесуточного прироста живой массы телят на 18-20% по сравнению с контролем.

УДК 621.365: 631.371

ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННЫЕ СЕМЕНА С.-Х. РАСТЕНИЙ – ЗАЛОГ ОТЛИЧНОГО ПРОДОВОЛЬСТВЕННОГО СЫРЬЯ

Городецкая Е.А. кандидат технических наук, доцент
*УО «Белорусский государственный агротехнический университет»
Минск, Беларусь*

Показатели	Экспозиция			
	Контроль	7 мин	15 мин	30 мин
Энергия прорастания, %	28	45	46	52
Всхожесть, %	44	60	59	54

Таблица 3 Влияние различных режимов плазменной обработки на всхожесть и энергию прорастания гороха «Агат»

4. Кабашникова Л.Ф. // Способ ранней диагностики эффективности многокомпонентных капсулирующих составов для обработки семян. Методические указания. Минск. 2003. С.

5. Городецкая, Е.А. Городецкая, В.С. Корко, В.В. Ажаронек Стимулирование всхожести семян высокочастотным полем/ Агропанорама, № 2, 2011.- С. 11-13.

УДК 631.362.36:633.432

ЭЛЕКТРОСЕПАРАЦИЯ - ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫЙ СПОСОБ РАЗДЕЛЕНИЯ СЫПУЧИХ СМЕСЕЙ

Городецкая Е. А.
*ГНУ «Центральный Ботанический сад Национальной академии наук Беларуси»
Минск, Республика Беларусь*

Кардашов П.В., Дубодел И.Б. канд. техн. наук, доц.
*УО «Белорусский государственный агротехнический университет»,
Минск, Республика Беларусь*

Резюме: Сложность доведения семян сельскохозяйственных, лекарственных и пряно-ароматических растений до посевных кондиций определяется их физическими свойствами. Нами был предложен и опробован способ диэлектрического разделения семенного вороха с целью выделения сильных выполненных семян для промышленной агрокультуры.

Пищевые и перерабатывающие предприятия агропромышленного комплекса, в том числе и хозяйства-производители, постоянно решают важнейшую народно-хозяйственную задачу – как не только получить экологически возможно чистые продукты, но и сохранить, переработать их и реализовать без потерь потребителю.

В Западных странах разработаны дорогостоящие и высокопродуктивные машины, устройства и технологии. Специалисты России и Беларуси предлагают не менее эффективные конструкции и технологии, обладающие научной, патентной и практической оригинальностью. Речь идет о конкурентноспособном устройстве разделения сыпучих смесей и выделения высокосодержащих фракций. Представляемый нами диэлектрический сепаратор конструкции лаборатории перспективных средств электросепарации семян (руководитель – заслуженный ученый России, профессор В.И.Тарушкин) МГАУ (Москва) призван разделять сухие сыпучие мелкодисперсные смеси с учетом электрических свойств частиц и получением фракций гарантированного качества и нужных свойств. Например, внедрение диэлектрического сепарирующего устройства (ДСУ) в технологической линии безотходной переработ-

ки картофеля увеличивает на 10 % выход высококачественного продукта – пищевой картофельной муки заданных свойств.

В связи с оригинальностью метода особое внимание заслуживает вопрос отрицательного воздействия электрического поля, участвующего в разделении смесей, на их химический состав и постоянство структуры, т.е. речь идет о возможности изменения нативных свойств продуктов и объектов разделения. Установлено, что напряженность собственного электрического поля живых клеток составляет около 9000 кВ/м, внешнее же электрическое поле, создаваемое электродами в предлагаемых конструкциях электросепарирующих устройств, колеблется в диапазоне 0,5 – 1,0 кВ/см. Таким образом, напряженность собственного электрического поля внутри семян, смесей и частиц пищевых продуктов, предложенных к сепарации, более чем на порядок превосходит внешнее электрическое поле, необходимое для разделения смесей в ДСУ.

Нашими исследованиями определены методы и средства, реализующие разделение частиц сыпучих смесей. Разделение в электрическом поле происходит либо при наличии различий в диэлектрических проницаемостях, либо при наличии различий в динамике поляризации и депольаризации частиц, что обуславливается их различным биохимическим составом, но имеющих подобные физико-механические свойства. Установлено, что в ДСУ смеси разделяются по совокупности механических, биохимических и, отсюда – электрических свойств [1].

Как объекты исследований были взяты семена следующих групп культур: декоративных (будлея, спирея), лекарственных (душица, солодки, валерианы, календулы, эхинацеи), пряно-ароматических и зеленных культур – салата, шпината, базилика, огурца, помидора и злаковых. Семена должны были быть выделены из вороха, включающего собственно семена и примеси – остатки и фрагменты плода, стручка, плодоножек, палочек, листьев, соломы, бумаги, упаковочных материалов, песка, земли, мусора. Разделение было выполнено традиционной машиной – лабораторным сепаратором типа SZD, который широко применяется в пунктах скупа зерна большинства Западных стран для быстрой оценки массы очищенного зерна механическим способом и является разработкой Научно-исследовательского института пекарского производства (Research Institute Of The Baking Industry LTD – Member of ICC-International Association For Cereal Science And Technology) в Быдгощи (Республика Польша) [2]. На этом сепараторе из исследованных проб 1000 г в течение 60 с получали 4 фракции: очищенные семена с некоторой частью подсора, крупные примеси, мелкие примеси, пыль. Наши исследования на указанном типе машин позволяют утверждать, что использование решет и триерных установок, аспирационных каналов, кроме многих их преимуществ, имеют существенный недостаток, выражающийся в неудовлетворительном результате разделения на наших объектах – мы наблюдали нечеткое разделение фракций.

Метод диэлектрического разделения, реализующий принцип суперпозиции сил различной физической природы и использования, прежде всего, пондеромоторной силы, показал высокую эффективность на получении чистой соевой шелухи (для последующего выделения пероксидазы).

Результаты диэлектрической сепарации некоторых зеленных культур приведены в таблице.

Таблица

Весовое распределение семян зеленных культур по фракциям при различных напряжениях на рабочем органе, г

U, кВ	I фракция	II фракция	III фракция	Примечание (состав исходного образца)
любисток - масса исходного образца - 900 г				
0,8	860	15	20	Семенной ворох содержал семена и много пыли, измельченные цветоложа и листья, легкий мусор, палочки стебля
1,0	850	20	25	
1,2	810	20	60	
1,4	700	70	115	
салат - масса исходного образца - 800 г				
0,8	750	25	20	Семена, немного пыли, измельченные цветоложа и листья, легкий мусор, палочки стебля
1,0	750	15	30	
1,2	710	15	70	
1,4	600	70	125	
1,6	560	80	155	
базилик - 500 г				
0,8	480	5	10	Семена и измельченные: цветоложа, листья, легкий мусор, палочки стебля
1,0	475	5	15	
1,2	470	15	10	
1,4	460	15	20	
1,6	420	40	40	

Как видно, предварительные лучшие режимы напряжения на рабочем органе для мелкосемянных зеленных культур лежат в диапазоне 0,8 – 1,0 кВ (без взаимного подбора фракций).

Всхожесть семян всех исследуемых культур, прошедших электросепарирование, показала дружность всходов и высокую энергию прорастания, что является важным условием для их промышленного возделывания. Кроме семян указанных культур возможно выделение зародыша молотого зерна в гомогенную фракцию, что позволит получить широкий спектр новых диетических и специальных продуктов с высоким экономическим эффектом и пищевой ценностью. Одновременное получение чистого эндосперма повышает сортность и классность муки, ее усвояемость и срок хранения. Электросепарация травяной резки и муки подтвердила, что это эффективный прием получения концентрированных кормов, которые по содержанию сырого протеина превосходят зерно злаковых культур. Во фракции, обогащенной протеином, в 1,5 раза меньше клетчатки, что позволяет использовать ее в рационах нежвачных животных и птицы. Использование электросепарирующего устройства в переработке сельскохозяйственной продукции на стадии очистки и получения гомогенных фракций позволяет значительно упрощать технологические линии, экономить электроэнергию, получать новые диетические продукты и товары международной классификации, сократить закупки посевного материала.

ЛИТЕРАТУРА

1. Городецкая, Е.А. Городецкая, Е.В. Спиридович Электросепарация соевой шелухи/ УИШ Международная конференция «Zywnienie czlowieka. Polgastro» - 13-14 февраля 2003. – Быдгощ, Республика Польша, - С.27-28.
2. K. Sadkiewicz, J. Sadkiewicz Urządzenia pomiarowo-badawcze dla przetworstwa zbożowo-macznego. – 1998, Bydgoszcz.-151 c.

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ СВЕТОТЕХНИЧЕСКИХ УСТАНОВОК СЕЛЬКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Степанцов В. П., канд. техн. наук, доцент, Шеремет Г. П., студент
УО "Белорусский государственный аграрный технический университет"
г. Минск. Республика Беларусь

Разработка энергосберегающих мероприятий требует экономического сравнения сопоставимых в техническом отношении вариантов решения проблемы. При этом, наблюдаемый в последнее время интенсивный рост цен на энергоносители заставляет повышенное внимание обращать на экономию электрической энергии.

В светотехнических установках стоимость электроэнергии обычно преобладает в общей сумме затрат, включая затраты на их устройство. Поэтому при анализе возможных решений их создания или модернизации предлагается экономическое обоснование ограничить сопоставлением установленной мощности и ожидаемых затрат на потребляемую электрическую энергию.

Поскольку установленная мощность светотехнической установки, как правило, пропорциональна произведению коэффициента использования светового потока ($\eta_{\text{оу}}$), КПД светильника ($\eta_{\text{св}}$), нормируемой освещенности рабочей поверхности для принятого типа источника (E), принимаемого при расчете коэффициента запаса (K_3), световой отдаче источника света ($\eta_{\text{ис}}$) и коэффициента, учитывающее процентное отношение потерь электрической энергии в применяемых для принятого источника ПРА ($K_{\text{пра}}$), то относительная разность приведенных установленных мощностей (ΔP , отн. ед.) приблизительно может быть определена как:

$$\Delta P = 1 - \frac{\eta_{\text{оу}_2} \cdot \eta_{\text{св}_2} \cdot E_2 \cdot K_{3_2} \cdot \eta_{\text{ис}_1} \cdot K_{\text{пра}_4}}{\eta_{\text{оу}_1} \cdot \eta_{\text{св}_1} \cdot E_1 \cdot K_{3_1} \cdot \eta_{\text{ис}_2} \cdot K_{\text{пра}_2}} \quad (1)$$

Положительное значение ΔP соответствует экономии электрической энергии в варианте 1 по отношению к принятому при сравнении за базовый (варианту 2), а отрицательное – ее перерасходу.

Относительная разность приведенных установленных мощностей ΔP позволяет определить годовой потенциал экономии или перерасхода электрической энергии ΔW (кВт·час)

$$\Delta W = \Delta P \cdot W_{\text{год}_2}, \quad (2)$$

где $W_{\text{год}_2}$ – годовое потребление электрической энергии базового варианта осветительной установки, кВт·час.

Годовое потребление электрической энергии светотехнической установки определяют по формуле:

$$W_{\text{год}} = P_p \cdot T_{\text{МО}}, \quad (3)$$

где: P_p – установленная мощность осветительной установки, кВт; $T_{\text{МО}}$ – годовое число использования максимума электрической нагрузки.

Установленная мощность светотехнической установки P_p определяется с учетом потерь мощности в ПРА и коэффициента спроса на нагрузки [1]:

$$P_p = K_c \cdot \sum_{i=1}^n K_{\text{пра}_i} \cdot P_{\text{ном}_i}, \quad (4)$$

где: K_c – коэффициент спроса на нагрузки; $K_{\text{пра}_i}$ – коэффициент, учитывающий потери мощности в ПРА; $P_{\text{ном}_i}$ – номинальная мощность i -того источника, кВт; n – количество ламп в осветительном приборе.

Выражение (1) может быть использовано при обосновании замены светильников на светильники с большим КПД ($\eta_{\text{св}}$) или меньшими потерями электрической энергии в ПРА ($K_{\text{пра}}$), повышения КПД существующих светильников вследствие их чистки или эффективности использования электроэнергии при автоматическом управлении, мероприятий по устранению отклонений напряжения от номинального значения и др.

Относительную разность приведенных установленных мощностей при повышении КПД светильников вследствие их регулярной чистки может быть определен как [2, 3]

$$\Delta P = 1 - (g_c + b_c \cdot e^{-t/t_c}), \quad (5)$$

где: g_c , b_c , t_c – постоянные для заданных условий эксплуатации светильников [2]; t – продолжительность эксплуатации светильников между двумя ближайшими чистками.

Значение годового потенциала экономии электрической энергии ΔW (кВт·час.) позволяет ориентировочно оценить ожидаемый эффект от внедрения предлагаемого варианта светотехнической установки в сопоставлении с базовым:

1. Стоимость электрической энергии, которую предполагается сэкономить при внедрении предлагаемого варианта осветительной установки $C_{\text{ээ}}$, руб.:

$$C_{\text{ээ}} = \Delta W \cdot C_{\text{квт}}, \quad (6)$$

где: $C_{\text{квт}}$ – стоимость электрической энергии, руб./(кВт час).

2. Капитальные затраты K на изготовление осветительной установки. При этом, при незначительной модернизации осветительной установки в расчет могут быть приняты только ее заменяемые элементы, например, светильники, лампы, ПРА или иные.

3. Срок окупаемости $T_{\text{ок}}$ (лет) предлагаемых мероприятий [4]

$$T_{\text{ок}} = K / C_{\text{ээ}}. \quad (7)$$

Проведенные экономические сопоставления вариантов модернизации существующих светотехнических установок показали, что:

1. При замене в осветительной установке бытового помещения (жилая комната) ламп накаливания БК215-225-75 на энергоэкономичную одноцокольную компактную люминесцентную лампу ТЗСПС20 фирмы "Космос" относительная разность приведенных установленных мощностей $\Delta P = 0,55$. Тогда: годовое потребление электрической энергии (3) $W_{\text{год}} = 100$ кВт·час, годовой потенциал экономии электрической энергии (2) $\Delta W = 55$ кВт·час; стоимость сэкономленной электрической энергии $C_{\text{ээ}} = 11000$ руб; капитальные затраты на модернизацию осветительной установки (ограниченные стоимостью источников с учетом их номинальных сроков службы) $K = 9000$ руб; срок окупаемости вложений $T_{\text{ок}} \approx 0,82$ года.

Сопоставление показало, что рассматриваемое мероприятие позволяет экономить до 50...60 % потребляемой электрической энергии при относительно небольшом сроке окупаемости (менее года).

В тоже время представляет интерес определения влияния наблюдаемых в последнее время в республике и мире тенденций – снижения стоимости компактных люминесцентных ламп и повышения отпускной цены на электрическую энергию, на срок окупаемости вложений на модернизацию осветительных установок. При подобном анализе принято снижение стоимости компактных люминесцентных ламп с 17000 бел. руб. на 5 % в год, увеличение стоимости ламп накаливания с 1000 бел. руб. на 5 % в год и отпускной цены на электрическую энергию с 200 до 300 руб·(кВт час)⁻¹. Расчетные значения сроков окупаемости вложений для приведенных условий представлены на рис.1.

Приведенная информация позволяет утверждать, что при замене ламп накаливания в осветительных установках жилых, административно-бытовых и культурно-развлекательных помещений с экономической точки зрения себя оправдывает (срок окупаемости дополнительных капитальных вложений от 0,25 до 0,85 года) даже при увеличении стоимости электрической энергии, отпускаемой потребителям. Важным доводом подобной замены является возможность существенной экономии электрической энергии.

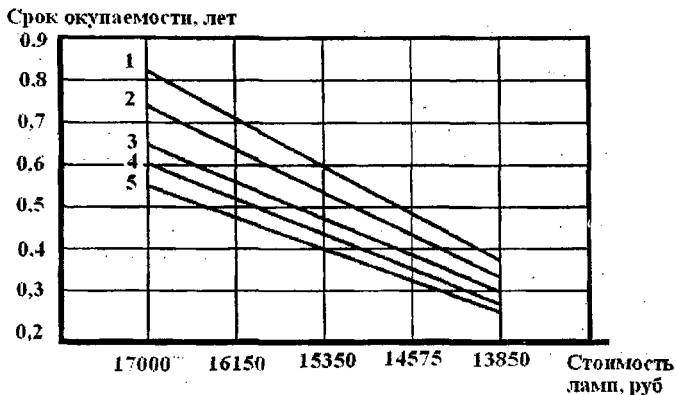


Рис. 1. Изменение срока окупаемости вложений при замене ламп накаливания на одноцокольные компактные люминесцентные лампы в зависимости от стоимости люминесцентной лампы: 1 – при отпускной цене за электрическую энергию 200; 2 – 225; 3 – 250; 4 – 275 и 5 – 300 руб/кВт⁻¹.

2. При замене в осветительной установке уличного освещения электромагнитного ПРА (ЭМПРА) на электронные ПРА (ЭПРА) и среднегодовом времени работы 3600 час относительная разность приведенных установленных мощностей $\Delta P = 0,117$. Тогда: годовое потребление электрической энергии $W_{\text{год}} = 1728$ кВт·час, годовой потенциал экономии электрической энергии $\Delta W = 202$ кВт; стоимость сэкономленной электрической энергии $C_{\text{ээ}} = 60600$ руб; капитальные затраты на модернизацию осветительной установки (стоимостью ЭПРА) $K = 15000$ руб; срок окупаемости вложений $T_{\text{ок}} \approx 0,25$ года. При этом замена ЭМПРА на ЭПРА в осветительной установке уличного освещения позволяет сэкономить до 10...15 % потребляемой электрической энергии.

Предложенная методика приближенного расчета при экономическом обосновании вложений инвестиций в реконструкцию осветительных установок позволяет получать результаты с точностью до ± 20 % и делать на их основании достоверные выводы о целесообразности вложений в мероприятия по энергосбережению. Результаты работы рекомендуются для практического применения при определении составляющих затрат на реконструкцию и эксплуатацию светотехнических установок.

ЛИТЕРАТУРА

1. Козловская В.Б. Электрическое освещение: справочник / В.Б. Козловская, В.Н. Радкевич, В.Н. Сацукевич. – 2-е изд. – Минск: Техноперспектива, 2008. – 271 с.: ил.
2. Справочная книга по светотехнике / Под ред. Ю.Б. Айзенберга. – Москва: Энергоатомиздат, 1995. – 528 с.: ил.
3. Кунгс Я.А. Автоматизация управления электрическим освещением. – Москва: Энергоатомиздат, 1989. – 112 с.
4. Методические рекомендации по составлению технико-экономических обоснований для энергосберегающих мероприятий. – Минск: УП «Белэнергосбережение», 2003. – 60 с.

О ВОЗМОЖНОСТЯХ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ В КОНВЕКТИВНЫХ ЗЕРНОСУШИЛКАХ**Цубанов А.Г., канд.техн.наук, доцент***УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»
г. Минск, Республика Беларусь*

Послеуборочная обработка зерна и семян, на осуществление которой приходится до 50% расхода топлива от общих затрат на производство зерна и семян, является наиболее ресурсоемким процессом во всей технологической цепи их производства. В сельском хозяйстве Республики Беларусь находятся в эксплуатации около 3,3 тысячи зерноочистительно-сушильных комплексов и около 1,3 тысячи отдельно установленных зерносушилок.

Снижение энергоемкости сушки зерна и семян является актуальным при решении задач энергосбережения в сельском хозяйстве. Повышение энергоэффективности процессов сушки следует вести по следующим направлениям:

- разработка энергосберегающих технологий и оборудования;
- внедрение энергосберегающего оборудования в практику сушки;
- строительство новых, современных зерноочистительно-сушильных комплексов.

Модернизация существующего оборудования имеет ограниченные возможности и не позволяет добиться существенного повышения его энергоэффективности. Следует отметить, что энергосберегающие мероприятия, не требовавшие больших затрат, в большинстве своем уже нашли практическое внедрение и для дальнейшего снижения расходов топлива в сушильном оборудовании требуются все большие капитальные вложения и реализация методов и приемов, не относившихся ранее к конкурентоспособным.

При строительстве новых зерноочистительно-сушильных комплексов и замене устаревших зерносушилок, в настоящее время используются конвективные зерносушилки (ЗСК), характеристики которых приведены в каталоге "Оборудование и машины для послеуборочной обработки зерна" 2009 г. издания в РУП "НПЦ Национальной академии наук Беларуси по механизации сельского хозяйства".

Модернизация ЗСК привела к снижению удельного расхода топлива из расчета на плановую тонну зерна не более чем на 20% по сравнению с паспортными данными ранее выпускавшихся и эксплуатируемых в настоящее время зерносушилок.

Это было достигнуто в основном за счет сооружения дополнительного накопительного бункера сухого зерна, предназначенного для охлаждения и досушивания зерна атмосферным воздухом. Таким образом, было обеспечено большее снижение влажности зерна при его охлаждении после сушки в сушильной шахте и уменьшения расхода теплоты в сушильной шахте.

Строительство новых зерносушильных комплексов и замена (реконструкция) устаревших ЗСК сопровождается также переходом от сушки газозвдушной смесью к сушке нагретым воздухом, что способствует некоторому уменьшению расхода топлива при сушке.

Дальнейшее снижение энергоемкости сушки зерна и семян может быть достигнуто путем утилизации теплоты отработавшего сушильного агента (СА) за счет его рециркуляции и использования теплоутилизаторов и тепловых насосов (ТН) [1].

В качестве показателя энергоэффективности при рассмотрении задач энергосбережения пользовались относительной экономией топлива.

При расчете энергоэффективности применения ТН были сопоставлены расходы топлива, с одной стороны, в воздухоподогревателях или топочных устройствах с камерами смешения топочных газов с воздухом, а с другой – на тепловых электростанциях при производстве электрической энергии, потребляемой электроприводом компрессора ТН.

В результате исследований возможностей энергосбережения для типовых режимов сушки зерна и семян, было установлено, что теоретически ожидаемое снижение расходов топлива достигается:

- при рециркуляции СА в размере 10-35% [2];
- при утилизации теплоты СА с использованием ТН – 17– 26% [3];
- при осушении и рециркуляции СА с использованием ТН – 20 –73% [4,5].

При этом размеры энергосбережения во многом определяются параметрами теплового режима сушки, а также показателями эффективности производства электрической и тепловой энергии. Нельзя надеяться на достижение большого эффекта энергосбережения при высоких значениях КПД зерносушилок. Именно взаимосвязью между размерами энергосбережения и энергоэффективности работы КЗС объясняется увеличение ожидаемой экономии топлива при низкотемпературной сушке зерна и семян. Повышение КПД тепловых электростанций, снижение себестоимости электрической энергии и увеличение цен на топливо способствуют расширению возможностей использования ТН в конвективных зерносушилках.

Из приведенных результатов исследования можно заключить, что для дальнейшего рассмотрения следует рекомендовать как перспективные энергосберегающие мероприятия рециркуляцию СА, а также его осушение и рециркуляцию с использованием ТН. Утилизация теплоты СА на базе ТН обеспечивает экономию топлива практически в тех же размерах, что и рециркуляция СА. Однако сопровождается большими капитальными затратами и большим потреблением электрической энергии на электропривод вентиляторов, обеспечивающих движение воздуха через испаритель и конденсатор ТН.

Наибольший эффект энергосбережения достигается при осушении и рециркуляции СА с использованием ТН. Это объясняется возможностью подогрева СА тепловой конденсации водяных паров, образовавшихся при сушке продукции. Таким образом, утилизируется теплота, ранее израсходованная на испарение влаги из продукции, подвергающейся сушке.

В этой схеме (рис.1) воздух, отработавший как СА в сушильной камере, направляется в испаритель (И), в котором охлаждается и осушается, а затем проходит конденсатор (К) и дополнительный нагреватель (Н), где нагревается до заданной температуры. Теплота, передаваемая в испарителе от воздуха рабочему веществу (хладону) ТН, используется для нагрева воздуха в конденсаторе. Согласно расчетной схеме воздух полностью пропускается вначале через испаритель, а затем – через конденсатор и нагреватель. Таким образом осуществляется полная рециркуляция воздуха.

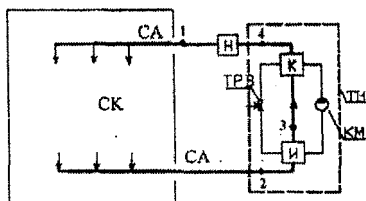


Рис.1. Принципиальная схема использования ТН для осушения и рециркуляции воздуха в ЗСК

На схеме показаны компрессор (КМ) и терморегулирующий вентиль (ТРВ), а также характерные точки состояний влажного воздуха в процессах его нагрева и использования. При этом были введены следующие обозначения точек: 1 – при поступлении в СК; 2 – на выходе СК; 3 – на выходе испарителя; 4 – на выходе конденсатора.

Однако такое применение ТН возможно при вполне определенных параметрах теплового режима сушки и может быть организовано только при низкотемпературной сушке семенного зерна и семян сельскохозяйственных культур. При этом температура СА в точке 1 перед подачей его на сушку, как правило, не может превышать 70 °С.

Искомые параметры режима работы ТН при осушении и рециркуляции СА, в том числе и коэффициент преобразования как основной показатель энергоэффективности ТН, должны быть найдены исходя из уравнений математической модели исследуемых процессов. В связи с этим они однозначно определяются параметрами теплового режима сушки и прежде

всего разностью добавлений и расходов теплоты в сушильной камере (шахте). Более того, значение этой разности, характеризующий внутренний тепловой баланс сушильной камеры, определяет условия и возможности использования ТН [4,5].

Расчетные значения коэффициента преобразования ТН находятся в пределах от 3 до 5,1 при принятых условиях использования ТН для осушения и рециркуляции отработавшего СА (воздуха).

Рециркуляция СА может быть использована при любых параметрах теплового режима сушки, однако наиболее энергоэффективной она оказывается в условиях низкотемпературной сушки семенного зерна и семян. Экономия топлива увеличивается с ростом коэффициента рециркуляции, коэффициент рециркуляции как отношение массы рециркулирующей части СА ко всей его массе находится в условиях работы ЗСК в пределах 0,35 – 0,7. При этом коэффициент рециркуляции не может быть принят произвольно, а должен быть рассчитан в зависимости от принятых параметров теплового режима сушки.

Смещение сушильного процесса при реализации энергосберегающих мероприятий в область более влажного СА способствует увеличению эффекта энергосбережения.

Несмотря на приведенные высокие значения достигаемой экономии теплоты и топлива для решения вопроса о возможности использования предлагаемых технических решений требуется разработка технико-экономического обоснования (ТЭО). Особое значение здесь имеют стоимость топлива, тарифы на электрическую энергию и капитальные затраты на используемое оборудование, вентиляторы, воздухопроводы и каналы. Однако стоимость топлива и тарифы на энергию по ряду причин не в полной мере отражают действительные затраты на производство электрической и тепловой энергии и не всегда могут быть объективными показателями реальной стоимости топлива и энергии. Это обстоятельство во многом затрудняет разработку ТЭО.

Повышение КПД тепловых электростанций, снижение себестоимости электрической энергии и увеличение цен на топливо способствуют использованию ТН в конвективных зерносушилках.

ЛИТЕРАТУРА

1. Данилов, О.Л. Экономия энергии при тепловой сушке / О.Л. Данилов, Б.И. Леончик. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 136 с.
2. Сняжков, А.Л. Энергосбережение в конвективных зерносушилках путем рециркуляции сушильного агента / А.Л. Сняжков, И.А.Цубанов // Агропанорама, №5, 2009. – с.40-44.
3. Цубанов, А.Г. Тепловые насосы – утилизаторы теплоты отработавшего сушильного агента / А.Г. Цубанов, А.Л. Сняжков, И.А.Цубанов // Агропанорама, №2, 2010. – с.27-31.
4. Цубанов, А.Г. К вопросу энергосбережения в конвективных зерносушилках / А.Г. Цубанов, А.Л. Сняжков, И.А.Цубанов // Агропанорама, №3, 2009. – с.22-27.
5. Цубанов, А.Г. Использование тепловых насосов для осушения и рециркуляции отработавшего сушильного агента в конвективных зерносушилках / А.Г. Цубанов, А.Л. Сняжков, И.А.Цубанов // Агропанорама, №4, 2011. – с.21-25.

УДК 664.723

К РАСЧЕТУ РЕЦИРКУЛЯЦИИ СУШИЛЬНОГО АГЕНТА В КОНВЕКТИВНЫХ ЗЕРНОСУШИЛКАХ

Цубанов А.Г., канд.техн.наук, доцент

*Белорусский государственный аграрный технический университет
г. Минск, Республика Беларусь*

В конвективных зерносушилках (ЗСК) рекомендуется использовать рециркуляцию сушильного агента (СА) с целью снижения расходов теплоты и топлива на сушку продукции [1-4].

В этом случае особое значение приобретает расчет коэффициента рециркуляции и параметров СА в процессах его приготовления и использования. Решение этой задачи услож-

няется при применении смеси топочных дымовых газов и воздуха в эксплуатируемых в настоящее время зерносушилках.

Используемый обычно графоаналитический метод расчета требует наличия диаграммы влажного воздуха при высоких его температурах (до 1500 °С) и в ряде случаев не обеспечивает определение параметров СА при допустимой погрешности расчетов.

В связи с этим особое значение приобретает задача разработки аналитического метода расчета.

При рециркуляции отработавшего СА в ЗСК, работающих на смеси топочных газов с воздухом, следует рекомендовать двухступенчатое приготовление СА, при котором топочные газы на выходе топочного устройства (ТУ) разбавляются наружным воздухом, а затем к образовавшейся газозоудной смеси добавляется рециркулирующая часть СА.

Исходными данными к расчету являются:

- вид топлива и его характеристики;
- температура СА на входе в сушильную камеру t_1 , °С;
- температура отработавшего СА t_2 , °С, и его влагосодержание d_2 , г/кг;
- разность добавлений и расходов теплоты в сушильной камере Δ , кДж/кг;
- параметры наружного атмосферного воздуха: температура t_0 , °С, влагосодержание d_0 , г/кг; и энтальпия h_0 , кДж/кг;

- масса водяных паров, образующихся при сгорании топлива m_w , кг/кг или кг/м³.

Решение поставленной задачи включает определение параметров топочных газов на выходе ТУ, при расчете которых следует принять температуру из рекомендуемого интервала 1100–1300°С с целью обеспечения устойчивого и полного сгорания топлива, а также выполнения требований к термостойкости конструкции ТУ.

Для расчета коэффициента избытка воздуха, подаваемого для сгорания топлива, может быть использован тепловой баланс ТУ, составленный по отношению к 1 кг жидкого и твердого топлива или 1 м³ газообразного топлива:

$$Q_H^p \eta + \alpha H_{B,0}^0 = H_r^0 + (\alpha - 1) H_B^0,$$

где Q_H^p – низшая теплота сгорания топлива; η – КПД топочного устройства; α – коэффициент избытка воздуха, подаваемого непосредственно в ТУ; $H_{B,0}^0$ – энтальпия теоретического объема воздуха при температуре наружного воздуха; H_r^0 и H_B^0 – энтальпии теоретических объемов продуктов сгорания и воздуха при принятой (заданной) температуре топочных газов; $H_{B,0}^0$ – энтальпия теоретического объема воздуха при температуре наружного воздуха.

При составлении теплового баланса были исключены из рассмотрения физическая теплота топлива и теплота, вносимая водяным паром при использовании паровых форсунок.

Теплота сгорания топлива и энтальпия теоретических объемов определены для жидкого и твердого топлива в кДж/кг, а для газообразного топлива – в кДж/м³.

Исходя из вышеприведенного уравнения, был найден коэффициент избытка воздуха:

$$\alpha = \frac{Q_H^p \eta + H_B^0 - H_r^0}{H_B^0 - H_{B,0}^0} \quad (1)$$

При расчете энтальпий теоретических объемов воздуха и продуктов сгораний применяется общепринятая методика с использованием энтальпий и теоретических объемов воздуха и отдельных газов в составе топочных газов [5].

Энтальпия топочных газов, кДж/кг:

$$H_r = \frac{Q_H^p \eta + r m_w + \alpha L_0 h_0}{m_{c,r}}, \quad (2)$$

где r – теплота парообразования (ее принимают равной 2500 кДж/кг); L_0 и $m_{c,r}$ – масса теоретического объема воздуха и масса сухих газов в составе топочных газов.

Массы приведены для 1 кг жидкого или твердого топлива в кг/кг, а для 1 м³ газообразного – в кг/м³.

При этом масса сухих газов в составе топочных газов:

– при сжигании жидкого и твердого топлива:

$$m_{c,r} = \alpha L^n + 1 - 0,01 A^p - m_w, \quad (3)$$

где A^p – зольность топлива, %;

– при сжигании газообразного топлива:

$$m_{c,r} = \alpha L^n + \rho - m_w, \quad (4)$$

где; ρ – плотность газообразного топлива, кг/м³.

Влагосодержание топочных газов:

$$d_r = \frac{1000m_w + \alpha L^2 d_0}{m_{c,r}} \quad (5)$$

Характеристикой процесса смешения топочных газов с воздухом является коэффициент разбавления воздухом топочных газов как отношение массы воздуха (его сухой части) к массе сухих топочных газов на выходе ТУ.

Для расчета смешения газозоудушной смеси с воздухом следует использовать уравнения процесса смешения газов и воздуха и зависимость, характеризующей изменение энтальпии СА в процессах его приготовления и использования при угловом коэффициенте процессов, соответствующем значению Δ :

$$h_3 = h_2 - \frac{\Delta}{1000} (d_2 - d_3), \quad (6)$$

где h_2 – энтальпия отработавшего СА, кДж/кг.

В результате решения системы уравнений был определен коэффициент разбавления воздухом газозоудушной смеси на первой стадии приготовления СА:

$$n = \frac{H_r - h_2 - 10^{-3} \Delta \times (d_r - d_2)}{h_2 - h_0 - 10^{-3} \Delta \times (d_2 - d_0)} \quad (7)$$

Влагосодержание d_3 :

$$d_3 = \frac{d_r + n d_0}{n + 1} \quad (8)$$

Следующим этапом расчета является определение параметров приготовленного СА перед его поступлением в сушильную камеру и коэффициента рециркуляции..

Влагосодержание приготовленного СА определяется по уравнению, предложенному в работе [4]:

$$d_1 = \frac{d_2 - \pi_1}{1 + 1,86 \times 10^{-3} \times \pi_1}, \quad (9)$$

где π_1 – обобщенный параметр, г/кг:

$$\pi_1 = \frac{1010(t_1 - t_2)}{2500 + 1,88 t_2 - \Delta}$$

Коэффициент рециркуляции СА как отношение массы рециркулирующей части СА ко всей его массе:

$$k = \frac{d_1 - d_3}{d_2 - d_3} \quad (10)$$

Энтальпия приготовленного СА:

$$h_1 = k h_2 + (1 - k) h_3, \quad (11)$$

Таким образом, разработанная методика расчета включает следующие этапы:

- определение коэффициента избытка воздуха и параметров, характеризующих топочные газы, по формулам (1), (2), (3), (4) и (5);
- расчет коэффициента разбавления топочных газов и параметров газозвушной смеси по уравнениям (6), (7) и (8);
- определение коэффициента рециркуляции и параметров приготовленного СА, используя зависимости (9), (10) и (11).

ЛИТЕРАТУРА

1. Данилов, О.Л. Экономия энергии при тепловой сушке / О.Л. Данилов, Б.И. Леончик. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 136 с.
2. Кочетков, А.В. Снижение энергозатрат за счет совершенствования технологического процесса сушки рециркуляцией сушильного агента /А.В.Кочетков, Е.Г.Мигуцкий, В.А.Седнин //Энергетика (Изв. высш. учеб. заведений и энерг. объединений СНГ), №1, 2010. – С.67-77.
3. Промышленные тепломассообменные процессы и установки /А.М. Бакластов, В.А.Горбенко, О.Л.Данилов и др.; Под ред. А.М.Бакластова. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – с.
4. Сняков А.Л. Энергосбережение в конвективных зерносушилках путем рециркуляции сушильного агента /А.Л. Сняков, И.А.Цубанов // Агропанорама, №5, 2009. – С.40-44.
- 5.Справочник по теплоснабжению сельского хозяйства/ Л.С. Герасимович, А.Г. Цубанов, Б.Х. Драганов, А.Л. Сняков. – Мн.: Ураджай, 1993. – 368 с.

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ СВЧ-ВЛАГОМЕРА «МИКРОРАДАР 113М» ДЛЯ СТАБИЛИЗАЦИИ ПРОЦЕССА УВЛАЖНЕНИЯ ЗЕРНА ПЕРЕД ПОМОЛОМ

Лисовский В.В..к.т.н.,доц., Гургенидзе И.Н.к.э.н.,доц.

УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»

г. Минск, Республика Беларусь

Данная автоматизированная система стабилизации параметров зерна на выходе увлажняющей машины АБШУ-1 основе СВЧ-влагомера «Микрорадар 113м» разработана специалистами «Микрорадар-сервис» и БГАТУ с использованием ЭВМ, современных технических средств контроля и регулирования, а также современного программного обеспечения, что позволяет поддерживать точность регулирования влажности зерна при увлажнении на высоком уровне, что в свою очередь обеспечивает более высокую производительность, снижение потерь и повышение качества конечного продукта. Все элементы системы соответствуют современным техническим требованиям. Потребителями данной системы являются мукомольные заводы.

Проведем оценку конкурентоспособности данной научно-технической продукции. Конкурентом разработанной продукции является СУЗ перед помолот, разработанная ВНИИ зерна (г. Москва).

Таблица 1 Расчет уровня параметров конкурентоспособности продукции

Показатели конкурентоспособности товара	Идеальный товар Р100	Создаваемый товар Р	Товарный конкурент Р'
1.Интенсивность отказа датчиков, 10 1/ч	14	14	15
2.Интенсивность отказа вторичных приборов, 10 1/ч	0,4	0,7	1,2
3.Производительность линии, кг/ч	7000	6000	5000
4.Срок службы, лет	10	10	10
5.Количество обслуживающего персонала	1	3	9

Расчет единичных показателей конкурентоспособности:

$$\begin{aligned} K'_1 &= 14/15 = 0,93 & K_1 &= 14/14 = 1 \\ K'_2 &= 0,4/1,2 = 0,33 & K_2 &= 0,4/0,7 = 0,57 \\ K'_3 &= 5000/7000 = 0,71 & K_3 &= 6000/7000 = 0,86 \\ K'_4 &= 6/10 = 0,6 & K_4 &= 10/10 = 1 \\ K'_5 &= 1/9 = 0,11 & K_5 &= 1/3 = 0,33 \end{aligned}$$

Значимость каждого параметра определяется с помощью экспертных оценок: $a_1=5$
 $a_2=3$ $a_3=4$ $a_4=1$ $a_5=2$

Расчет обобщающего коэффициента конкурентоспособности:

$$\begin{aligned} K_{обоб} &= K_1 \times a_1 + K_2 \times a_2 + K_3 \times a_3 + K_4 \times a_4 + K_5 \times a_5 \\ K'_{обоб} &= K'_1 \times a_1 + K'_2 \times a_2 + K'_3 \times a_3 + K'_4 \times a_4 + K'_5 \times a_5 \\ K_{обоб} &= 1 \times 5 + 0,57 \times 3 + 0,86 \times 4 + 1 \times 1 + 0,33 \times 2 = 11,81 \\ K'_{обоб} &= 0,93 \times 5 + 0,33 \times 3 + 0,71 \times 4 + 0,6 \times 1 + 0,11 \times 2 = 9,3 \end{aligned}$$

Расчет показателя конкурентоспособности:

$$K_k = K_{обоб} / K'_{обоб} = 11,81/9,3 = 1,26$$

Сравнивая обобщающие показатели, можно сделать вывод о конкурентоспособности товара. Так как $K_k > 1$, то разрабатываемая научно-техническая продукция обладает достаточно высокой конкурентоспособностью.

Расчёт текущих затрат.

Производительность линии:

$$B = 6000 \times 4785 = 28\,710\,000 \text{ кг/год,}$$

где 6000-производительность линии (кг/ч); 4785-годовой фонд рабочего времени (ч).

Годовое количество брака (0,3%): 86,130 т/год.

Себестоимость 1 т. зерна: 593,0 тыс.руб.

Затраты на выпуск брака:

$$86,130 \times 593,0 = 51075,1 \text{ тыс.руб.}$$

Затраты на воду:

$$400 \times 4785 \times 1,2 = 2296,8 \text{ тыс руб}$$

где 400 - расход воды (л/час); 1,2 - цена 1л воды (руб.).

Затраты на электроэнергию:

$$20 \times 28710 \times 229,7 = 131893,7 \text{ тыс руб.}$$

где 20 - удельный расход электроэнергии на 1т продукции (кВт×ч); 28710 - производительность линии (т/год); 229,7 - цена 1кВт×ч энергии (руб.).

Затраты на зарплату:

$$(2 \times 172,9 + 1 \times 167,3) \times 3 \times 2920 = 4494,8 \text{ тыс руб.,}$$

где 2 - количество рабочих V разряда (чел); 172,9 - часовая тарифная ставка рабочего V разряда (руб.); 1 - количество рабочих IV разряда (чел); 167,3- часовая тарифная ставка рабочего IV разряда (руб.); 2920 - годовой фонд рабочего времени (час.).

Затраты на социальные нужды (35,4%):

$$4494,8 \times 0,354 = 1591,2 \text{ тыс.руб.}$$

Затраты на спецодежду:

$$16000 \times 9 = 144 \text{ тыс руб.,}$$

где 9 - количество рабочих (чел.); 1 - количество комплектов в год (шт.); 16000 - цена одного комплекта (руб.).

Таблица 2 Эффективность работы мельничного оборудования без автоматизированной системы увлажнения зерна и с АСУЗ на базе влагомера «Микрорадар 113м»

Мука	Базовый вариант	Предлагаемый вариант	Себестоимость	Цена, тыс. руб/кг
Высший сорт	48%	53,5 %	803,5	925
Первый сорт	25%	25,45 %	642,8	693
Отруби	22 %	21,05%	160,7	168,7
Отходы	5 %			

Затраты на амортизацию не учитываются, т.к. оборудование исчерпало свой срок службы.

Итого затрат по базовому варианту

$$51075,1+2296,8+131893,7+4494,8+1591,2+144=191495 \text{ тыс.руб}$$

Расчёт прибыли от реализации продукции.

Найдём прибыль от внедрения системы увлажнения зерна на базе влагомера «Микро-радар 113м», как разность текущих затрат базового и проектируемого вариантов:

$$191495 - 157241,2 = 34253,8 \text{ тыс.руб.}$$

Конечный продукт мукомольного завода - мука сортового помола пшеницы. При внедрении системы автоматизации стабилизации увлажнения зерна, повышается выход муки высших сортов (высший сортов среднем на 5,5%, первый - на 0,15), а также увеличивается объем выпускаемой продукции (на 5,0%). Преимущество внедряемой системы заключается в том, что её применение позволяет побороть *т.н.* эффект «боязни воды», когда оператор-технолог умышленно занижал необходимое значение влажности на 0,3-0,5%, а, следовательно, и снижался общий объем выпуска продукции. В *таблице 3* приведены данные по результатам *опытно-промышленной* эксплуатации влагомера «Микро-радар 113» на Речицком комбинате хлебопродуктов с производительностью двух увлажняющих машин 2×6000 кг/ч и мельничного оборудования 250 т/сутки.

Рассчитаем прибыль от реализации продукции по базовому варианту:

$$Пб = (925 - 803,5) \times 120 + (693 - 642,8) \times 62,5 + (168,7 - 160,7) \times 55 = 18157,5 \text{ тыс.руб./сутки}$$

Рассчитаем прибыль от реализации продукции по проектируемому варианту:

$$Пп = (925 - 803,5) \times 133,7 + (693 - 642,8) \times 63,625 + (168,7 - 160,7) \times 52,625 = 19865,6 \text{ тыс.руб./сутки}$$

Прирост прибыли:

$$П = (Пп - Пб) \times 335 + 34253,8 = (1708,1) \times 335 + 34253,8 = 606467,3 \text{ тыс. руб.}$$

где 335 – количество рабочих дней в году ; 4253,8 – разность между текущими затратами базового и проектируемого вариантов(тыс.руб.)

Проектируемый вариант

Производительность линии:

$$В = 6000 \times 4785 = 28710000 \text{ кг/год,}$$

где 6000 – производительность линии (кг/ч); 4785 – годовой фонд рабочего времени (час).

Годовое количество брака (0,1%) 28710 кг/год

Себестоимость 1 тонны зерна (пшеница) 593,0 тыс.руб.

Затраты на выпуск брака: $28,710 \times 593,0 = 17025,03 \text{ тыс.руб.}$

Затраты на воду:

$$360 \times 4785 \times 1,2 = 2067,12 \text{ тыс. руб.}$$

где 360 – расход воды (л/час); 1,2 – цена 1л воды (руб.)

Затраты на электроэнергию:

$$17 \times 28710 \times 229,7 = 112109,7 \text{ тыс. руб.}$$

где 17 – удельный расход электроэнергии на 1т продукции (кВт*ч); 28710 - производительность линии (т/год); 229,7 - цена 1кВт*ч энергии, (руб.).

Затраты на зарплату:

$$(1 \times 172,9 + 1 \times 167,3) \times 2920 = 661,4 \text{ тыс. руб.,}$$

где 1 - количество рабочих V разряда (чел); 172,9 - часовая тарифная ставка рабочего V разряда (руб.); 1 - количество рабочих IV разряда (чел); 167,3- часовая тарифная ставка рабочего IV разряда (руб.); 2920 - годовой фонд рабочего времени (час.).

Затраты на социальные нужды (35,4%): $661,4 \times 0,354 = 234,1 \text{ тыс.руб.}$

Затраты на спецодежду:

$$3 \times 1 \times 16 = 48 \text{ тыс.руб.}$$

где 3-количество рабочих (чел); 1- количество комплектов в год (шт); 16 – цена одного комплекта (тыс.руб).

Затраты на амортизацию (11,8% от стоимости средств КИПиА):

$42700 \times 0,118 = 5039$ тыс.руб.

Затраты на ремонт нового оборудования (3,4% от стоимости средств КИПиА):
 $42700 \times 0,034\% = 1451,8$ тыс.руб.

Итого текущих затрат по проектируемому варианту:

$17025,03 + 2067,12 + 112109,7 + 661,4 + 234,1 + 48 + 5039 + 1451,8 = 157241,2$ тыс.руб.

Конечный продукт мукомольного завода - мука сортового помола пшеницы. При внедрении системы автоматизации стабилизации увлажнения зерна, по данным компании «Текон», повышается выход муки высших сортов (высший сортов среднем на 5,5%, первый - на 0,15), а также увеличивается объем выпускаемой продукции (на 5,0%). Преимущество внедряемой системы заключается в том, что её применение позволяет побороть т.н. эффект «боязни воды», когда оператор-технолог умышленно занижал необходимое значение влажности на 0,3-0,5%, а, следовательно, и снижался общий объем выпуска продукции. В таблице приведены данные по результатам промышленной эксплуатации системы доувлажнения компании «Текон» (РФ) на базе двух влагомеров «Микрорадар 113» на комбинате хлебопродуктов с производительностью двух увлажняющих машин 2×6000 кг/час и мельничного оборудования 250 т/сутки.

Таблица Эффективность работы мельничного оборудования без автоматизированной системы увлажнения зерна (базовый вариант) и с АСУЗ на базе «Микрорадар 113м»

Рассчитаем прибыль от реализации продукции по базовому варианту:

$П_{баз} = (925 - 803,5) \times 120 + (693 - 642,8) \times 62,5 + (168,7 - 160,7) \times 55 = 18157,5$ тыс.руб./сут.

Рассчитаем прибыль от реализации продукции по проектируемому варианту:

$П_{пр} = (925 - 803,5) \times 133,75 + (693 - 642,8) \times 63,625 + (168,7 - 160,7) \times 52,625 = 19865,6$ тыс.руб./сут

Мука	Базовый вариант	Предлагаемый вариант	Себестоимость, тыс. руб/т	Цена, тыс. руб/т
Высший сорт	48% (120 т)	53,5 % (133,75т)	803,5	925
Первый сорт	25% (62,5 т)	25,45 % (63,625т)	642,8	693
Отруби	22 % (55 т)	21,05% (52,625т)	160,7	168,7
Отходы	5 %			

Прирост прибыли:

$П = (П_{проект} - П_{баз}) \times 335 + 34253,8 = (1708,1) \times 335 + 34253,8 = 606467,3$ тыс. руб.

УДК 635.21.077:621.635

РЕСУРСОБЕРЕГАЮЩИЙ СПОСОБ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

Дубодел И. Б., к.т.н., доцент, Кардашов П. В., к.т.н., доцент,
Харитончик Е. А., магистрант

УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»
г. Минск, РБ

Отходы мясокомбинатов содержат значительное количество белков, витаминов, минеральных веществ и т.д., которые можно использовать для дальнейшей переработки.

Методы очистки сточных вод разделяют на механические, химические, физико – химические, биологические и комбинированные. Применение того или иного метода в каждом конкретном случае определяется характером загрязнения и степенью примесей.

Механический метод очистки сточных вод включает: отстаивание и фильтрацию. Основные его недостатки:

- как низкая степень очистки;
- невозможность очистки воды от органических соединений, растворенных в ней.

Химический метод очистки сточных вод состоит в применении специальных химических реагентов, благодаря которым имеющиеся загрязнения переходят в нерастворимые осадки. Основными недостатками метода являются:

- низкая фильтрация очищаемых сточных вод;
- высокая стоимость используемых реагентов.

Биологический метод очистки сточных вод заключается в использовании особых бактерий требующихся для минерализации загрязнений. При этом загрязнения распадаются на абсолютно безвредные для здоровья человека компоненты.

В настоящее время наиболее эффективными являются физико-химические методы, к которым относят электрокоагуляцию.

Электрокоагуляцию применяют так же в системах локальной очистки сточных вод от масел, нефтепродуктов, некоторых полимеров, соединений хрома и других тяжелых металлов. Она находит применение в процессах осветления, обесцвечивания, обеззараживания и умягчения воды в системах водоподготовки.

В настоящее время очистка сточных вод электрокоагуляцией основана на их электролизе с использованием стальных или алюминиевых анодов, подвергающихся электролитическому растворению.

Наряду с этим, прохождение электрического тока большой плотности через обрабатываемую воду, обуславливает высокую бактерицидную эффективность процесса. Высвободившийся кислород (в дополнение к кислороду, образующемуся на аноде) не только насыщает воду ионами кислорода, но и является одной из мощных составляющих по обеззараживанию воды.

Практически полное обеззараживание происходит уже в первые несколько секунд работы. Дополнительно эффект обеззараживания достигается интенсивным поступлением в среду атомарного кислорода, бурно выделяющегося в результате электролиза воды. Достоинства электрокоагуляции в сравнении с другими методами заключаются в:

- компактности установок и простоте управления;
- отсутствие потребности в реагентах;
- малая чувствительность к изменениям условий проведения процесса очистки (температура, pH среды, присутствие токсичных веществ);
- низкое потребление электроэнергии;
- дешёвое эксплуатационное обслуживание;
- высокая степень очистки и обеззараживания;
- получение шлама с хорошими структурно-механическими свойствами;
- относительно невысокая стоимость установки;
- возможность получения сырья для производства кормовых материалов животным;
- сохранение необходимых питательных веществ для дальнейшего производства кормов, во время переработки.

Однако, недостатками этого способа электрокоагуляции является износ анода, требующий периодической замены, неполный выход белков.

Предлагаемый нами способ электрокоагуляции, состоящий в обработке сточных вод в камере, разделённой мембранной перегородкой. При протекании электрического тока между электродами через мембрану и сточные воды формируются катодная и анодная зона с ионами униполярного знака, изменяется pH-среды и электрокинетический потенциал белковых молекул, которые достигая изoeлектрической точки, выпадают в осадок.

ПОВЫШЕНИЕ ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТИ В ЖИЛИЩНОМ СЕКТОРЕ

Федорчук А.И., Андруш В.Г. кандидаты технических наук, доценты
*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,
г. Минск, Республика Беларусь*

Для повышения уровня электробезопасности в жилищном секторе целесообразно применение дифференциальных устройств защитного отключения (УЗО), а в домах коттеджного типа также системы уравнивания потенциалов.

При использовании УЗО существует два основных варианта его монтажа. Первый – одно УЗО на все жилище с током срабатывания 30 мА. К плюсам такого решения следует отнести невысокую цену устройства, а также то, что УЗО не будет занимать много места. К недостаткам данного варианта относится то, что в этом случае трудно определить, на какой из существующих линий произошла утечка тока, а также то, что при срабатывании устройства вся квартира остается без электропитания.

Второй вариант – установка нескольких дополнительных УЗО, например, одно УЗО на розеточную линию с уставкой 30 мА и отдельные УЗО на 10 мА на другие линии (например, на линии, питающие стиральную машину, электроплиту и «теплые» полы). По сравнению с предыдущим, это более современный вариант, поскольку при возникновении какой-либо проблемы с электропроводкой или электроприборами будет отключаться только соответствующая линия, а не вся квартира. Недостатки данной системы – более высокие затраты и необходимость иметь значительно больше свободного места. Более чем одно УЗО, как правило, удастся установить лишь в индивидуальный внутриквартирный щиток, специально спроектированный для этих целей. В обычном щитке на лестничной площадке для этого, как правило, не хватает места.

При использовании данного варианта рядом с автоматическим выключателем, защищающим весь дом, устанавливается так называемое селективное УЗО типа S, время срабатывания которого составляет 0,3-0,5 с. Более длительное время срабатывания даст возможность среагировать на возникшую утечку и отключиться устройствам первой линии, защищающим отдельные электроприборы или линии дома (квартиры). Только в случае если они не сработают, оно отключит всю схему электроснабжения целиком.

В некоторых случаях установка УЗО нецелесообразна при наличии старой ветхой проводки в помещении. В данной ситуации свойство УЗО обнаруживать утечку тока может вызвать ряд проблем из-за ложного срабатывания. Поэтому в данном случае рекомендуется установка в местах с повышенной опасностью розеток со встроеным УЗО.

В наших домах встречаются так называемые «евророзетки» с заземляющим контактом, однако, часто он никуда не подсоединен, и к электроприборам ведут только два провода фазный и PEN-проводник (служащий одновременно и нулевым, и защитным). Возникает вопрос, а смогут ли выключатели дифференциального тока спасти человека при такой схеме электропитания (система TN-C).

Как известно, УЗО сравнивает токи, текущие по двум проводам к потребителю и от него. Когда, скажем, наш холодильник или другой прибор исправен, их величины равны, и все работает нормально. Но вот произошел пробой на корпус (а он у нас не заземлен). Утечка не возникает – токи все равно остаются одинаковыми, однако, на корпусе появляется опасный потенциал. В этом случае человек, коснувшись одновременно холодильника и радиатора центрального отопления или водопроводной арматуры, получит ощутимый удар и одновременно откроет путь току на землю. Если УЗО сработает – все останутся живы, отделавшись испугом, а вот без защитного устройства последствия будут гораздо серьезнее.

Избавить себя от острых ощущений можно, подключив отдельную заземляющую (зануляющую) шину (проводник РЕ). В такой схеме УЗО разорвет цепь уже тогда, когда появится напряжение на корпусе холодильника.

В жилых зданиях не допускается применять УЗО, автоматически отключающие потребителя от сети при кратковременном исчезновении или недопустимом падении напряжения сети. При этом УЗО должно сохранять работоспособность на время не менее 5 с при снижении напряжения до 50 % номинального. В жилых зданиях целесообразно применяться УЗО типа «А», реагирующие не только на переменные, но и на пульсирующие токи повреждений. Источником пульсирующего тока являются, например, стиральные машины с регуляторами скорости, регулируемые источники света, телевизоры, видеомagnetофоны, персональные компьютеры и др.

При применении защитного автоматического отключения питания в индивидуальных жилых домах коттеджного типа должна быть выполнена основная система уравнивания потенциалов, а при необходимости также дополнительная система уравнивания потенциалов.

Основная система уравнивания потенциалов в электроустановках до 1 кВ должна соединять между собой следующие проводящие части (рисунок):

- 1) нулевой защитный РЕ – проводник;
 - 2) заземляющий проводник, присоединенный к заземлителю повторного заземления на вводе в здание (если есть заземлитель);
 - 3) металлические трубы коммуникаций, входящих в здание: горячего и холодного водоснабжения, канализации, отопления, газоснабжения и т.п.; если трубопровод газоснабжения имеет изолирующую вставку на вводе в здание, к основной системе уравнивания потенциалов присоединяется только та часть трубопровода, которая находится относительно изолирующей вставки со стороны здания;
 - 4) металлические части каркаса здания;
 - 5) металлические части централизованных систем вентиляции и кондиционирования.
- При наличии децентрализованных систем вентиляции и кондиционирования металлические воздуховоды следует присоединять к шине РЕ щитов питания вентиляторов и кондиционеров;
- 6) заземляющее устройство системы молниезащиты 2-й и 3-й категорий;
 - 7) заземляющий проводник функционального (рабочего) заземления, если такое имеется и отсутствуют ограничения на присоединение сети рабочего заземления к заземляющему устройству защитного заземления;
 - 8) металлические оболочки телекоммуникационных кабелей.

Проводящие части, входящие в здание извне, должны быть соединены как можно ближе к точке их ввода в здание.

Для соединения с основной системой уравнивания потенциалов все указанные части должны быть присоединены к главной заземляющей шине при помощи проводников системы уравнивания потенциалов.

Система дополнительного уравнивания потенциалов должна соединять между собой все одновременно доступные прикосновению открытые проводящие части стационарного электрооборудования и сторонние проводящие части, включая доступные прикосновению металлические части строительных конструкций здания, а также нулевые защитные проводники, включая защитные проводники штепсельных розеток.

Для уравнивания потенциалов могут быть использованы специально предусмотренные проводники либо открытые и сторонние проводящие части, если они удовлетворяют требованиям к защитным проводникам в отношении проводимости и непрерывности электрической цепи.

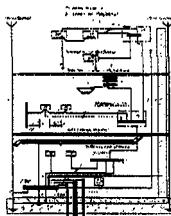


Рисунок – Система уравнивания потенциалов в здании:

М – открытая проводящая часть; *С1* – металлические трубы водопровода, входящие в здание; *С2* – металлические трубы канализации, входящие в здание; *С3* – металлические трубы газоснабжения с изолирующей вставкой на вводе, входящие в здание; *С4* – воздуховоды вентиляции и кондиционирования; *С5* – система отопления; *С6* – металлические водопроводные трубы в ванной комнате; *С7* – металлическая ванна; *С8* – сторонняя проводящая часть в пределах досягаемости от открытых проводящих частей; *С9* – арматура железобетонных конструкций; ГЗШ – главная заземляющая шина; *Т1* – естественный заземлитель; *Т2* – заземлитель молниезащиты (если имеется); *1* – нулевой защитный проводник; *2* – проводник основной системы уравнивания потенциалов; *3* – проводник дополнительной системы уравнивания потенциалов; *4* – токопровод системы молниезащиты; *5* – контур (магистраль) рабочего заземления в помещении информационного вычислительного оборудования; *6* – проводник рабочего (функционального) заземления; *7* – проводник уравнивания потенциалов в системе рабочего (функционального) заземления; *8* – заземляющий проводник.

Рекомендуется выполнять повторное заземление *РЕ* – проводников на вводе в здание. Внутри больших и многоэтажных зданий аналогичную функцию выполняет уравнивание потенциалов посредством присоединения нулевого защитного проводника к главной заземляющей шине.

ЛИТЕРАТУРА

1. П2-2000 к СНиП 2.08.01 – 98. Устройство защитного отключения (УЗО) и их применение в электроустановках жилых и общественных зданий.
2. Правила устройства электроустановок. /Минэнерго РФ 7-е изд. Раздел 1 и 7 – М.: НЦ Энас, 2000.
3. ГОСТ 30331.3 – 95. Электроустановки зданий. Требования по обеспечению безопасности. Защита от поражения электрическим током.
4. ГОСТ Р 50807 -95 Устройства защитные, управляемые дифференциальным (остаточным) током. Общие требования и методы испытаний.

УДК 631.171.621.3

СПОСОБ СОЗДАНИЯ МИКРОКЛИМАТА В ТЕПЛИЦЕ ПО ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕЙ ТЕХНОЛОГИИ

Андруш В.Г. канд. техн. наук, Цвирко Л.Ю. ст. преподаватель
УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,
г. Минск, Республика Беларусь

Затраты на обогрев теплиц традиционными способами достигают 30...40% всех эксплуатационных расходов по выращиванию овощей. Поэтому рост производства овощей сдерживается ограниченностью топливно-энергетических ресурсов.

Эффект энергосбережения в предлагаемом способе заключается в использовании тепла вентиляционных выбросов из животноводческих помещений для обогрева теплиц. Проведенные расчеты показали, что из птичника для выращивания молодняка на 60 тыс. голов

выбрасывается (в зависимости от возраста) 1, 0...6,2 МДж тепла в час, что достаточно для компенсации теплотерьер в теплице площадью 0,1 га. К тому же, при использовании вентиляционного воздуха животноводческих помещений для обогрева теплицы решается вопрос подкормки растений углекислым газом.

На рис. 1 представлена схема вентиляции теплицы при наличии солнечной радиации; на рис. 2 — то же, при отсутствии радиации.

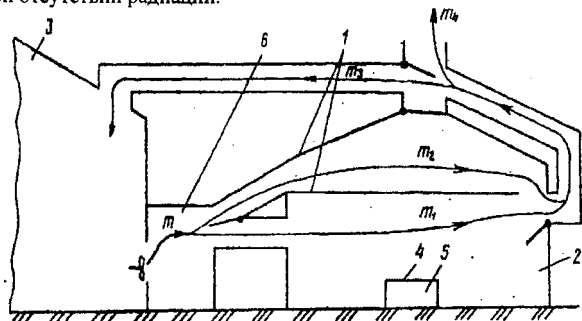


Рисунок 1 — Схема вентиляции теплицы при наличии солнечной радиации

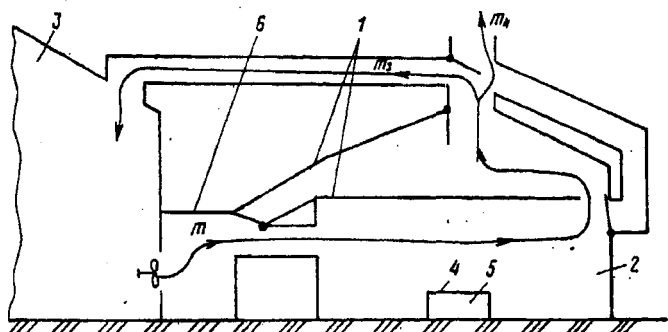


Рисунок 2 — Схема вентиляции теплицы при отсутствии радиации

Используют теплицу с двуслойным ограждением 1, в культивационную зону 2 которой подают поток воздуха из животноводческого помещения 3. в культивационной зоне 2 посредством дополнительного светопрозрачного ограждения 4 выделяют контрольную зону 5. температуру Θ_1 в контрольной зоне 5 сравнивают с температурой Θ_2 в культивационной зоне 2.

При $\Theta_1 = \Theta_2$ (дополнительный приток тепла с солнечной радиацией отсутствует) поток воздуха из животноводческого помещения 3 после прохождения через камеру 6 предварительной подготовки, где он очищается и увлажняется, последовательно пропускают через культивационную зону 2, а затем между слоями двуслойного ограждения 1 при этом наиболее полно используется тепло, содержащееся в поступающем воздухе.

При $\Theta_1 > \Theta_2$ (имеется дополнительный теплоприток с солнечной радиацией) поток воздуха массой m после прохождения через камеру 6 разделяют на два потока.

Один из потоков, масса которого m_1 выбирается равной 5-10% от общей массы m , направляют в культивационную зону 2 для подпитки растений углекислым газом, которым

обогащен поступающий воздух. Второй поток массой $m_2 = m - m_1$ направляют между слоями двухслойного ограждения 1 теплицы для создания тепловой шторы. После того, как температура Θ_2 превысит заданное значение Θ_{2s} , массу потока m_1 изменяют и устанавливают ее пропорциональной разности текущего Θ_{21} и заданного Θ_{2s} значений температур:

$$m_1 = K (\Theta_{21} - \Theta_{2s}) = K\Delta \Theta_{21},$$

где $K > 0$

Благодаря такому распределению потоков воздуха наиболее эффективно используется дополнительная тепловая энергия, поступающая с солнечной радиацией.

В обоих случаях сравнивают концентрацию p углекислого газа в отработанном воздухе и его концентрацию $p_{атм}$ в атмосфере (заданную). При условии $p > p_{атм}$ поток отработанного воздуха разделяют на два, имеющие массы m_3 , m_4 . Поток, массы которого m_3 обратно пропорциональна разности концентраций, возвращают в животноводческое помещение, в второй поток массы m_4 выбрасывают в атмосферу.

Так как отработанный воздух теплее наружного, экономится тепло на подогрев проточного воздуха животноводческого помещения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Способ создания микроклимата в теплице : авторское свидетельство № 1579481 СССР, / В.Г. Андруш, Бохон Н.И., Довбня В.К., Каряпин А.И., Муковозчик Е.С., Смаль Н.Н.; заявитель Белорусский институт механизации сельского хозяйства – № 4368725; заявл. 21.01.88; опубл. 22.03.90.
2. Максимов И.Е. Состояние и перспективы использования экозащитных систем в решении проблем отходов // Муниципальные и промышленные отходы: способы обезвреживания и вторичной переработки – аналитические обзоры. Новосибирск, 1995. серия Экология.
3. Русак В.И. Энергоэффективность: журнал – 2006. № 12 с. 6-7.

УДК 621.35 : 631.53.02

ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИ АКТИВИРОВАННЫХ РАСТВОРОВ ДЛЯ ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЯН

Кардашов П. В., к.т.н., доцент, Дубодел И. Б., к.т.н., доцент,
Козар С. А., магистрант

УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»
г. Минск, РБ

Вопросы повышения урожайности сельскохозяйственных культур имеют важное научно-практическое значение при проведении исследований в различных направлениях: от обработки почвы до выращивания специальных сортов.

Одним из важнейших этапов в растениеводстве является предпосевная обработка семян с целью ускорения их прорастания, повышения устойчивости к вирусным инфекциям, что приводит к увеличению урожайности. Для активизации процесса прорастания семян используются различные физические (температурные, ультразвуком, электрическим и магнитным полем) и химические (бактерицидные, фунгицидные, микроэлементные препараты) методы, однако большинство из них по тем или иным причинам (технологическая сложность, малоэффективность, неэкологичность) не получили широкого распространения.

Одним из наиболее перспективных методов предпосевной обработки семян является их обработка электрохимически активированными (ЭХА) растворами (анолит, католит). Опыты по использованию этих растворов для стимуляции семян самых различных культур (овощных, зерновых, масличных) проводились учеными многих учебных, научно-исследовательских, технологических и опытных учреждений сельского хозяйства. Как показали исследования, электрическая обработка анолиом и католитом дает сильные изменения динамической структуры воды. Катодная активация дает воду (католит) с упорядоченной

однородной структурой, эта вода обладает положительными биологическими свойствами. Анодная активация приводит к возникновению в воде разупорядоченной, разнородной структуры, обладающей отрицательными биологическими свойствами.

По данным различных ученых, применение ЭХА растворов в технологии выращивания сельскохозяйственных культур является экологически чистым, дешевым и доступным. При соблюдении технологии замачивания семян и полива растений, урожайность может быть повышена от 30% до 70%, за счет стимуляции их роста, развития и повышения устойчивости к почвенным патогенам. Особенно эффективно применение ЭХА растворов для повышения всхожести семян, находящихся в глубоком покое.

Таким образом, предпосевная обработка семян ЭХА растворами, на наш взгляд, является наиболее перспективным направлением повышения урожайности сельскохозяйственных культур.

УДК 631.171.621.3

СУЩНОСТЬ РАЗВИТИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕГАТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

Андруш В.Г. канд. техн. наук, Цвирко Л.Ю. ст. преподаватель
*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,
г. Минск, Республика Беларусь*

Мировой опыт планирования и реализации энергосберегающей политики имеет более чем четвертьвековую историю. Явившись ответом на резкий рост цен на мировых топливных рынках уже в 70-е годы, энергосбережение и сегодня в условиях относительной доступности цен на энергоносители остается важнейшим направлением энергетической политики многих стран мира, а также международных организаций и союзов топливно-энергетической направленности.

В области энергетики за последнюю четверть века достигнут значительный прогресс. Настоящая революция, произошедшая в западных промышленно развитых государствах под лозунгом «Энергоэффективность», внушила уверенность в возможности относительно легкого удовлетворения энергетических потребностей человечества в соответствии с критериями устойчивого развития.

Рациональное использование и экономное расходование ресурсов органического топлива (уголь, нефть, природный газ), повышение эффективности конечного потребления энергии во всех секторах экономики, развитие возобновляемых источников энергии (биомассы, гидроэлектроэнергии, солнечной энергии, энергии ветра и геотермальной энергии и других источников) – все это, вместе взятое, может обеспечить потребности человечества в энергии и, следовательно, его устойчивое развитие в глобальном масштабе.

Одной из основ промышленной цивилизации всегда было крупномасштабное и все возрастающее потребление энергии как в области производства продукции, так и в сфере их потребления. В некоторых странах негативное воздействие на окружающую природу, на человека и здоровье, вызванное производством и потреблением энергии, достигло угрожающего уровня.

Производство энергии и ее использование связано с существующими проблемами и ограничениями:

1. опасностью для окружающей среды;
2. загрязнение воздуха и воды, образование отходов, аварии;
3. отчуждение земель и нарушение ландшафта, деградация почв, опустынивание и т.д.;
4. необходимостью в крупных национальных и зарубежных инвестициях для обеспечения требуемых объемов национального производства или импорта энергоносителей;

5. политическими рисками, связанными со стратегической, геополитической и военной значимостью определенных источников энергии.

Несмотря на весьма существенное замедление с середины 70-х годов темпов роста энергопотребления в промышленно развитых странах, при сохранении существующей динамики к 2030 г. энергопотребление в мире удвоится. Недостаток относительно лёгко доступных энергетических ресурсов, их концентрация в определенных географических зонах, увеличение стоимости энергоносителей и использование все более опасных видов энергии могут вызывать либо кризисные ситуации и экологические катастрофы, либо замедлить или остановить развитие большей части мира.

Ограничения, связанные с охраной окружающей среды, в сочетании с экономическими и политическими ограничениями в области энергообеспечения существенно влияют на определение стратегии устойчивого развития, то есть стратегии обеспечения необходимого качества жизни всех ныне живущих жителей земли и будущих поколений и минимизации опасности для окружающей среды, экономических и социальных издержек, связанных с производством и потреблением энергии. Это и есть то, что мы называем стратегией энергосбережения.

Такая стратегия основана, прежде всего, на серьезном пересмотре самой концепции потребности в энергии. Идея состоит в том, что достижение определенного уровня общественного развития может обеспечиваться с использованием значительно меньшего количества энергии, чем в настоящее время, при общих издержках также значительно ниже сегодняшних уровней. Это утверждение справедливо даже для стран, использующих самые передовые технологии и располагающие наиболее эффективной экономикой.

Энергосбережение – это фактор экономического развития, на практике показавший, что во многих случаях дешевле осуществить меры по экономии энергии или вообще избежать ее использование, чем увеличить ее производство. Это означает, что финансовые ресурсы, предназначенные для расширения производства энергии (например, строительства новой электростанции), или увеличение импорта энергии (что требует значительных валютных средств), могли бы быть направлены на другие виды деятельности, например, на повышение уровня жизни, комфорта, на развитие транспорта, строительство больниц.

Помимо такого глобального эффекта от высвобождения значительных финансовых ресурсов, весьма велико и непосредственное влияние роста эффективности использования энергии на производственную деятельность в плане повышения продуктивности и конкурентоспособности промышленности. Следует учитывать и тот факт, что развитие национального производства передового энергетически эффективного оборудования позволит выйти с таким оборудованием на зарубежные рынки.

Выгоды от повышения энергетической эффективности для окружающей среды очевидны: энергия, которая приносит наименьший вред окружающей среде, – это та энергия, которую не только не надо потреблять, но и не надо производить. В каждом случае, когда ее потребление для определенных целей будет уменьшаться (за счет улучшения теплоизоляции жилищ, повышения КПД двигателей и т.п.), выбросы загрязняющих веществ будут автоматически сокращаться в соответствующей пропорции. Это обычный и, надо признать, совершенно справедливый аргумент используется, когда для достижения такого же уровня освещения вместо ламп накаливания рекламируется использование компактных флуоресцентных ламп, благодаря чему существенно сокращается эмиссия SO₂, CO₂ или образование радиоактивных отходов.

Повышение эффективности использования топлива и энергии является самым дешевым путем защиты окружающей среды. Кроме того, польза, приносимая окружающей среде, – это бесплатная награда (по сравнению, к примеру, с затратами на меры, специально реализуемые для защиты окружающей среды и контролю за загрязнением). Поэтому энергосберегающие мероприятия должны занимать приоритетное место в государственной экологической политике.

Стратегия эффективного использования энергии – это не подстройка к энергетической политике, а новая концепция в экономической политике. Эта концепция учитывает издержки, связанные с нарушением окружающей среды, и пытается уменьшить возможную опасность его прогрессирования, повысить эффективность экономики на национальном и международном уровнях. Национальные стратегии энергосбережения должны составлять интегральную часть экономических стратегий, обеспечивающих сохранность природной среды и устойчивое развитие общества.

При реализации технологического потенциала энергосбережения ряд экспертов выделяет 3 категории энергосберегающих мероприятий:

- малозатратные мероприятия, которые сводятся к наведению порядка при использовании топлива и энергии: устранение потерь энергоносителей при транспорте и хранении, соблюдение энергоэкономичных технологических режимов, замена энергооборудования избыточной мощности, оснащение потребителей счетчиками энергоносителей и т.п.
- капиталоемкие мероприятия, требующие значительных целевых инвестиций и осуществляемые только если эффект от энергосбережения в приемлемые сроки окупит затраты на их реализацию;
- сопутствующие мероприятия, выполняемые в процессе технического перевооружения отраслей народного хозяйства, когда энергосбережение структуры используемых материалов, технологий и конечных продуктов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Способ создания микроклимата в теплице : авторское свидетельство № 1579481 СССР, / В.Г. Андруш, Бохон Н.И., Довбня В.К., Каряпин А.И., Муковозчик Е.С., Смаль Н.Н.; заявитель Белорусский институт механизации сельского хозяйства – № 4368725; заявл. 21.01.88 ; опубл. 22.03.90.
2. Максимов И.Е. Состояние и перспективы использования экозащитных систем в решении проблем отходов // Муниципальные и промышленные отходы: способы обезвреживания и вторичной переработки – аналитические обзоры. Новосибирск, 1995. серия Экология.
3. Русак В.И. Энергоэффективность: журнал – 2006. № 12 с. 6-7.

УДК 664.726(043)

БИФИЛЯРНАЯ ОБМОТКА ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОГО СЕПАРАТОРА СЕМЯН

Лагутин А.Е., к.т.н., Яровский Д.М., магистрант

*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,
Минск, Беларусь*

Продовольственная безопасность Беларуси зависит от эффективности зернового хозяйства страны. Улучшение качества зерна и рациональное его использование на современном этапе – основа экономического развития сельскохозяйственного производства.

Любая партия семян неоднородна по физико-механическим свойствам, химическому составу и физиологическому состоянию. Не все семена к моменту сборки созревают, до 40% семян в полевых условиях не прорастают, а значительная их часть дает редкие всходы и экологически не устойчива [1]. Использование низкокачественного посевного материала приводит к его перерасходу, снижается урожайность и качество продукции, повышаются трудозатраты при возделывании сельскохозяйственных структур. Для устранения негативных аспектов неоднородности семян и зерна в партии необходимо, чтобы зерно и семена были более однородными по физиологическому состоянию и более выровненными по физико-механическим свойствам.

Существующие методы и технические средства сепарации, в которых реализуется принцип разделения только по механическим свойствам, не обеспечивают отбор биологически ценных семян. Основываясь на различии в величине электрической силы, обусловленной

поляризацией семян при помещении их в неоднородное электрическое поле, создаваемое разноименными заряженными электродами, предлагается отбор биологически ценных семян зерновых культур осуществлять на диэлектрическом сепараторе с цилиндрическими рабочими органами, на поверхности которых укладывается бифилярная обмотка [2].

Научная задача по созданию диэлектрического сепаратора с цилиндрическими рабочими органами решается с позиции системного подхода при использовании теории электромагнитного поля, методов математического моделирования и статистики. Процесс отбора биологически ценных семян необходимо рассматривать как единую систему взаимодействия трех элементов – поляризации семян, бифилярной обмотки, создающей неоднородное поле и обеспечивающей поляризацию семян, технологических параметров процесса сепарации.

Для выполнения в полном объеме исследований разработана структурно-логическая схема (рисунок 1).

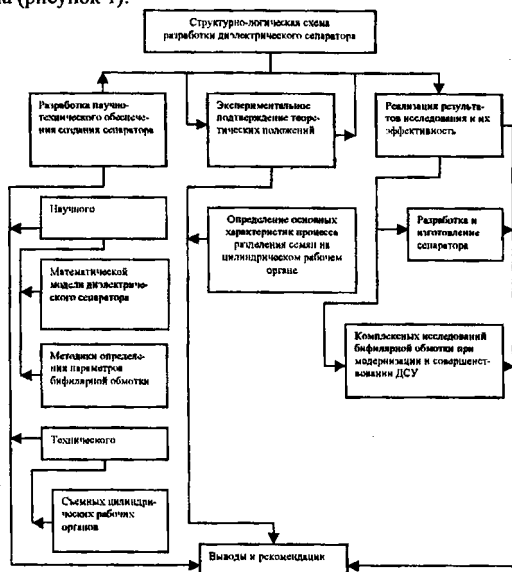


Рисунок 1 – Структурно-логическая схема разработки диэлектрического сепаратора

Она определяет последовательность выполнения комплексных исследований бифилярной обмотки, устанавливаемой на цилиндрическом рабочем органе, как основы создания диэлектрического сепаратора для отбора биологически ценных семян зерновых культур пшеницы, ячменя, ржи, овса.

Электрическая емкость бифилярной обмотки является одним из важных параметров, определяющих и вызывающих основные электрофизические процессы в цепи питания диэлектрического сепаратора. Полученные формулы для определения емкости бифилярной обмотки позволили установить, что она возрастает с ростом числа витков, диаметра и длины проводов обмотки, диэлектрической проницаемости изоляции проводов. С ростом же межвиткового расстояния и толщины изоляции проводов электроемкость бифилярной обмотки убывает (1).

Если бифилярная обмотка уложена на токопроводящем каркасе, то электроемкость такого рабочего органа может вдвое возрасти в сравнении с электроемкостью бифилярной обмотки, уложенной на изоляционном каркасе. Электрическая емкость бифилярной обмотки

рабочего органа сепаратора загруженного семенами для случая, когда обмотка уложена на изоляционном каркасе, равна, Ф

$$C_n = \frac{\sqrt{2} \cdot \pi^2 \cdot R \cdot \varepsilon_{\text{жн}}}{\sqrt{\frac{d}{2r} - 1}} \left(\frac{L}{2r + 2a} - 1 \right) \quad (1)$$

Линейную (τ) и поверхностную (τ_s) плотности зарядов на бифилярной обмотки можно найти по формулам

$$\tau = \frac{2 \cdot Q_n}{N \cdot l} = \frac{\sqrt{2} \cdot U \cdot \pi \cdot \varepsilon_{\text{жн}}}{\sqrt{\frac{d}{2r} - 1}}, \text{ Кл/м}, \quad (2)$$

$$\tau_s = \frac{2Q_n}{N \cdot l \cdot d\pi} = \frac{\sqrt{2} \cdot U \cdot \varepsilon_{\text{жн}}}{d \sqrt{\frac{d}{2r} - 1}}, \text{ Кл/м}^2, \quad (3)$$

где N – количество витков бифилярной обмотки; $l = 2\pi R$ – длина одного витка бифилярной обмотки, м; $d = 2a + 2r$ – диаметр провода, м; a – толщина изоляции, м; r – радиус тонкопроводящей жилы, м; $\varepsilon_{\text{жн}}$ – эквивалентная диэлектрическая проницаемость зерновой массы, воздушного пространства и межэлектродной изоляции, Ф/м; R – радиус цилиндрического рабочего каркаса, м; L – длина рабочего каркаса, м; U – напряжение, подводимое к бифилярной обмотке, В; Q_n – заряд на бифилярной обмотке, Кл.

Общая емкость рабочего органа складывается из емкости, зависящей от конструктивных параметров бифилярной обмотки и материала, из которого изготовлен каркас рабочего органа (постоянная составляющая), и емкости, зависящей от качества и количества поступающего на рабочий орган сепарируемого материала (переменная составляющая). При проектировании рабочих органов диэлектрических сепарирующих устройств надо стремиться, чтобы постоянная составляющая электроемкости была бы минимальной. Из формул (2) и (3) следует, что линейная и поверхностная плотности зарядов на проводах бифилярной обмотки пропорциональны подводимому напряжению, эквивалентной диэлектрической проницаемости зерновой массы, воздушного пространства и межэлектродной изоляции ($\varepsilon_{\text{жн}}$). С ростом межвиткового (межэлектродного) расстояния и толщины изоляции плотность зарядов на проводах бифилярной обмотки убывает. Линейная плотность зарядов не зависит ни от числа витков, ни от длины бифилярной обмотки. Поэтому рабочий орган, на котором уложена бифилярная обмотка, в процессе работы сепаратора оказывает на семена селективное силовое воздействие. Оно обусловлено только емкостью, создаваемой системой – электрод-зерно-электрод, которая при постоянных параметрах бифилярной обмотки определяется, главным образом, качеством семян.

Установлено, что поляризационная сила F , действующая на зерно, пропорциональна квадрату напряжения и первой производной от емкости, взятой по элементу перемещения зерна, т. е. чем больше изменение электроемкости системы электрод-зерно-электрод при перемещении зерна к электродам, тем большую работу выполняет источник напряжения, и тем большее усилие, надо приложить, чтобы отделить зерно от электродов. При выборе проводов для бифилярной обмотки (диаметр проводов, толщина и диэлектрическая проницаемость изоляции) надо стремиться, чтобы емкость, образованная зерном и проводами бифилярной обмотки, была бы наибольшей. В этом случае поляризационная сила F , действующая на зерно, при всех равных условиях, будет наибольшей, а режим сепарации – энергоэкономичным.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лубников, С.И. Определение разнокачественности семян методом диэлектрического фракционирования [Текст] / С.И. Лубников / Автореферат диссертации на соискание ученой степени к.т.н. – М.: – 2001. – 24 с.

2. Лагутин, А.Е. Возможности диэлектрического метода сепарирования для отбора биологически ценных семян сельскохозяйственных культур [Текст] / А.Е. Лагутин, Е.А. Горюшечная // Межд. научн.-практ. конф. «Современная сельскохозяйственная техника: исследование, проектирование, применение». – 26-28 мая 2010. – Минск. – Ч.1. – С. 44-46.

УДК 664.7.087

СВЕРХВЫСОКОЧАСТОТНОЕ КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ КАК СПОСОБ ОБРАБОТКИ ЗЕРНА ПЕРЕД ПОМОЛОМ

Басюк Е.И. аспирант, **Лисовский В.В.** к.т.н., доц.

*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,
г. Минск, Республика Беларусь*

В последние годы во многих отраслях хозяйства все шире применяются СВЧ-технологии, ускоряя научно-технический прогресс, повышая эффективность и качество производства. Возможности СВЧ-технологии значительно сокращают издержки производства, тем самым минимизируют себестоимость выпускаемой продукции.

Появлению новых областей применения мощной СВЧ электроники способствует ряд специфических свойств электромагнитных колебаний этого диапазона частот, которые позволяют создать неосуществимые ранее технологические процессы или значительно их улучшить. Все более широкое применение получают нагрев и сушка с помощью СВЧ различных материалов, в частности приготовление пищи, пастеризация молока и т.п.

СВЧ-технологии также применимы и к мукомольной промышленности, где для подготовки зерна к помолу используют холодный, горячий и скоростной методы кондиционирования.

Интенсификация влагопереноса в перечисленных методах кондиционирования усиливается за счет использования тепловой энергии (подогрев воды или зерна). Это сокращает время подготовки зерна к помолу и обеспечивает лучшие хлебопекарные свойства муки [1].

Нагрев энергией СВЧ-поля обладает рядом преимуществ:

- тепловая безынерционность, т.е. возможность практически мгновенного включения и выключения теплового воздействия на обрабатываемый материал. Отсюда высокая точность регулировки процесса нагрева и его воспроизводимость.

- достоинством СВЧ нагрева является также принципиально высокий КПД преобразования СВЧ энергии в тепловую, выделяемую в объеме нагреваемых тел. Теоретическое значение этого КПД близко к 100%.

- тепловые потери в подводящих трактах обычно невелики, и стенки волноводов и рабочих камер остаются практически холодными, что создает комфортные условия для обслуживающего персонала.

- важным преимуществом СВЧ нагрева является возможность осуществления и практического применения новых необычных видов нагрева, например избирательного, равномерного, сверхчистого, саморегулирующегося.

- СВЧ - нагрев является экологически чистым методом, поскольку при его использовании отсутствуют какие-либо продукты сгорания.

- Легкость, с которой СВЧ - энергия преобразуется в тепло, позволяет получить очень высокие скорости нагрева, при этом в материале не возникает разрушающих электрических нагрузок.

- СВЧ - энергия обладает высоким бактерицидным действием.

Согласно современным представлениям вода в нормальных условиях ($T = 20^{\circ}\text{C}$, $P = 1 \text{ атм.}$) и при отсутствии внешних воздействий представляет собой однородную изотропную смесь объемных кластеров, полярных молекул воды и ее амбиполярных радикалов [2] .

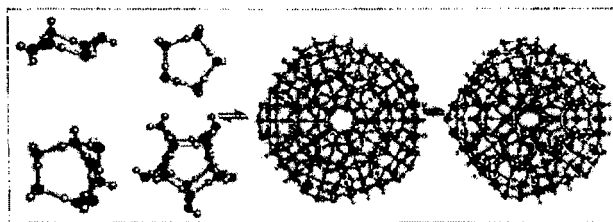


Рисунок 1 - некоторые возможные структуры кластеров воды

Объемные кластеры объединяют группы ассоциированных молекул воды, образуемые водородными связями между молекулами воды. Отдельная, свободная, не охваченная водородными связями молекула воды обладает собственным электрическим дипольным моментом и является полярной.

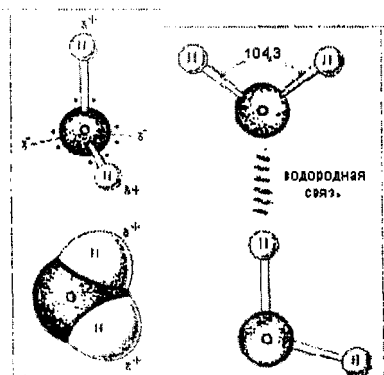


Рисунок 2 - водородные связи между молекулами

Для молекул воды характерно проявление самопроизвольно происходящих в нормальных условиях процессов диссоциации их на амбиполярные радикалы (автопротолиз) и ассоциации этих радикалов с образованием молекулы воды (автогидролиз). Положительный радикал существует в воде в форме гидратированного протона H_3O^+ (ион гидроксония), а отрицательный имеет форму OH^- (ион гидроксила).

Степень диссоциации молекул воды весьма мала. Существование амбиполярных радикалов воды обусловлено разностью в скоростях диссоциации ее молекул на ионы и рекомбинации их в равновесной динамической реакции $2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + \text{OH}^-$ [2]

В общем случае рекомбинация радикалов воды может происходить не только прямым актом взаимодействия амбиполярных ионов H^+ , OH^- , но и по схеме замещения

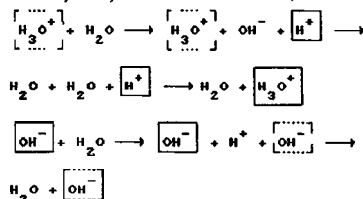


Рисунок 3 - Схема замещения радикалов в молекуле воды.

Возможность такого механизма рекомбинации, сопровождающейся "эстафетным" перемещением заряда, обусловлена полярным характером молекулы воды, имеющей треугольное строение.

Наличие постоянного дипольного электрического момента у молекул воды, водородных связей между ними и существование амбиполярных ее радикалов предопределяют поведение воды в электромагнитном поле. При наложении поля полярные молекулы воды ориентируются так, чтобы их дипольные моменты были параллельны ему. Водородные связи между молекулами воды, гибкие, непрочные в нормальных условиях, пространственные в масштабах отдельного тетраэдра, направленно упрочняются в направлении поля и ослабляются или рвутся в противоположном направлении.

В результате амбиполярные радикалы воды при наложении внешнего электрического поля начинают мигрировать в противоположных направлениях, параллельных вектору напряженности этого поля. В реакцию гидратации полимеров зерна вступает большее количество молекул воды, что способствует ускорению увлажнения зерновой массы.

Таким образом, сверхвысокочастотное кондиционирование значительно интенсифицирует процессы, происходящие в зерне перед помолом на стадии гидротермической обработки и отволаживания.

Качественно проведенное кондиционирование позволяет следующее:

- повысить вязкость оболочек и их сопротивляемость измельчению и в результате получить большие крупки, свободных от оболочек;
- получить оптимально разрыхленную структуру, эндосперма для переработки зерна в хлебопекарную муку,
- уменьшить различия в физико-механических свойствах эндосперма зерна различной стекловидности;
- получить оптимальную технологическую влажность зерна для помола с дифференцированным распределением влаги между оболочками и эндоспермом;
- улучшить хлебопекарные качества муки за счет изменения биохимических свойств зерна.

ЛИТЕРАТУРА

1. Казаков, Е.Д., Карпиленко, Г.П. Биохимия зерна и зернопродуктов К4-СПб.:ГИОРД,2005-512с. . ISBN 5-901065-82-4;
2. Патент 2129530Российская федерация, А01F25/00; А23L3/30; В01J19/10; В02В1/04; В02В1/08; В06В1/02; С02F1/36.Способ гидратации биополимеров/Шестаков С.Д.; заявитель и патентодатель ООО 'ASTOR-S' S. Заявл. 03.27.2006; опубл. 10/04/2007;

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССА ТРЕПАНИЯ ЛЬНЯНОГО СЫРЦА НА МЯЛЬНО-ТРЕПАЛЬНОМ АГРЕГАТЕ ЛИНИИ ПЕРВИЧНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ЛЬНА ПУТЕМ ОПТИМИЗАЦИИ ЭЛЕКТРОПРИВОДА.

Равинский Н.А., аспирант, м.т.н., Дайнеко В.А., к.т.н., доц.,
УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,
г. Минск, Республика Беларусь

Основными узлами мяльно-трепального агрегата являются трепальные барабаны и зажимной транспортер, предназначенный для удержания и перемещения тресты при ее обработке трепальными барабанами.

Сущность процесса трепания заключается в отделении изломленной древесины-костры от волокнистой части, а также параллелизация волокон при наименьших потерях длинного волокна. Процесс трепания осуществляется путем многократных изгибов волокна на бильных кромках трепальных барабанов.

В процессе обескостривания волокно не только очищается, но и повреждается. Та или иная степень повреждения волокна при обработке льносырья зависит в основном от трех главных факторов, влияющих на процесс обработки:

- частота вращения трепальных барабанов;
- количество воздействий, воспринимаемых материалом;
- скорость зажимного транспортера (конвейера).

На рисунке 1 представлена зависимость процента выхода длинного волокна B , % от частоты вращения трепальных барабанов n_6 , об/мин.

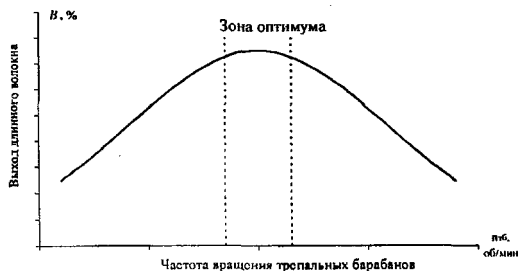


Рисунок 1 - Зависимость процента выхода длинного волокна от частоты вращения трепальных барабанов n_6 .

При низких значениях n_6 костринки не имеют достаточной силы для выхода из волокна. При таких условиях для очистки волокна от костры требуется более высокое значение количества воздействий на материал. При высоких значениях n_6 костринки острыми кромками режут волокно, кроме этого, резко возрастают силы натяжения материала, что приводит к его выдергиванию из зажима. Все это снижает выход длинного волокна. Оптимальная зона обработки (рисунок 1) предполагает наличие достаточных инерционных сил для обескостривания определенного типа сырца, а выделение длинного волокна происходит с минимальными потерями.

Количество воздействий K можно определить из формулы [2]:

$$K = i_1 \cdot i_2 \cdot n_6 \cdot L_6 / V_{mp} \quad (1)$$

где i_1 – число трепальных барабанов, одновременно участвующих в процессе трепания;

i_2 – число бил на барабане;

n_6 – частота вращения барабанов, об/мин;

L_b – длина барабанов рассматриваемой секции, м;

$V_{тр}$ – скорость движения зажимного транспортера, м/мин.

На рисунке 2 представлена зависимость закостренности волокна Z , % от количества воздействий K , ед. При увеличении числа воздействий на обрабатываемый материал его закостренность может быть минимальной.

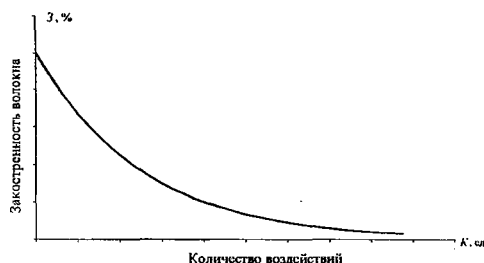


Рисунок 2 - Зависимость закостренности волокна от количества воздействий K .

Величины i_1 , i_2 , L_b в формуле (1) для конструкций существующих мяльно-трепальных агрегатов постоянны, изменять можно только n_b и $V_{тр}$. Отсюда можно сделать вывод, что добиться повышения процента выхода длинного волокна можно, изменяя n_b и $V_{тр}$.

Оптимальные значения n_b и $V_{тр}$ подбираются для каждого конкретного типа тресты с определенными ее параметрами, например с определенной влажностью, степенью ее вылежки и т.д. Электропривод трепальных барабанов и зажимного транспортера нерегулируемый, т.е. значения n_b и $V_{тр}$ остаются постоянными в течение длительного промежутка времени. А поскольку параметры льготресты (степень ее вылежки, влажность) варьируются по всей длине рулона [1], можно утверждать, что значительная часть такой тресты будет обработана при неоптимальных условиях и в короткое волокно уйдет большой процент длинного.

Заменяв нерегулируемый электропривод трепальных барабанов и зажимного транспортера регулируемым, а также установив средства контроля основных параметров тресты в потоке, возможно постоянно изменять значения n_b и $V_{тр}$ на оптимальные для текущего участка обрабатываемого сырья. При этом регулируемый электропривод можно считать взаимосвязанным, поскольку для поддержания оптимальных значений выхода длинного волокна необходимо изменять как частоту вращения трепальных барабанов, так и скорость зажимного транспортера.

Таким образом, заменив нерегулируемый электропривод мяльно-трепального агрегата регулируемым взаимосвязанным возможно добиться повышения выхода длинного волокна, а также его качества, что в конечном итоге положительно скажется на увеличении его стоимости.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пашин Е.Л. Формирование выхода длинного волокна при обработке стеблей на мяльно-трепальном агрегате // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. - 1999. - №3. - с. 24 - 27.
2. Голуб А.И. Льноводство Беларуси / А. И. Голуб, А. З. Чернушок. – Борисов: Борисовская укрупненная типография, 2009. - 243 с.

СВЕРХВЫСОКОЧАСТОТНЫЙ ВЛАГОМЕР ЛЬНЯНОЙ ТРЕСТЫ

Равинский Н.А., аспирант, м.т.н., Дайнеко В.А., к.т.н., доц.,
УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,
г. Минск, Республика Беларусь

Длинное волокно – наиболее ценная составляющая льняной тресты. На сегодняшний день линии первичной переработки льносырья, установленные на льнозаводах нашей республики не обеспечивают достаточный уровень выхода длинного волокна, а также его качества из общей массы переработанной тресты.

Значительное влияние на выход длинного волокна и его качество при обработке льняного сырья на мьяльно-трепальном агрегате оказывает влажность обрабатываемого сырья [1].

В зависимости от значения влажности сырья для достижения максимальных показателей выхода длинного волокна необходимо изменять количество воздействий, полученных льнотрестой при ее прохождении через трепальные секции мьяльно-трепального агрегата. Этого можно достичь, изменяя частоту вращения трепальных барабанов и скорость движения зажимного транспортера.

Установлено, что влажность льнотресты изменяется в широких пределах по всей длине рулона [2], т.е. для достижения максимального выхода длинного волокна на данном участке обрабатываемой льнотресты необходимо выставлять оптимальные значения частоты вращения трепальных барабанов и скорости зажимного транспортера. Данную задачу можно решить путем замены нерегулируемого электропривода мьяльно-трепального агрегата регулируемым.

Однако, для установления оптимальных значений параметров регулируемого электропривода мьяльно-трепального агрегата необходимо устройство измерения влажности льнотресты в потоке, причем это устройство должно определять влажность исследуемого материала с высокой точностью.

Существующая инфракрасная (ИК) технология измерения влажности обладает многими достоинствами. Однако, поскольку ИК влагомеры работают на отраженном свете, они измеряют только влажность поверхности материала (которая и отражает свет) [3]. При этом влажность в толще слоя материала остается абсолютно неопределенной. Поэтому, целесообразно использование микроволновой технологии измерения влажности, в частности, СВЧ-влагометрии, позволяющей с достаточной точностью измерять влажность по всей толщине слоя.

На рисунке 1 представлена структурная схема устройства для получения длинного льняного волокна, содержащая электродвигатель 1 трепального барабана, управляемый частотным преобразователем 2, электродвигатель 3 зажимного транспортера, управляемый частотным преобразователем 4, блок управления БУ, который состоит из микропроцессора 6, работа которого синхронизируется таймером 8, блок АЦП 5, на вход которого поступают сигналы от частотных преобразователей 2 и 4, блок ЦАП 7, на вход которого поступают сигналы от микропроцессора 6, сверхвысокочастотного влагомера СВЧ который состоит из основного генератора 9 и дополнительного генератора 10, подающих сверхвысокочастотные сигналы на первичный измерительный преобразователь 11, аналого-цифровой преобразователь 12 СВЧ сигналов основного генератора 9, прошедших через 11, аналого-цифровой преобразователь 13 частот дополнительного генератора 10, микропроцессора 14. Сигналы управления частотными преобразователями 2 и 4 формируются на выходе ЦАП 7, а микропроцессор 6 обрабатывает сигналы, полученные с блока АЦП 5 и микропроцессора 14, который, в свою очередь, обрабатывает поступающие сигналы из блоков 12 и 13.

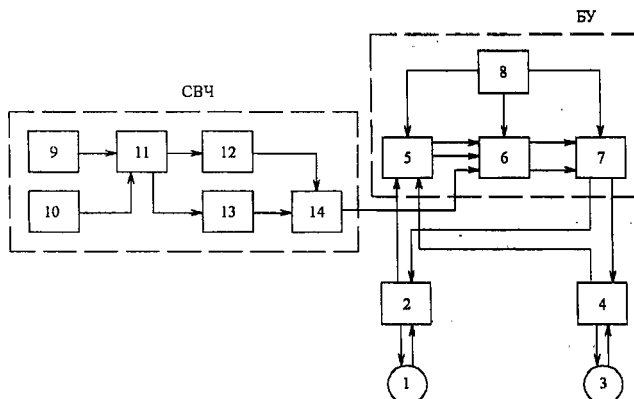


Рисунок 1 – Структурная схема устройства для получения длинного льняного волокна

Устройство работает следующим образом. Значение ослабления N сигнала СВЧ-генератора 9, снятые с первичного измерительного преобразователя 11 через АЦП 12 подаются на микропроцессор 14. Также на микропроцессор 14 через АЦП 13 подаются сигналы от дополнительного генератора 10, соответствующие частоте с незаполненным первичным измерительным преобразователем 11 исследуемым материалом, а также сигналы, соответствующие частоте с заполненным первичным измерительным преобразователем 11 исследуемым материалом. Микропроцессор 14 формирует сигнал, соответствующий влажности льносырья, скорректированный по весовой влажности и по насыпной плотности исследуемого материала. Полученный сигнал поступает на микропроцессор 6, на который также через блок АЦП 5 поступают сигналы от частотных преобразователей трепальных барабанов 2 и зажимного транспортера 4, управляющие соответствующими электродвигателями 1 и 3. Микропроцессор 6 обрабатывает полученные сигналы и, в соответствии с полученной влажностью формирует управляющие сигналы, поступающие на блок ЦАП 7, откуда эти сигналы поступают непосредственно на преобразователи частоты 2 и 4, которые, в свою очередь, регулируют частоты вращения электродвигателя 1 трепального барабана и электродвигателя 3 зажимного транспортера соответственно.

Данное устройство для получения длинного льняного волокна позволяет увеличить выход длинного льноволокна и его номер за счет оптимального режима обработки льносырья трепальными барабанами в результате высокой точности измерения влажности СВЧ-влажномером по всей толщине слоя материала.

ЛИТЕРАТУРА

1. Голуб А.И. Льноводство Беларуси / А. И. Голуб, А. З. Чернушок. – Борисов: Борисовская укрупненная типография, 2009. – 243 с.
2. Пашин Е.Л. Формирование выхода длинного волокна при обработке стеблей на мяльно-трепальном агрегате // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1999. – №3. – с. 24 - 27.
3. Инфракрасная технология непрерывного бесконтактного измерения влажности сыпучих материалов [Электронный ресурс] : Режим доступа: <http://www.konvels.ru/index.php?mode=3&id=15> – Дата доступа: 20.10.2011.

УДК 637.146.4: 621.3.082.75
ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКАЯ КОАГУЛЯЦИЯ БЕЛКОВ МОЛОЧНОЙ СЫВОРОТКИ

Кривовязенко Д.И., ст. преподаватель

*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет
 г. Минск, Республика Беларусь*

Одним из наиболее ценных компонентов молока являются сывороточные белки (альбумины и глобулины), которые обладают ценнейшими биологическими свойствами, они содержат оптимальный набор незаменимых аминокислот, необходимых для организма животного.

В Беларуси промышленно перерабатывают не более 20% сыворотки. Использование белка сыворотки могло бы дополнительно дать народному хозяйству до 9 тыс. тонн высокоценного белка, снизить отрицательное воздействие сточных вод молочных предприятий на окружающую среду. Известные способы коагуляции белка позволяют выделить не более 60 %. Все это доказывает как с экономической, так и с экологической точек зрения необходимость и целесообразность разработки способа позволяющего наиболее полно (80...90 %) извлечь белок из молочной сыворотки.

Наиболее перспективным способом, по нашему мнению, является электрохимическая коагуляция. Сущность способа заключается в создании концентрации анионов и катионов, соответствующей изоэлектрической точке коагуляции белков путем пропускания электрического тока через молочную сыворотку, размещенную между электродами разделенными ионопроницаемой мембраной.

Согласно общепринятой физической теории коагуляции устойчивость коллоидной системы зависит от соотношения энергий межмолекулярного притяжения W_M , электрического отталкивания W_3 , диполь-дипольного взаимодействия частиц W_d .

Суммарная энергия взаимодействия двух частиц

$$W = W_3 + W_M + W_d \quad (1)$$

В уравнении (1) принимаем энергию отталкивания положительной, а энергию притяжения – отрицательной.

Для двух сферических частиц энергия электростатического отталкивания

$$W_3 = 16\epsilon_0\epsilon_r \left(\frac{RT}{F} \right)^2 \operatorname{th} \left(\frac{\varphi_0 z_i e}{4kT} \right) \frac{a}{S} \exp[\chi a(S-2)] \quad (2)$$

где ϵ_0 – диэлектрическая проницаемость вакуума, Ф/м; ϵ_r – относительная диэлектрическая проницаемость коллоидной среды; R – газовая постоянная, Дж/моль·К; T – температура, К; φ_0 – полный потенциал, В; z_i – валентность i -го иона; e – заряд электрона, Кл; k – постоянная Больцмана, Дж/К; F – число Фарадея, Кл · моль⁻¹; a – размер частицы, м; S – относительное расстояние между частицами; χ – параметр Дебая – Гюккеля, м⁻¹.

Энергия межмолекулярного притяжения

$$W_M = -\frac{A}{6} \left(\frac{2}{S^2 - 4} + \frac{2}{S^2} + \ln \frac{S^2 - 4}{S^2} \right) \quad (3)$$

где A – постоянная Гамакера, Дж.

Энергия диполь – дипольного взаимодействия

$$W_d = -4\epsilon_0\epsilon_r \left[0,5 - 3 \frac{\operatorname{ch} \left(\frac{E z_i e}{2kT} \right) - 1}{4 \operatorname{ch} \left(\frac{E z_i e}{2kT} \right) + \chi a} \right] \left(\frac{a}{S} \right)^3 E^2 \quad (4)$$

где E – напряженность внешнего электрического поля, В/м.

Исходя из (1)...(4) коагуляция наступает тогда, когда суммарная энергия межмолекулярного и диполь-дипольного притяжения ($W_M + W_D$) превысит энергию электростатического отталкивания (W_Σ), или же общая энергия системы (W) станет меньше нуля.

Суммарная энергия взаимодействия белковых молекул W зависит от ряда факторов, важнейшие из которых – температура коагуляции T и электрокинетический потенциал ζ . Снижение дзета – потенциала менее энергоёмко, чем повышение температуры. Величина электрокинетического потенциала зависит от концентрации анионов и катионов в среде. Следовательно, изменяя pH молочной сыворотки, можно воздействовать на значение ζ – потенциала, а значит, на суммарную энергию взаимодействия молекул белка и, в конечном счёте, на процесс коагуляции. Изменить pH среды можно постоянным электрическим током, регулируя количество электричества Q , при определенном значении которого белок переходит в изоэлектрическое состояние, наиболее благоприятное для его коагуляции, то есть, варьируя величину Q , мы можем воздействовать на значение электрокинетического потенциала и тем самым контролировать коагуляционные процессы. Экспериментальные исследования подтверждают данные теоретические выкладки.

Молочную сыворотку обрабатывали постоянным электрическим током в электрокоагуляторе, разделенном мембранной перегородкой, варьируя количество электричества в необходимом диапазоне, что изменяло pH среды в пределах (3,0...11).

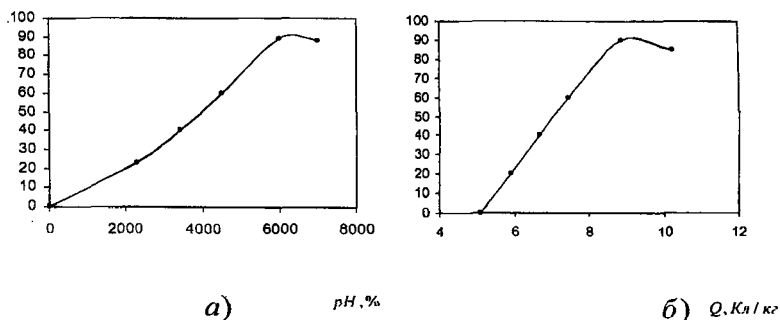


Рисунок 1 – Зависимость выделения белка (К) молочной сыворотки от pH (а) и количества электричества Q (б)

Как показывают экспериментальные исследования (рисунок 1, а) наибольший выход белка (90...95 %) при pH = 8...9, что соответствует изоэлектрической точке коагуляции белков молочной сыворотки. На рисунке 1, б показана зависимость выхода белка молочной сыворотки от количества электричества. Увеличение Q до 6000 Кл·кг⁻¹ приводит к максимальной коагуляции, что обусловлено воздействием Q на величину водородного показателя. Происходит слияние клубков белка, увеличение их веса, что приводит к выпадению в осадок (коагуляция). Дальнейший рост количества электричества не вызывает увеличения выхода белка.

Таким образом электрохимическая коагуляция позволяет выделить 90...95% белков, при температуре не выше 30 °С, при этом энергоёмкость не превышает 0,12 МДж/кг, что снижает энергоёмкость процесса в 2...3 раза по сравнению с известными способами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дамаскин Б.Б., Петрий О.А. Введение в электрохимическую кинетику. – М.: Высшая школа, 1983. -395 с.
2. Зонтаг Т. и др. Коагуляция и устойчивость дисперсных систем. – М.: Химия, 1973. -254с.
3. Самуэльсон О. Ионообменные разделения в аналитической химии – М.: Химия, 1973. -415 с.
4. Храмов А.Г., Нестеренко П.Г. Технология продуктов из молочной сыворотки.-М.: ДеЛи-принт, 2004. -588 с.

О ВЛИЯНИИ КПД ЗЕРНОСУШИЛОК НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ МЕРОПРИЯТИЙ

Цубанов И.А., Цубанова И.А.

УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»
г. Минск, Республика Беларусь

Одним из приоритетных направлений повышения эффективности использования топливно-энергетических ресурсов и потенциала энергосбережения в сельском хозяйстве является разработка и внедрение энергосберегающих мероприятий и технологий при разработке энергоэффективных зерносушилок. Актуальность рассмотрения вопросов энергосбережения в сушильных установках обусловлена высокой энергоемкостью процессов тепловой сушки.

Особое значение при анализе энергосберегающих мероприятий приобретает влияние КПД зерносушилки на условия и возможности энергосбережения.

Рассматривая энергосбережение, необходимо учесть, что расходуемая на сушку теплота суммируется из полезно используемой теплоты и непроизводительных потерь теплоты. Энергосбережению доступна только та часть теплоты, которая определяется разностью затраченной и полезно использованной теплоты.

Полезно использованной теплотой следует считать теплоту, расходуемую непосредственно в сушильной камере (СК) не только на испарение влаги, но и на нагрев продукции и конструктивных элементов, на компенсацию термодинамических потерь и теплопотерь через наружные ограждения.

В таком случае полезно использованная теплота при испарении 1 кг влаги из продукции определяется ранее введенным в работе [1] параметром:

$$\Delta = 2500 + 1,88 t_2 - \Delta, \quad (1)$$

где t_2 – температура сушильного агента на выходе СК, °С; Δ – разность добавлений и расходов теплоты в сушильной камере, кДж/кг.

Первые два слагаемые в правой части уравнения (1) представляют собой энтальпию водяного пара, образующегося при сушке продукции.

Для расчета удельного расхода теплоты на испарение 1 кг влаги из влажного продукта при использовании воздуха при сушке была предложена зависимость [1]:

$$q_T = A \frac{t_1 - t_0}{(t_1 - t_2) \eta_T}, \quad (2)$$

где t_1 и t_0 – температура сушильного агента (СА) на входе СК и атмосферного воздуха, °С; η_T – КПД топочного устройства (воздухоподогревателя).

Из вышеприведенных уравнений следует, что КПД конвективной зерносушилки как отношение полезно использованной при сушке теплоты ко всей затраченной в рассматриваемых условиях сушки определяется зависимостью:

$$\eta = \frac{t_1 - t_2}{t_1 - t_0}. \quad (3)$$

Анализируя энергосбережение при рециркуляции отработавшего СА, было установлено [2], что относительная экономия теплоты и топлива в случае использования воздуха в качестве СА может быть рассчитана по формуле:

$$b = \frac{k_p (t_2 - t_0)}{t_1 - t_0}, \quad (4)$$

где k_p – коэффициент рециркуляции СА, определяемый как отношение массы рециркулирующей его части ко всей массе используемого СА.

Используя формулы (3) и (4), находим:

$$b = k_p (1 - \eta). \quad (5)$$

В скобках уравнения (5) представлена доля непроизводительных потерь теплоты из расчета по отношению к затраченной теплоте.

Энергосбережение в конвективных зерносушилках неразрывно связано с утилизацией теплоты отработавшего СА. Теплопотери с отработавшим СА в среднем составляют от 15 до 45% от теплоты, израсходованной на процесс сушки [3].

Рассмотрим применение теплоутилизаторов для утилизации теплоты в зерносушилках, в которых при сушке используется атмосферный воздух.

В исследуемой схеме атмосферный наружный воздух нагревается вначале в теплоутилизаторе (за счет теплоты отработавшего СА), а затем в нагревателе до требуемой температуры.

Отработавший СА проходит через теплоутилизатор и удаляется в атмосферу.

Энергоэффективность теплоутилизатора характеризуется коэффициентом эффективности, который определяет его действительную тепловую мощность по отношению к теоретически возможной тепловой мощности. [4]. В дальнейших расчетах будем пользоваться температурным коэффициентом эффективности, для расчета которого при равенстве полных теплоемкостей потоков подаваемого в зерносушилку наружного воздуха и отработавшего СА предложена зависимость [4]:

$$E = \frac{t_3 - t_0}{t_2 - t_0}, \quad (6)$$

где t_3 – температура НВ на выходе теплоутилизатора, °С.

Выразив из формулы (6) температуру t_3 и заменив в уравнении (2) температуру t_0 на температуру t_3 , находим:

$$q_{\tau} = A \frac{t_1 - t_3}{(t_1 - t_2)\eta_T}. \quad (7)$$

На основе уравнений (3), (6) и (7) запишем:

$$b = \frac{E(t_2 - t_0)}{t_1 - t_0}. \quad (8)$$

Полученное соотношение может быть приведено к следующему виду:

$$b = E(1 - \eta). \quad (9)$$

Структура формул (5) и (9) аналогична, отличие только в том, что при энергосбережении путем рециркуляции присутствует коэффициент рециркуляции, а при энергосбережении посредством утилизации теплоты отработавшего СА – температурный коэффициент эффективности работы теплоутилизатора.

Коэффициент рециркуляции определяется в основном параметрами теплового режима сушки, а температурный коэффициент эффективности – параметрами работы теплоутилизатора: коэффициентом теплопередачи, площадью его теплообменной поверхности и схемой движения воздуха и отработавшего СА.

Теплоутилизаторы типа «воздух-воздух» характеризуются коэффициентом эффективности в пределах от 0,35 до 0,7 [4] в зависимости от конструктивного оформления. Однако в реальных условиях эксплуатации трудно надеяться на обеспечение работы теплоутилизаторов при температурном коэффициенте эффективности более 0,5. В этом же интервале значений находится и коэффициент рециркуляции для анализируемых режимов сушки [2].

Отсюда следует заключить, что эффект энергосбережения при утилизации и рециркуляции примерно одинаков.

Уравнения (5) и (8) устанавливают однозначную зависимость относительной экономии теплоты и топлива при рассмотренных энергосберегающих мероприятиях от КПД зерносушилок. При этом, чем меньше КПД зерносушилки, тем больше достигаемое снижение рас-

ходов теплоты и топлива при сушке зерна и семян. Эффективность энергосберегающих мероприятий заметно снижается при повышении КПД зерносушилок.

ЛИТЕРАТУРА

1. Цубанов, А.Г. К вопросу энергосбережения в конвективных зерносушилках / А.Г. Цубанов, А.Л. Синяков, И.А.Цубанов // Агропанорама, №3, 2009. – с.22-27.
2. Синяков, А.Л. Энергосбережение в конвективных зерносушилках путем рециркуляции сушильного агента /А.Л. Синяков, И.А.Цубанов // Агропанорама, №5, 2009. – с.40-44.
3. Данилов, О.Л. Экономия энергии при тепловой сушке / О.Л. Данилов, Б.И. Леончик. –М.: Энергоатомиздат, 1986. – 136
4. Энергосбережение в системах теплоснабжения, вентиляции и кондиционирования воздуха: справ. пособие/Л.Д.Богуславский и [др.]; под ред. Л.Д.Богуславского и В.И.Ливчака. – М.: Стройиздат. 1990.– 624 с.

РАСЧЕТ НАДЕЖНОСТИ И ДОЛГОВЕЧНОСТИ СЧЕТЧИКА ГАЗА БУГ 01

**Бугаев Е.В., инженер, Булко М.И., ст. преподаватель,
Довнар И.В.,ст. преподаватель**
*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»
г. Минск, Республика Беларусь*

1. Исходные данные и методика расчета.

1.1 Исходными данными для расчета долговечности являются: перечень электрорадиоэлементов (ЭРЭ); гамма-процентный ресурс T_{γ} ЭРЭ каждого типа (таблица 1); критерий предельного состояния; коэффициент использования K_i .

1.2 Расчет показателей долговечности проведен по методике, изложенной в СТБ ЕИРВ 27.01-2007.

Срок службы ($T_{сл}$) определяется по формуле: $T_{сл} = T_{\gamma} / 8760 \times K_i$ (1)

где T_{γ} - гамма-процентный ресурс,

K_i - коэффициент использования.

За критерий предельного состояния принимается выработка гамма-процентного ресурса T_{γ} у 30% комплектующих изделий при $\gamma = 95\%$.

Значение T_{γ} электрорадиоэлементов (ЭРЭ) определялись по единым справочникам "Надежность электроизделий. Изделия электронной техники" ВНИИ "Электростандарт" 1990 г. и по ТУ на них.

2. Расчет долговечности счетчика газа БУГ-01.

Исходные данные для расчета $T_{г\gamma}$ счетчика газа приведены в таблице 1.

Тип ЭРЭ	Количество ЭРЭ, шт.	$T_{г\gamma}$, ч при $\gamma = 95\%$	Примечание
1	2	3	4
Микросхемы	16	112000	
Конденсатор CAP	23	100000	
CAPACITOR	5	96000	
Дроссель 7447709471	1	105000	
Фильтр EMI	10	90000	
Кварц. резонатор HC33	2	78000	
Резистор RES	90	145700	
Предохранитель F1206	1	15000	
Кнопка SWT	4	54000	
Транзистор FDV304P	5	160000	
КМОП	1	160000	
Стабилитрон DZ23C5	1	144000	
Диод LL4148	6	179000	
Транз.сборка BC857BS	2	160000	
Светодиод GNL	2	70000	
Транзистор FMMTA	2	160000	
BSP89	11	160000	
Стабилитрон BZX84C	2	144000	
Диодная сборка	2	179000	
Соединитель WF	5	74000	
BH	2	74000	
Разъем DBI	2	74000	

Итого: 201 элемент

Результаты вычислений, проведенных с учетом порядка, изложенного в СТП ЕИРВ 27.01-2007, приведены в таблице 2.

Таблица 2

Гамма-процентный ресурс $T_{г\gamma}$ при $\gamma = 95\%$, ч	Количество ЭРЭ, шт.	Процент от общего числа ЭРЭ, %	Примечание
До 15000	1	0,5	71,67%
До 54000	4	2,0	
До 70000	2	1,0	
До 74000	11	5,47	
До 78000	2	1,0	
До 90000	10	4,97	
До 100000	23	11,44	
До 105000	1	0,5	
До 112000	16	7,96	
До 144000	3	1,5	
До 145700	96	47,76	
До 160000	21	10,45	
До 179000	8	4,0	

Для заданного критерия предельного состояния, соответствующего уровню неизрасходованного гамма-процентного ресурса ЭРЭ, равного или большего 70%, значение $T_{г\gamma}$ определяют суммированием данных графы 3 таблицы 2 снизу вверх до получения суммы рав-

ной или максимально близкой к численному значению критерия предельного состояния. Последний член суммирования определяет ресурс счетчика

Для счетчика газа БУГ-01 $T_{ру} = 112000$ ч

Согласно формуле (1) срок службы счетчика газа БУГ-01 при $Kи=0,6$ («спящий» режим не менее 40% от общего времени работы) составляет:

$$T_{сл} = 112000/8760 \times 0,6 = 21,3 \text{ лет}$$

3. Результаты расчета.

3.1 Долговечность (срок службы) счетчика газа БУГ-01 составляет 21,3 года при $Kи=0,6$ (заданный ТУ срок службы счетчика – не менее 16 лет).

Расчет ожидаемой надежности счетчика газа

Величина наработки на отказ ультразвукового счетчика газа БУГ-01, заданная ТУ, должна быть не менее 55 000 ч.

При расчете надежности (наработки на отказ) счетчика газа считалось, что отказ любого электрорадиоэлемента приводит к отказу изделия в целом, т.е. все элементы структурной схемы надежности соединены последовательно.

Расчет показателей надежности выполнен по методике, изложенной в ОСТ 4ГО.012.242-84 и СТП ЕИРВ 27.01-2007.

Наработка на отказ (T_0) счетчика газа определяется выражением:

$$T_0 = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot N_i} \quad (1)$$

где λ_i - интенсивность отказов элементов i -го типа;

N_i - количество элементов i -го типа в составе счетчика;

n - количество типов элементов в счетчике.

Значения интенсивности отказов элементов определялись по единым справочникам "Надежность электрорадиоизделий. Изделия электронной техники" ВНИИ "Электронстандарт" 1990 г. В таблице приведены значения интенсивностей отказов, рассчитанные для каждого элемента, входящего в состав счетчика газа БУГ-01.

Тип элемента	Количество элементов в устр. (Ni)	$\lambda_i \times 10^{-6}$ 1/ч	$\lambda_i \times N_i \times 10^{-6}$ 1/ч
Микросхемы MSP430F	1	0,03	0,03
AT45DB	1	0,021	0,021
HCPL0701	3	0,05	0,15
MAX9144	1	0,01	0,01
MAX4452	2	0,01	0,02
IN74H	2	0,021	0,042
AD8031	1	0,03	0,03
AD8226	1	0,03	0,03
LP2981	1	0,03	0,03
SN74LS	1	0,021	0,021
ADP3300	1	0,03	0,03
Микросхема SN65LBC	1	0,03	0,03
Конденсатор CAP	23	0,02	0,46
CAPACITOR	5	0,03	0,15
Дроссель 7447709471	1	0,03	0,03
Фильтр EMI	10	0,032	0,32
Кварц.резонатор HC33	2	0,0808	0,16
Резистор RES	96	0,00125	0,12
Предохранитель F1206	1	0,9	0,9
Кнопка SWT	9	0,02	0,18

Тип элемента	Количество элементов в устр. (Ni)	$\lambda_i \times 10^{-6} \text{ 1/ч}$	$\lambda_i \times N_i \times 10^{-6} \text{ 1/ч}$
Транзистор FDV304P	5	0,058	0,29
КМОП	1	0,058	0,058
FMMTA	2	0,058	0,058
BSP89	11	0,058	0,638
Стабилитрон DZ23C5	3	0,0038	0,0114
Диод LL4148	6	0,024	0,144
Транз.сборка BC857BS	2	0,043	0,086
Светодиод GNL	2	0,45	0,9
Диодная сборка BAT54C	4	0,0085	0,034
Кнопка SWT	4	0,024	0,96
Батарея литиевая ER34615	1	0,431	0,431
Соединитель WF	5	0,02	0,1
ВН	2	0,02	0,04
Разъем DBI	2	0,02	0,4

Суммарная интенсивность отказов ЭРЭ, примененных в составе счетчика газа СГУ001G16, составляет $\Lambda = 5,5684 \times 10^{-6} \text{ 1/ч}$.

Наработка на отказ счетчика газа БУГ-01, рассчитанная по формуле (1), составляет $T_0 = 179584 \text{ ч}$.

Выводы.

Расчетное значение наработки на отказ счетчика газа БУГ-01 не ниже заданного значения (55 000 ч), согласно п.1.10 ГОСТ 27.410 - 87 принимается решение о соответствии показателя надежности – наработки на отказ счетчика газа заданным требованиям, что обеспечивает МПИ 6 лет.

УДК 631.243.3: 631.371

ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССА СУШКИ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР И ПУТИ ЕГО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ

Климкович П.Н магистр техн. наук

УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»

г. Минск, Республика Беларусь

Сушка – это сложный процесс одновременно тепло- и массообмена, а также технологический процесс, при проведении которого должны быть сохранены не только исходные свойства материалов, но в ряде случаев даже улучшены

С целью обеспечения продовольственной безопасности страны, в соответствии с государственной программой возрождения и развития села планируется довести урожай зерновых до 10 млн.т. Наряду с этим увеличивается и производительность выпускаемых зерносушильных комплексов. Однако стоит отметить, что рост производительности не всегда пропорционален энергопотреблению. Например СЗК-10Г (производительность по сырому зерну при снижении влажности с 20 до 14% ,10 т/ч), имеет установленную мощность электродвигателей 40,4кВт, теплогенератора 0,8МВт. В свое время ЗСК-40Г с производительность 40 т/ч, мощность теплогенератора 4 МВт, удельный расход электроэнергии при этом 250 кВт.

Следует отметить, что в процессе переработки зерновых культур около 70% энергии расходуется на сушку и очистку зерна. Потребляемая мощность отечественных комплексов на порядок выше зарубежных аналогов.С учетом сложившейся ситуации проводятся исследования по снижению энергозатрат ЗСК на основе оптимизации энергетических процессов. С этой целью разработана методика проведения исследований режимов работы различных

типов ЗСК. В соответствии с этой методикой проводится сбор первичной информации на основе энергетических аудитов ЗСК, обработка результатов и анализ энергэкономических показателей. Наряду с этим предусматривается разработка энергетических балансов ЗСК с их последующей оптимизацией.

В связи с этим стоит задача анализа и обоснования различных способов энергообеспечения зерноочистительно-сушильных комплексов и оптимизация режимов энергопотребления с целью снижения расходов энергоресурсов.

Установлено что КПД зерносушилки представлено зависимостью:

$$\eta_{it} = (t_2 - t_1) / (t_2 - t_0)$$

где: t_0 - температура наружного воздуха;

t_1 - температура воздуха на входе в сушилку;

t_2 - температура воздуха на выходе из сушилки;

Суммарный расход теплоты ΣQ (Кдж/ч) в зерносушилке можно представить следующим выражением:

$$\Sigma Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6,$$

где Q_1 – затраты теплоты на испарение влаги; Q_2 – потери теплоты на нагрев зерна; Q_3 – потери теплоты с отходящими газами (с отработавшим агентом сушки); Q_4 – потери в окружающую среду (через нагретые поверхности); Q_5 – потери теплоты на нагрев транспортных средств; Q_6 – потери теплоты в следствии неполного сгорания топлива (от химического и механического недожога). Удельные значения составляющих данного выражения представлены в табл.1.

Таблица – 1. Удельная доля затрат и потерь теплоты (%) на сушку в зерносушилке.

Статьи теплового баланса	Доля теплоты	
	от общей суммы затрат и потерь	от производительных потерь
1. Затраты на испарение влаги (термический КПД)	53,2	—
2. Потери теплоты на нагрев зерна	15	32
3. Потери теплоты с отработавшим агентом сушки	23,9	51,1
4. Потери теплоты в окружающую среду	6,9	14,7
5. Потери теплоты на химический и механический недожог	1	2,2
Итого:		
затрат и потерь	100	—
потерь	46,8	100

Анализ данных показывает, что для увеличения η_{it} (КПД сушки) необходимо увеличить долю затрат теплоты на испарение влаги Q_1 . Наибольшее значение потерь имеют потери теплоты с отработавшим агентом сушки Q_3 51,1% всех потерь.

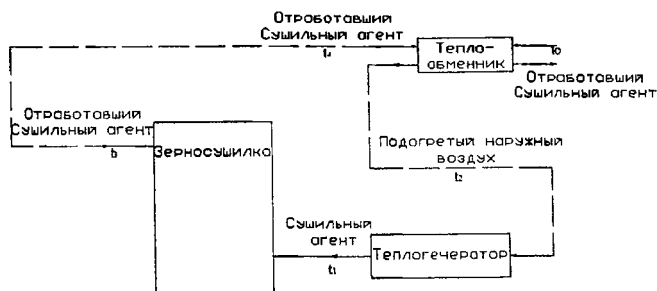
В качестве примера можно привести результаты изучения опыта использования ЗСК-40Г на предприятии ОАО «Октябрьская революция». В таблице 2 приведены значения температур нагретого, отработанного теплоносителя и в 1-ой секции каждой из шахт зерносушилки за период сушки партии фуражного ячменя в ночную смену.

Таблица – 2. Значения температур в различных зонах зерносушилки.

Время изм. t , мин.	Темп. нар. воз-духа t_0 $^{\circ}\text{C}$	Температура нагретого теплоносителя. t_1		Температура отработанного теплоносителя. t_2		Разница температур	
		1-й $^{\circ}\text{C}$	2-й $^{\circ}\text{C}$	1-я $^{\circ}\text{C}$	2-я $^{\circ}\text{C}$	1-я $^{\circ}\text{C}$	2-я $^{\circ}\text{C}$
22,00	14	91	84	33	33	19	19
22,15	14	91	85	35	35	21	21
22,30	14	84	78	35	35	21	21
22,45	14	92	85	36	36	22	22
23,00	14	92	85	37	37	23	23
23,15	14	88	81	37	37	23	23
23,30	13	65	85	38	35	25	22
23,45	13	93	85	37	34	24	21
00,00	13	77	70	37	35	24	22
00,15	12	83	77	36	36	24	24
00,30	12	86	80	37	35	25	23
00,45	12	38	31	38	36	26	24
1,00	12	18	18	36	34	24	22
1,15	12	15	15	33	31	21	19
1,30	12	98	91	29	29	17	17
1,45	12	95	89	37	27	25	15
2,00	12	93	86	31	31	19	19
2,15	12	94	86	35	33	23	21
2,30	12	93	86	38	35	26	23
2,45	12	93	85	41	35	29	23
3,00	12	93	86	43	35	31	23
3,15	12	94	85	44	34	32	22
3,30	12	74	67	42	34	30	22
3,45	12	25	25	38	32	26	20
итого ср:	12,6	77,7	72,7	36,8	33,9	24,1	21,3

Из таблицы видно, что при среднем значении температуры наружного воздуха за период сушки в $12,6^{\circ}\text{C}$ температура отработанного теплоносителя составляет $36,8$ и $33,9^{\circ}\text{C}$ соответственно. Для уменьшения этих потерь целесообразно использовать рекуперацию тепла отработавших газов. Возможен вариант использования теплоутилизатора. Известно, что современные теплообменники имеют КПД 60% и более, а использование отработавшего сушильного агента напрямую нерационально из-за его переувлажнения.

Проанализировав полученные данные предлагается использовать схему рекуперации приведенную на рис. 1 в замен существующей.



Оптимизацию же процесса сушки целесообразно проводить не по отдельным менее или более значимым параметрам, а в комплексе. Только полное и всестороннее исследование позволит наилучшим образом смоделировать процесс сушки с последующей оптимизацией.

С учетом выше изложенного, в дальнейшем будет проведен анализ различных способов энергоснабжения ЗСК, разработка методов оптимизации энергопотребления, экономического обоснование и разработка агротехнических требований, а также обоснование рациональных способов энергообеспечения и энергопотребления ЗСК, что позволит снизить энергоемкость производства зерна не менее чем на 15-20%.

ЛИТЕРАТУРА

1. М.Ю. Серегин, Организация и технология испытаний. Изд-во ТГПУ, Тамбов, 2006. – 83с.
2. Олейников В.Д., Кузнецов В.В. «Агрегаты и комплексы для послеуборочной уборки зерна» - М.: Колос, 1977 – 109с.
3. ГОСТ 27.502-83. Надежность в технике. Система сбора и обработки информации. Планирование наблюдений; Введ. 26.07.83. - М.: Изд-во стандартов. - 23 с
4. Русан В.И. Энергетическая ситуация и основные направления эффективного энергообеспечения АПК. Аналитический обзор.,– Мн: РУП «БНИВНФХ в АПК», 2003 – 55с.
5. Руководство по эксплуатации СЗК-10.00.00.000-01 РЭ – Мн: ОАО «Амкодор», 2005 – 65с.
6. Руководство по эксплуатации ЗСК-40.00.00.00 РЭ – Мн: ОАО «Амкодор», 2010 – 69с.

УДК: 537.8:621.762.55

СПОСОБ ПРОИЗВОДСТВА ЭЛЕКТРОНАГРЕВАТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ИЗ ХИМИЧЕСКИ АКТИВНЫХ И ПАССИВНЫХ ЭЛЕКТРОПРОВОДНЫХ ПОРОШКОВЫХ СМЕСЕЙ

Демидков С.В., к.т.н., Коротинский В.А., к.т.н.,

Занкевич В.А., к.физ.-мат.н., Винатовская М.А., Коральчук Ю. Ю.

УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»

г. Минск, Республика Беларусь

Используемые в настоящее время для обогрева помещений и обеспечения теплом технологических процессов на производстве нагревательные керамические элементы получают путем прессования порошковых материалов с последующим спеканием в печах.

В данном способе производстве нагревательных керамических элементов используется устройство для центробежного формования порошков [1] включающее вращающийся корпус, снабженный загрузочной полостью, в котором расположены радиальные питатели, матрицы, оправки матриц, заглушек и перегородок. В загрузочную полость подают порошок, который под действием центробежных сил поступает в пространство между стенками мат-

риц и оправками, а затем порцию расплавленного легкоплавкого материала. В результате формируется изделие из порошка.

Недостатком данного устройства является невозможность производить готовое изделие из порошкового материала непосредственно в процессе работы устройства. Требуется последующее спекание, что снижает производительность процесса получения изделия. Также с помощью данного устройства невозможно производить тонкостенные изделия из химически активных и химически пассивных порошковых смесей, поскольку развиваемые в процессе получения горячего продукта из порошковой смеси высокие температуры будут приводить к сварке матрицы и изделия.

Предлагаемый способ производства нагревательных элементов обеспечивает возможность формования конечного изделия из порошковой смеси целиком в объеме данного устройства.

Техническая задача решается тем, что через порошковую смесь, заполнившую матрицу, пропускают ток от внешнего источника тока, обеспечивающего мощность тепловыделения в порошковой смеси, достаточную для инициирования и дальнейшего ее протекания в объеме химически активной смеси, либо достаточной для плавления химически пассивной смеси. При этом порошковая смесь, является проводящим элементом, включенным параллельно в электрическую цепь.

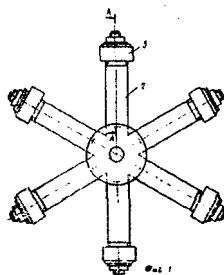
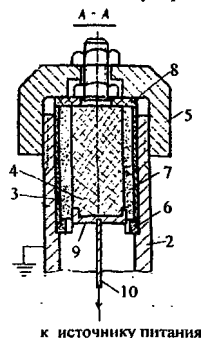


Рис.1 общий вид устройства



к источнику питания
Рис.2 - сечение А—А.

Устройство состоит из корпуса 1, снабженного загрузочной камерой (на чертеже не показано), радиальных питателей 2, матриц 3, выполненных из непроводящего материала, оправок 4, выполненных из непроводящего материала, заглушек 5, перегородок 6 и прокладок 8, выполненных из проводящего материала, например, графита. В нижних частях питателей

2 выполнены направляющие для размещения матриц (на чертеже также не показаны), а верхние части соединены с загрузочной полостью.

Устройство работает следующим образом. Внутрь радиальных питателей устанавливают матрицы 3 (до упора в перегородках 6), а затем в матрицах устанавливают оправки 4, формирующие внутреннюю полость изделия, с закрепленными на них прокладками 8 и колпаками 9. Матрицы, оправки и прокладки фиксируют заглушками 5. В результате чего колпаки 9 подсоединяются к центральным электродам 10 электрической цепи. Собранное устройство помещают, например, в шпиндель токарного станка и вращают со скоростью 20—30 м/сек. Затем через центральное отверстие (на чертеже не обозначено) корпуса 1 в загрузочную полость подают порошок, который под действием центробежных сил поступает в пространство между стенками матриц и оправками. В результате получается предварительно скомпактированная заготовка из порошковой смеси 7, которая включена в электрическую цепь, состоящую из центрального электрода 10, колпаков 9, оправок 4, прокладок 8, заглушек 5, радиальных питателей 2. Электрические цепи каждого питателя соединены с источником питания (на чертеже не показан). Включение тока происходит с помощью замыкателя электрической цепи после заполнения порошковой смесью каждой из полостей. В процессе пропускания тока происходит иницирование смеси, если смесь химически активна, или ее плавление, если смесь химически пассивна. Горячий продукт, полученный в результате разогрева смеси, под действием сил инерции компактируется в матрице в сплошной материал и остывая, образует нагревательный элемент, имеющий тонкую стенку.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пат. N2.355.954.США.-Метод электроимпульсного спекания порошков под давлением. — 1944.
2. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Электродинамика сплошных сред. М.:Наука, 1982.

УДК 621.43.001.4:681.518.3

ИДЕНТИФИКАЦИЯ СОСТОЯНИЯ ДВС ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМОЙ С ПОМОЩЬЮ НАСТРАИВАЕМОЙ МОДЕЛИ

Добролюбов И.П., д-р техн. наук, профессор,
Савченко О.Ф., канд. техн. наук, Ольшевский С. Н., канд. техн. наук
ГНУ Сибирский физико-технический институт аграрных проблем (СибФТИ), Ново-
сибирск, Россия

Применение различных методов идентификации состояния ДВС с помощью измерительной экспертной системы (ИЭС) рассмотрено в работе [1]. Эти методы основаны на измерении детерминированных и вероятностных параметров рабочих процессов двигателя, сравнении их по какому-либо критерию с заранее установленными значениями и отнесении состояния ДВС к определенному классу по минимуму меры близости к этому классу. Однако разработка алгоритмического и программного обеспечения, практическое применение этих методов является достаточно сложным, трудоемким и недостаточно оперативным. Один из эффективных методов идентификации состояния объекта экспертизы (ОЭ) – применение настраиваемой модели [2]. Адаптация этого метода в применении к ИЭС двигателя рассматривается в данной работе.

Используем для идентификации упрощенную одномерную схему непрерывной настраиваемой модели ОЭ (рис. 1). В качестве критерия идентификации примем

$$E = L[q(e)] \rightarrow \min,$$

где L — функционал от четной функции $q(e)$; $e = y - w$ — погрешность идентификации (мера близости — хеммингово расстояние); $w = G[u; \vec{\alpha}]$. Настройка модели G осуществляется изменением параметров $\vec{\alpha}^0 = (\alpha_1, \dots, \alpha_n)$ в соответствии со значением градиента E :

$$\frac{d\vec{\alpha}}{dt} = -\gamma \vec{\nabla} E,$$

где $\gamma = \alpha(0)$ — начальное условие.

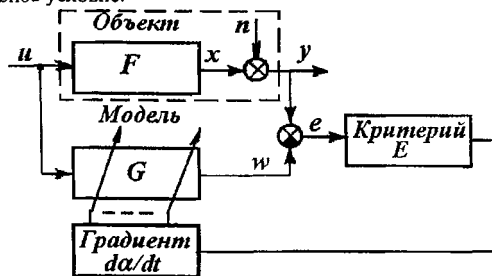


Рис. 1. Схема непрерывной настраиваемой модели: u — входное (управляющее, тестовое воздействие); x и w — выходные процессы ОЭ и модели; n — возмущающие воздействия (помехи); F и G — некоторые операторы, связывающие выходные процессы соответственно ОЭ и модели с входными процессами

Компоненты вектора градиента определяются дифференцированием:

$$\frac{\partial \vec{A}}{\partial \alpha_j} = L \left[\frac{\partial q(e)}{\partial e} \frac{\partial e}{\partial \alpha_j} \right]; \quad \frac{\partial e}{\partial \alpha_j} = -\frac{\partial w}{\partial \alpha_j} = -\frac{\partial G[u; \vec{\alpha}]}{\partial \alpha_j},$$

причем $\partial w / \partial \alpha_i$ представляет собой функцию чувствительности (ФЧ) параметра α_i . Градиент E :

$$\vec{\nabla} A = -L \left[\frac{\partial q(e)}{\partial e} \vec{E}[u; \vec{\alpha}] \right],$$

$$\vec{E}_j[u; \vec{\alpha}] = \frac{\partial G[u; \vec{\alpha}]}{\partial \alpha_j}$$

где

Множество $\vec{E}[u; \vec{\alpha}]$ позволяет получить все функции чувствительности параметров $\vec{\alpha}$.

Применение ФЧ позволяет произвести анализ временных и частотных характеристик ОЭ или их оценок, оценить степень влияния изменения параметров (показателей) ОЭ на эти характеристики, вызванные разбросом значений параметров и другими факторами. [3]. При этом при анализе удобнее применение логарифмической функции чувствительности (ЛФЧ), которая характеризует относительное изменение выходной характеристики R (или ее оценки) ОЭ или модели, вызванное соответствующим изменением i -го параметра (показателя) ОЭ или модели b_i . В первом приближении ЛФЧ имеет вид

$$\Lambda_i = \frac{\Delta R}{R} \bigg/ \frac{\Delta b_i}{b_i} \approx \frac{\partial R}{R} \bigg/ \frac{\partial b_i}{b_i} = \frac{\partial \ln R}{\partial \ln b_i} = \frac{b_i}{R} \dot{R}_i,$$

где $\dot{R}_i = (\partial R / \partial b_i)_0$ — ФЧ (индекс "ноль" означает, что частные производные находятся вблизи начального значения $b_i(0)$). При одновременном изменении m параметров ОЭ или модели абсолютное и относительное изменение величины R запишется соответственно:

$$\Delta R_i \approx \sum_{i=1}^m \dot{R}_i \Delta b_i = \sum_{i=1}^m \frac{R}{b_i} \Lambda_i \Delta b_i;$$

$$\delta R_i = \frac{\Delta R_i}{R} = \sum_{i=1}^m \Lambda_i \delta b_i = \sum_{i=1}^m \frac{b_i}{R} \dot{R}_i \delta b_i.$$

В качестве примера настройки модели рассмотрим упрощенное описание ДВС (ОЭ и модели), которым можно охарактеризовать, например, динамику изменения угловых скорости $\omega(t)$ и ускорения $\varepsilon(t)$ коленчатого вала в окрестности квазистатического режима $\omega = \omega^*$:

$$\frac{d\gamma}{dt} + \alpha\gamma = u; \quad \frac{d\omega}{dt} + \alpha\omega = u.$$

Уравнение чувствительности модели

$$\frac{dv}{dt} + \alpha v = -w \quad \Leftrightarrow \quad \frac{d\Lambda_\alpha}{dt} + \alpha \Lambda_\alpha = -\alpha,$$

где $v = \partial w / \partial \alpha = \dot{D}_\alpha$; $\Lambda_\alpha = (\alpha / w) D_\alpha$.

Так как $\Lambda_{\vec{\alpha}} = \delta_{wi} / \delta_{\vec{\alpha}i}$, где δ_{wi} — относительное отклонение выходного процесса; $\delta_{\vec{\alpha}i}$ — относительное отклонение параметра α_i , то для настройки модели в этом уравнении целесообразно применить зависимости отклонений параметров ДВС. Например [1, 3], отклонение угловой скорости коленчатого вала, вызванное изменением индикаторного момента,

$$\delta_{\omega F} = -\delta_F \{ t / [T_1 (1 - e^{-t/T_1})] + 1 \},$$

где δ_F — относительное отклонение параметра $\bar{F}_\partial = -(d\bar{M}_e / d\omega)^*$ от среднего значения в окрестности частоты ω^* ; M_e — крутящий момент; $T_1 = \bar{J}_\partial / \bar{F}_\partial$ — постоянная времени двигателя; J_∂ — момент инерции ДВС

При применении среднего квадратического критерия погрешности идентификации:

$$E = e^2 = (y - w)^2 \rightarrow \min$$

получим

$$\frac{d\alpha}{dt} = -\gamma \frac{\partial A}{\partial \alpha} = -2\gamma v(y - w).$$

В этом случае для настройки модели можно использовать метод наискорейшего спуска, поскольку от α зависит только w .

При послеремонтной обкатке двигателя (или, например, при изменении нагрузки дизель-генератора), когда параметры g_1 и g_0 изменяются (рис. 2), эти изменения могут компенсироваться настройкой параметров h_1 и h_0 в цепи обратной связи. Желаемые показатели системы «объект - цепь обратной связи» устанавливаются эталонной моделью, представляющей собой фиксированную аналоговую схему. Целью настройки является минимизация некоторого четного функционала от ошибки e :

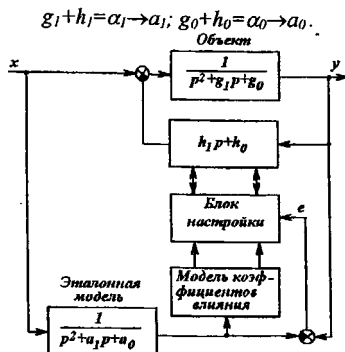


Рис. 2. Схема настройки параметров объекта по эталонной модели (p – оператор преобразования Лапласа)

Такой результат получается генерированием ФЧ параметров de/da_1 и de/da_0 эталонной модели вместо соответствующих коэффициентов охваченного обратной связью объекта. Если a_1 и a_0 фиксированы, такой подход имеет то преимущество, что генерируемые ФЧ параметров представляют собой требуемые частные производные.

При настройке может быть применена более сложная модель, чем приведенная в данной статье. Примером подобной модели является, например, модель динамики ДВС-САРС, учитывающая нелинейность и нестационарность отдельных звеньев, влияние множества важнейших параметров отдельных агрегатов и систем на выходные процессы двигателя в функции времени, углового перемещения и частоты [3].

Практическое применение методов идентификации технического состояния ДВС измерительной экспертной системой с помощью настраиваемой модели, рассмотренные в данной статье, позволяет повысить оперативность и снизить трудоемкость процесса экспертизы, расширить перечень методов экспертизы ДВС и его отдельных элементов, что приводит к повышению точности и достоверности экспертного заключения. Кроме того, эти методы могут быть эффективными при автоматической экспертизе приработки ДВС, при автоматическом управлении агрегатами с резко переменной нагрузкой (например, машинно-тракторным агрегатом, дизель-генератором).

ЛИТЕРАТУРА

1. Добролюбов И.П. Идентификация состояния сельскохозяйственных объектов измерительными экспертными системами / И.П. Добролюбов, О.Ф. Савченко, В.В. Альт // РАСХН, Сиб. отд.-ие. – СибФТИ. – Новосибирск, 2003. – 209 с.
2. Дейч А.И. Методы идентификации динамических объектов. – М.: Энергия. – 1979. – 240 с.

3. Автоматизированное оперативное управление технологическими процессами диагностики и режимами работы МТА. Информационное, техническое, алгоритмическое и программное обеспечение: Метод. рекомендации. Сост. Добролюбов И.П., В.М. Лившиц, В.Н. Башмакова / ВАСХНИЛ. Сиб. отд-ние. СибИМЭ. – Новосибирск, 1989: – 208 с.

МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ ОТКРЫТЫХ ЗАДАЧ АВТОМАТИЗАЦИИ НА ОСНОВЕ ПАРАДИГМ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ

Солдатов В.В., д.т.н., профессор

Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского, г. Москва, Российская Федерация

Автоматизацию можно отнести к одному из основных двигателей прогресса в человеческом обществе, т.к. она позволяет существенно повысить производительность труда и качество выпускаемой продукции при сокращении удельных затрат на ее производство.

В результате снижается социальная напряженность в обществе и ускоряется его прогресс, т.к. все большее число его членов освобождается от тяжелого физического и рутинного интеллектуального труда, получая возможность для творческого развития и применения своих способностей.

Одной из главных проблем, возникающих при создании современных автоматических систем является все возрастающая сложность управляемых технологических процессов, обусловленная разнообразием взаимодействий между материальными и энергетическими потоками объектов и окружающей их среды. Это приводит к появлению различных неопределенностей, обусловленных неполнотой информации об указанных взаимодействиях.

Необходимо отметить, что немало математически изящных теорий в области технических систем автоматического управления не получили практического применения, т.к. нуждались в весьма детальной и труднодоступной информации о характеристиках управляемых объектов и действующих на них возмущений.

Осознание причины неудач привело к созданию высокоэффективных методов робастного, адаптивного, нечеткого и нейросетевого управления технологическими процессами, совместное применение которых позволяет ограничиться минимальным объемом информации об управляемых системах.

На этих, эффективных в условиях информационной неопределенности методах, базируются парадигмы интеллектуального управления, каждой из которых присущи определенные достоинства и недостатки.

Отметим, что с помощью парадигм интеллектуального управления, можно успешно решать открытые задачи автоматизации, т.е. такие задачи, условия которых заведомо неполны, размыты и существует множество способов их решения.

Отметим, что постоянное совершенствование методов и систем управления технологическими процессами привело не только к появлению большого количества достаточно эффективных алгоритмов управления в условиях информационной неопределенности, но и к довольно четкому выделению основных способов их разработки. Эти способы получили название парадигм. В данном случае под парадигмой понимается модель постановки проблем и их решения. Условно можно выделить нечеткую, робастную, адаптивную и нейросетевую парадигмы.

При этом нечеткая парадигма объединяет все методы управления, базирующиеся на теориях нечеткого логического вывода и нечетких множеств. Применение нечетких методов управления позволяет учесть существующие неопределенности и погрешности данных, используемых в процессе управления.

Робастная парадигма, название которой происходит от английского слова *robust* (крепкий, сильный, грубый) объединяет методы управления, эффективные при отсутствии информации о возмущающих воздействиях, влияющих на качество управления технологиче-

скими процессами. Эффективность робастных методов обеспечивается за счет достижения максимального быстродействия системы управления, позволяющего ей успешно парировать возмущающие воздействия со статистическими характеристиками, изменяющимися в широких пределах.

Адаптивная парадигма объединяет методы управления, эффективные при отсутствии априорной информации о динамических характеристиках управляемых объектов, причем при использовании этих методов управления в процессе функционирования адаптивной системы собирается апостериорная информация о динамике управляемого объекта.

Входящие в нейросетевую парадигму методы управления базируются на теории искусственных нейронных сетей и генетических алгоритмах управления.

Указанное разделение всех методов конструирования алгоритмов управления в условиях информационной неопределенности на парадигмы, вполне приемлемо, т.к. под него попадают все известные на сегодняшний день алгоритмы интеллектуального управления.

Однако неверно было бы утверждать о явных преимуществах какой-либо одной парадигмы перед остальными. Каждая из них, наряду с большим количеством положительных особенностей имеет и свои недостатки. Как правило, выбор метода управления определяется спецификой предметной области решаемой задачи.

Установим последовательность наиболее эффективного применения методов, входящих в состав указанных выше парадигм управления.

В условиях полной неопределенности относительно характеристик управляемых объектов и действующих на них возмущений целесообразно применять нечеткую парадигму управления, т.к. она базируется на теориях, специально разработанных для решения задач с размытыми условиями. Затем, применяя адаптивную парадигму, можно постепенно накопить информацию о динамике объекта, что позволяет уже перейти к использованию робастной парадигмы, которая, в свою очередь, может быть постепенно усовершенствованна с помощью методов обучения искусственных нейронных сетей, относящихся к нейросетевой парадигме управления.

Таким образом, установлены парадигмы управления в условиях информационной неопределенности и их взаимосвязь.

Подход к автоматизации производств, базирующийся на решении открытых задач, оказывается весьма эффективным при обучении студентов, т.к. современное высшее образование – это область сложных противоречий и парадоксов.

Например, качественное образование должно быть дорогим, т.к. оно предполагает высокие зарплаты преподавателей, серьезную материально-техническую базу, постоянное обновление содержания и др., и то же время оно должно быть дешевым, чтобы быть доступным.

В качестве одного из подходов к разрешению указанных противоречий предлагается обучать студентов не набору разрозненных фактов и методов, а прививать им умения и навыки к решению открытых задач, т.е. задач с неполностью определенными исходными данными и допускающими многовариантные решения.

ИНТЕРВАЛЬНО-ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ НАДЁЖНОСТИ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

Судник Ю. А., д.т.н., профессор,
ФГОУ ВПО МГАУ, г. Москва, Российская Федерация

Совершенствование технологических процессов, усложнение техники, расширение её функций и областей использования, повышение уровня автоматизации требуют коренного повышения надёжности технических систем (ТС) управления. К последним в настоящее время предъявляются достаточно жёсткие требования по надёжности.

Основными её показателями являются вероятность безотказной работы, интенсивность отказов и средняя наработка до отказа. Известны четыре базовые модели отказов: экспоненциальная, гамма-модель, нормальная и модель Вейбулла.

Анализ таких моделей показывает, что они базируются на концепциях «случайности и неизбежности отказов». В тоже время установлено, что:

- а) при выявлении причин отказов необходимо также учитывать конструктивно - технологические и эксплуатационные факторы;
- б) наряду с констатацией статистики отказов необходимо устанавливать причины последствий;
- в) методы традиционного контроля не в полной мере позволяют выявлять все дефекты, приводящие к отказам;
- г) необходимо осуществлять оценку надёжности ТС в условиях их производства.

В развитии, уточнении и подтверждении таких подходов известны работы по экспериментальной оценке фактической надёжности, а также по сбору и обработке эксплуатационной информации о ней. Ряд «случайных» отказов нашёл своё объяснение, была установлена взаимосвязь между конструкцией изделий, технологией, условиями эксплуатации и причинами их отказов. При этом, на практике в большинстве случаев оценки надёжности использовалось допущение о независимости надёжности элементов от их взаимного влияния при отказах, т. е. допущение о независимости отказов. В то же время, как показали исследования, такое допущение приводит к существенным погрешностям при оценках надёжности ТС.

Современная концепция системного анализа надёжности в развитие перечисленных выше подходов представлена в работах Воронина Е. А., в которых глубоко исследованы вопросы аналитической (векторно- матричной) оценки и прогнозирования надёжности с учётом зависимых отказов и влияний условий эксплуатации ТС. Согласно такой концепции надёжность ТС необходимо оценивать не как скалярную величину, а как векторную. В частности, основной показатель надёжности, интенсивность λ отказов, необходимо принимать вектором

$$\vec{\lambda} = (I - A)^{-1} \vec{\lambda}_0, \quad (1)$$

где $\vec{\lambda}$ - вектор наблюдаемой интенсивности отказов, учитывающий зависимые отказы; I - единичная матрица; $A \{a_{ij}\}$ - матрица взаимовлияний между элементами технической системы, причём a_{ij} - вероятность отказа i -го элемента при отказе j -го; $\vec{\lambda}_0$ - вектор интенсивности отказов ТС (оцененный по показателям конструктивной надёжности элементов), когда в ней не наблюдаются зависимые отказы (вектор начальных условий).

Анализ выражения (1) показывает, что для снижения интенсивности отказов ТС необходимо:

- повышать конструкторско-технологическую надёжность отдельных элементов ТС;

- снижать степень взаимовлияния между отдельными элементами ТС (а в идеале полностью исключать такие взаимовлияния);
- уменьшать количество элементов в системе, т. е. упрощать её схемотехнику, конструкцию.

Наибольший эффект реализации таких мероприятий может быть достигнут на этапе проектирования ТС. Однако, поиск их альтернативных вариантов, декомпозиция с ориентацией на упрощение, снижение количества элементов, выбора последних с малыми интенсивностями отказов и степенью их взаимовлияния на практике вызывает серьезные трудности, в первую очередь из-за чрезвычайной сложности и высокой трудоёмкости исследования различных вариантов реализаций ТС с целью существенного повышения их надёжности. При этом непростой задачей является и определение стоимостей различных альтернативных вариантов построения оптимальных по надёжности систем. Все возникающие при этом проблемы в первую очередь объясняются использованием классического предметно-элементного подхода при проведении анализа и синтеза (со сложными математическими зависимостями) проектируемых ТС. Такой путь трудоёмкий, ориентирует разработчика на единственный вариант построения изделия (системы) с учётом требуемых показателей надёжности, не даёт достаточной ширины и глубины поиска альтернативных оригинальных решений. Абстрагирование с использованием функционального подхода от внутреннего строения ТС, исключает указанные выше недостатки. Описывая ТС на языке функций и их взаимосвязей (отношений) разработчик освобождается от шаблонного, стереотипного подходов при анализе и синтезе проектируемой системы управления. Под функцией понимается проявление свойств объекта в определённой системе отношений в виде действия или состояний.

Следует отметить, что функциональный в настоящее время является основой эволюционного синтеза в наиболее передовых областях технического проектирования. Функциональный подход концентрирует внимание на общности функций (зачастую разнородных элементов), позволяет охватывать разнообразие протекающих в системе процессов (нередко и различной физической природы) и рассматривать их в интегральном виде, как поведение ТС. Использование функционального подхода при анализе объектов техники объясняется прежде всего функциональной природой всех изучаемых явлений. Поскольку функция реализуется лишь в структуре, то необходимо совмещать структурный и функциональный подходы. Структура системы включает не только её элементы, взаимосвязь их и характер физического взаимодействия, но и отношения самой различной природы (пространственные, временные, детерминированные, вероятностные др.).

Графоаналитическая интерпретация такого подхода представлена на рис. 1.

Разработан функционально-структурный метод оценки надёжности ТС. По аналогии с

выражением (1) $\vec{\lambda}_{F_0}$ представим как вектор интенсивности отказов соответствующих

функций, реализующих конструктивную надёжность элементов ТС, A_F - матрица взаимовлияний между такими функциями. Тогда вектор реально наблюдаемой надёжности $\vec{\lambda}_F$ ТС будет определяться следующим выражением

$$\vec{\lambda}_F = (I - A_F)^{-1} \vec{\lambda}_{F_0}, \quad \text{при } C_F \Rightarrow \min, \quad (2)$$

где C_F - стоимость соответствующих функций ТС.

Как видно из (2) для реализации функционально-структурного метода оценки надёжности ТС необходимо располагать интенсивностями отказов отдельных функций F_i (i - коли-

ляющие функцией f_1 , исключают такие неблагоприятные режимы. В свою очередь, функция f_4 воздействует на функцию f_1 , которая может влиять на реализации функций f_2 и f_3 . Также функция f_3 воздействует на функцию f_2 , но исключение последней может негативно сказаться на реализации функции f_3 . По аналогии согласно рис.1 можно рассмотреть и другие взаимовлияния этих функций.

Очевидно функциям f_1, f_2, f_3, f_4 соответствуют значения их интенсивностей отказов $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4$.

Составим матрицу A взаимовлияний функций в структуре рассматриваемой ТС.

$$A_F = \begin{bmatrix} 0 & a_{12} & a_{13} & a_{14} \\ a_{21} & 0 & a_{23} & 0 \\ a_{31} & a_{32} & 0 & a_{34} \\ a_{41} & 0 & a_{43} & 0 \end{bmatrix}, \quad \lambda_F = \begin{bmatrix} \lambda_1 \\ \lambda_2 \\ \lambda_3 \\ \lambda_4 \end{bmatrix} \quad (3)$$

В матрице приняты следующие обозначения:

a_{12} - вероятность выхода функции f_1 за допустимый интервал значений при выходе за допустимый интервал значений f_2 ;

a_{13} - вероятность выхода функции f_1 за допустимый интервал значений при выходе за допустимый интервал значений f_3 ;

a_{14} - вероятность выхода функции f_1 за допустимый интервал значений при выходе за допустимый интервал значений f_4 ;

a_{21} - вероятность выхода функции f_2 за допустимый интервал значений при выходе за допустимый интервал значений f_1 ;

a_{23} - вероятность выхода функции f_2 за допустимый интервал значений при выходе за допустимый интервал значений f_3 ;

a_{31} - вероятность выхода функции f_3 за допустимый интервал значений при выходе за допустимый интервал значений f_1 ;

a_{32} - вероятность выхода функции f_3 за допустимый интервал значений при выходе за допустимый интервал значений f_2 ;

a_{34} - вероятность выхода функции f_3 за допустимый интервал значений при выходе за допустимый интервал значений f_4 ;

a_{41} - вероятность выхода функции f_4 за допустимый интервал значений при выходе за допустимый интервал значений f_1 ;

a_{43} - вероятность выхода функции f_4 за допустимый интервал значений при выходе за допустимый интервал значений f_3 ;

Подставляя значения A_F и λ_{F_0} в (2), определяем реальную интенсивность λ_F для рассматриваемой системы управления асинхронным электродвигателем.

Таким образом, интервально-функциональный подход является новым эффективным инструментом для оценки и прогноза эксплуатационной надёжности ТС управления, с учётом её стоимостной оценки.

УДК: 621.311
АНАЛИЗ ФОРМ ГРАФИКОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА НА СУТОЧНЫХ ИНТЕРВАЛАХ

Забелло Е.П., д.т.н., профессор, Громова В.С., ассистент, Буллах В.Г.
УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»
г. Минск, Республика Беларусь

В Республике Беларусь с 2006 года действует Постановление Совета Министров № 847 от 02.08.2005 г. «О мерах по внедрению в республике автоматизированной системы контроля и учета электрической энергии», согласно которому разработана и реализуется Программа создания в республике в 2006-2012 годах автоматизированной системы контроля и учета электрической энергии (АСКУЭ). Целью Программы является обеспечение возможности работы энергосистемы по более ровному графику электрических нагрузок на суточных, недельных и сезонных интервалах, ведение оперативного контроля за генерацией, передачей, распределением и потреблением энергии, внедрение гибких тарифных систем в условиях рынка энергии, закупаемой в соседних государствах, выявление источников ее небаланса и потерь (технических и коммерческих).

Программа касается всех отраслей народного хозяйства, в том числе и отрасли сельского хозяйства, потребление электрической энергии которой достаточно существенно (более 10 % от суммарного по республике).

В республике уже накоплен определенный опыт создания систем АСКУЭ и на объектах сельского хозяйства. И хотя на сегодняшний день при электроснабжении потребителей этой отрасли используется одноставочный тариф на энергию, однако исследование форм графиков их нагрузок на суточных интервалах представляет интерес с точки зрения оценки доли вклада потребителей энергии в отрасли сельского хозяйства в формировании пиков нагрузки энергосистемы, покрытие которых становится все более затратным для энергосистемы.

Для четырех предприятий, относящихся к отрасли сельскохозяйственного производства и переработки продукции, в таблице 1 приведены данные по распределению долей потребления электрической энергии по трем зонам суток (зоны пиковых, полупиковых и ночных нагрузок) и распределения долей времени, относящихся к этим зонам.

Таблица 1

№	Объект	Распределение (в %) долей электропотребления по зонам суток		
		Зона пик 6ч (25%)	Зона полупик 12ч (50%)	Зона ночная 6ч (25%)
1	Насосные агрегаты мелиоративной станции	20,7	63,3	16,0
2	Молочный комбинат	8,7	47,5	43,8
3	Крахмальный завод	26,8	45,1	28,1
4	Комбинат хлебопродуктов	25,8	48,0	26,2
5	Мясокомбинат	27,6	46,8	19,2
6	Условный объект, работающий по ровному графику нагрузок	25,0	50,0	25,0
7	Энергосистема	27,63	52,73	19,64

Из приведенных данных (рабочий день марта 2011 г.) видно, что доля электропотребления в зоне пиковых нагрузок выше доли времени суток, относящегося к этой зоне, у трех предприятий – крахмального завода, комбината хлебопродуктов и мясокомбината. У молочного комбината основная часть нагрузки приходится на ночное время и зону полупиковых (в основном дневных) нагрузок. В этой же зоне наибольший объем электропотребления имел место на мелиоративной станции, а в ночное время - наименьший.

В таблице (см. п.6 и 7) приведены также сравнительные данные по распределению долей электропотребления по зонам для условного потребителя, работающего по ровному графику нагрузок и в целом по энергосистеме.

Как видно из данных, в ночные часы суммарный график нагрузок по энергосистеме имеет ярко выраженный провал в ночные часы ($19,64 < 25$) и превышение над средними величинами в полупиковой и пиковой зонах. Таким образом, следует отметить, что мероприятия по регулированию нагрузок, которые уже проводятся в других отраслях народного хозяйства, связаны с переносом нагрузок из пиковых зон в полупиковые (дневные), а проблема прохождения их ночных провалов остается острой.

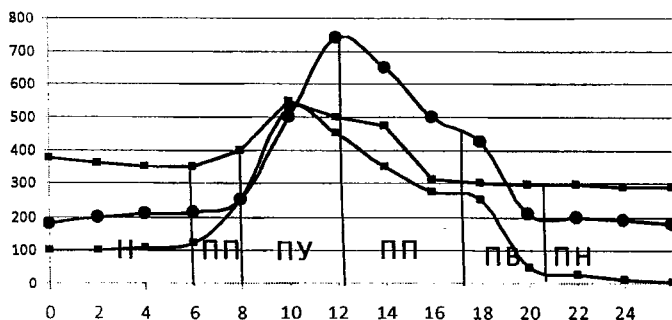


Рисунок 1 - Графики суммарных нагрузок на часовых интервалах насосных мелиоративных станций, оборудованных автоматизированными системами энергоучета

ПП, Н, ПУ, ПВ – зоны полупиковых, ночных, пиковых утренних и пиковых вечерних нагрузок

Задаваясь вопросом, могут ли потребители электроэнергетики сельскохозяйственной области принять определенное участие в регулировании графика электрических нагрузок энергосистемы, нами был проведен анализ работы группы насосных агрегатов мелиоративной станции за различные рабочие дни (рис. 1). Из приведенных на рисунке графиков видно, что по всем агрегатам основные нагрузки имели место в утренние часы, хотя объекты уже оборудованы системами АСКУЭ и имеется возможность оборудования их дистанционным управлением. Однако учитывая, что на каждой взятой в отдельности польдерной насосной станции установленная мощность электропривода насосов составляла величину менее 750 кВА, то исходя из данного формального факта данные объекты рассчитываются по одноставочному тарифу на электроэнергию, т.е. стимул косвенного управления нагрузками (через тарифы) отсутствовал, хотя потребитель при наличии такого стимула был готов полностью "уйти" из зоны утреннего пика нагрузок.

В целях стимулирования экономической заинтересованности потребителей различных отраслей в выравнивании графиков нагрузки Министерством энергетики Республики Беларусь в 2005 году была утверждена инструкция по оплате за электрическую энергию по двухставочному интервальному - дифференциальному тарифу (ДИ/ДТ) на активную электрическую мощность и энергию.

Срок действия Инструкции был установлен с 1 марта по 1 сентября 2005 года с целью экспериментальной проверки Инструкции и прежде всего ее главного блока, сущность которого поясним ниже.

Согласно предложенному методу формирования тарифа была введена ежедневная индивидуальная ставка $T_э$, рассчитываемая энергоснабжающей организацией для конкретного предприятия по формуле:

$$T_э = T_{бp} + (b + T_{бp})(1 - \delta), \quad (1)$$

где $T_{бp}$ – базовый тариф на электроэнергию для потребителей, установленный декларацией, руб/ кВтч,

δ – коэффициент соответствия формы графика нагрузки потребителя форме графика нагрузки энергосистемы, расчет которого осуществляется на основании фактических получасовых электрических нагрузок за прошедшие рабочие сутки потребителя ($P_{n1}, P_{n2}, \dots, P_{n48}$), а также ожидаемых получасовых электрических нагрузок в энергосистеме ($P_{эс1}, P_{эс2}, \dots, P_{эс48}$), усредненных по рабочим дням квартала, предыдущего расчетному.

Для всех получасовых периодов $t = 1, \dots, 48$ проводится расчет относительных электрических нагрузок потребителя (P_{nt}^*) и относительных электрических нагрузок в энергосистеме ($P_{эсt}^*$) по формулам:

$$P_{nt}^* = P_{nt} / \sum P_{nt}, \text{ где } t = 1, \dots, 48; \quad (2)$$

$$P_{эсt}^* = P_{эсt} / \sum P_{эсt}, \text{ где } t = 1, \dots, 48. \quad (3)$$

При равномерном графике нагрузки энергосистемы или потребителя средняя относительная мощность (P_{cp}^*) составляет:

$$P_{cp}^* = 1/48 = 0,0208. \quad (4)$$

Расчет коэффициентов соответствия формы графика нагрузки потребителя форме графика нагрузки энергосистемы для каждого получаса производится по формуле:

$$\text{если } P_{эсt}^* > P_{cp}^*, \text{ то } \delta t = P_{эсt}^* - P_{cp}^*; \quad (5)$$

$$\text{если } P_{эсt}^* < P_{cp}^*, \text{ то } \delta t = P_{cp}^* - P_{эсt}^*. \quad (6)$$

Полученные коэффициенты δt суммируются по всем 48 интервалам:

$$\delta = \sum \delta t, \text{ где } t = 1, \dots, 48. \quad (7)$$

В результате суммирования значение δt будет индивидуальным, не только для каждого потребителя, но и по каждому суткам рабочих и выходных дней, причем положительные значения суммы δt будут свидетельствовать о том, что форма графика нагрузки (ФГН) потребителя лучше ФГН энергосистемы и наоборот – при отрицательном значении суммы δt , что существенно отразится и на составляющей платы за электрическую энергию согласно формуле (1).

К сожалению, на то время (2005 год) разработка ДИДТ оказалась преждевременной по субъективным причинам, так как энергоснабжающая организация не смогла найти источника возмещения выпадающих доходов, обусловленных тем, что на подобный тариф были готовы перейти прежде всего в основном те потребители, которые имели лучше ФГН, чем энергосистема. Выходом из положения в данном случае находится просто: предложенный метод формирования тарифа должен касаться всех без исключения потребителей, а, следовательно, все потребители должны быть оснащены полномасштабными АСКУЭ [1,2]. К сожалению, процесс такого оснащения затянулся в Республике Беларусь.

Выводы:

1. Имеется реальная возможность использовать некоторые группы энергопотребляющих установок в сельском хозяйстве для уплотнения суточных графиков нагрузки энергосистемы.

2. В связи с продолжающимся внедрением в энергетике полномасштабных АСКУЭ, позволяющих использовать тарифные системы практически любой сложности, целесообразно разработать, экспериментально подтвердить и обобщить опыт применения сложных тарифов на электроэнергию и в сельскохозяйственной отрасли

ЛИТЕРАТУРА

1. Забелло Е.П. О тарифной политике в электроэнергетике на современном этапе и на ближайшую перспективу. - Промышленная энергетика, 2005, № 11, с 2-10

2. Забелло Е.П., Евсеев А.Н. Анализ рыночных преобразований в электроэнергетике. - Промышленная энергетика, 2006, №11, с 2-6.

УДК: 621.311

ПРИМЕНЕНИЕ СРЕДСТВ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ЭНЕРГОУЧЕТА В АГРОПРОМЫШЛЕННЫХ КОМПЛЕКСАХ

Забелло Е.П., д-т.н., профессор, Дайнеко В.А., канд. техн. наук, доцент, Кирплюк М.Р.,
канд. техн. наук

*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»
г. Минск, Республика Беларусь*

В соответствии с общей концепцией построения системы управления энергопотребляющими комплексами, изложенной в [1], были намечены первоочередные меры по ее реализации, согласно которым требовалось разработать ряд вариантов тарифов для разных групп потребителей электроэнергии и провести их опытную проверку, проанализировать и выбрать варианты проектов автоматизированных систем учета (АСКУЭ) для каждой из групп потребителей, разработать на основе концепции Правила приборного учета, а также руководящие документы по метрологической аттестации АСКУЭ, методику оценки ее экономической эффективности с учетом специфики секторов электропотребления. Подобную объемную работу намечалось завершить к 2012 году, обеспечив достижение следующей поставленной цели: обеспечить возможность работы энергосистемы по более ровному графику электрических нагрузок на суточных, недельных и сезонных интервалах, ведение оперативного контроля за генерацией, передачей, распределением и потреблением энергии, внедрение гибких тарифных систем в условиях рынка энергии, закупаемой в соседних государствах, выявление источников небаланса и потерь (технических и коммерческих).

Концепция [1] в полной мере касается и систем управления энергопотребляющими установками агропромышленного комплекса (АПК), так как потребление электроэнергии в сельском хозяйстве постоянно растет и вместе с потреблением в жилищном секторе составляет более 20% от общего электропотребления, оказывая все большее негативное влияние на форму графика нагрузки (ГН) Белорусской энергосистемы. Процесс постоянного совершенствования систем управления энергопотребляющими комплексами в сельском хозяйстве не

нацелен на повышение коэффициента загрузки оборудования и выравнивание ГН энергосистемы по ряду причин, среди которых следующие:

- процессы энергопотребления при организации работы энергопотребляющих комплексов обусловлены требованиями технологии без учета каких-либо режимных условий энергоснабжающих организаций;
- тарифы на энергию не дифференцированы по каким-либо признакам, например, по периодам суток, а являются одноставочными, в связи с чем они не стимулируют перенос нагрузок из пиковых зон в непииковые;
- имеющиеся в наличии технические средства контроля энергопотребления в АПК в подавляющем большинстве неинтеллектуальны, в связи с чем они не могут составить основу информационной базы современных систем управления технологическими процессами в этом комплексе.

Стратегией развития энергетического потенциала Республики Беларусь [2] (раздел "Направления ценовой и тарифной политики") определено, что в ближайшее время должна быть начата поэтапная оптимизация уровня тарифов на энергию в том числе с формированием их по уровням напряжения и выделением составляющих (генерация, передача, распределение энергии).

Если учесть, что на ближайшее время предполагается и ликвидация перекрестного субсидирования, то следует ожидать существенного роста тарифов именно для сельскохозяйственных потребителей, так как в подавляющем большинстве это наиболее удаленные от энергисточников объекты. Приведем пример из опыта России, где создан рынок электрической энергии, причем с 2011 года на этом рынке полностью отсутствуют регулируемые цены, для которых постепенно снижалась в течение 7 лет.

Проведенные расчеты по группе потребителей одной из зон России показали, что в случае покупки электрической энергии на напряжении ВН (высокое напряжение, $U \geq 110$ кВ) и на напряжении НН (низкое напряжение, $U = 0,4$ кВ) разница в тарифах на электроэнергию определяется соотношением 1,38 раза. Но еще более существенной оказалась разница платы за мощность и содержание электрических сетей – 3,62 раза, так как хотя средневзвешенная стоимость мощности при двухставочном тарифе и была одинаковой для любых уровней напряжения (в российских рублях – 145101 руб/мВт в месяц), но плата за содержание электрических сетей с учетом напряжения была существенно дифференцирована.

Приведенный выше пример показывает, что создание стимулов для максимальной экономии энергии на всех стадиях ее производства и потребления не может рассматриваться вне зависимости от создания полномасштабной системы автоматизации сбора информации об электропотреблении с применением современных интеллектуальных средств, какими являются электронные счетчики, устройства сбора и передачи данных (УСПД) и ПЭВМ, объединенные в единую сеть для решения всего комплекса задач не только автоматизации энергоучета, но и анализа показателей качества энергии, ее потерь, ведения базы данных с накоплением и коррекцией, хранением информации и ее обновлением с требуемой периодичностью.

До последнего времени реализация перечисленных выше функций на нижнем иерархическом уровне АСКУЭ осуществлялась с применением разрозненных приборов, что приводило к удорожанию как систем сбора и обработки данных, так и систем их передачи на верхние уровни. В настоящее время значительная часть заводов-изготовителей электронной аппаратуры для нужд энергоучета и контроля начали выпуск multifunctional изделий, которые обеспечивают не только возможность учета энергии и мощности, но и расчет их потерь, а также анализ качества энергии по основным параметрам. Наибольший эффект от подобного синтеза заключается в том, что электроэнергия как дефицитный товар становится сертифицируемой в темпе ее потребления, причем все отклонения от норм качества регистрируются и появляется возможность организации коммерческих отношений с поставщиком энергии на корректной договорной основе. Для энергоемких производств в АПК проблема каче-

ства энергии усугубляется тем, что основные источники электроснабжения находятся на значительном удалении, требующем двух- или трехкратной трансформации напряжения в линиях электропередачи, а с помощью собственных резервных источников энергии обеспечение требуемых параметров качества электроэнергии проблематично.

ЛИТЕРАТУРА

1. Концепция приборного учета электрической энергии в Республике Беларусь. «Энергетика и ТЭК», №12, 2005 (с. 27-30), №1, 2006 г. (с. 25-31).
2. Стратегия развития энергетического потенциала Республики Беларусь. Постановление Совета Министров Республики Беларусь 09.08.2010 №1180.

УДК 621.398

СИНТЕЗ РОБАСТНОЙ САУ С УПРЕДИТЕЛЕМ СМИТА ДЛЯ ОБЪЕКТОВ С ПЕРЕМЕННЫМ ЗАПАЗДЫВАНИЕМ

Карпович Д.С., к.т.н., Барашко О.Г., к.т.н.

УО «Белорусский государственный технологический университет»
Минск, Республика Беларусь

В АПК существует большое количество объектов управления, содержащих в своих передаточных функциях элемент чистого или транспортного запаздывания. С точки зрения теории автоматического управления для объектов, передаточные функции которых содержат запаздывание, сопоставимое или большее постоянной времени объекта, использование классических алгоритмов управления не всегда обеспечивает необходимое качество управления. Для управления отдельным классом объектов, имеющих значительные величины запаздывания, используют специализированные системы управления [1]. Наиболее распространенным подходом для снижения задержки информационного сигнала из-за элемента запаздывания в настоящее время является использование упредителя Смита [2] (рис. 1).

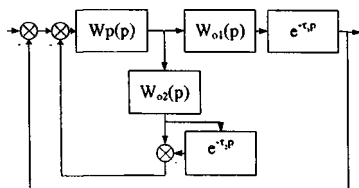


Рис. 1. Структурная схема системы с упредителем Смита

В результате применения упредителя эквивалентная передаточная функция всей системы при условии равенства передаточных функций W_{o1} и W_{o2} , а также величин запаздываний τ_1 и τ_2 будет равна:

$$W_{\text{эквив}}(p) = \frac{W_o W_p}{1 + W_o W_p} e^{-\tau_p p} \quad (1)$$

Таким образом, введение упредителя Смита уменьшает влияние элемента запаздывания на синтезируемую систему в результате вынесения элемента запаздывания за рамки единичной отрицательной обратной связи.

Использование упредителя дает хорошие результаты при условии, что параметры объекта неизменны и модель точно воспроизводит рассматриваемый объект [3].

В случае если параметры объекта (W_{o1} , τ_1) и модели (W_{o2} , τ_2) отличаются (рис. 1), передаточная функция системы вместо (1) будет иметь вид:

$$W_{\text{перемеси}}(p) = \frac{W_{o1}W_p}{1 + W_{o2}W_p - W_{o2}W_p e^{-\tau_2 p} + W_{o1}W_p e^{-\tau_1 p}} e^{-\tau_1 p} \quad (2)$$

В общем случае связь между передаточными функциями объекта W_{o1} , $e^{-\tau_1 p}$ и модели W_{o2} , $e^{-\tau_2 p}$ можно представить в первом приближении как линейные приращения:

$$\begin{cases} W_{o2} = W_{o1} + \Delta W, \\ e^{-\tau_2 p} = e^{-(\tau_1 + \Delta \tau)p} = e^{-\tau_1 p} \cdot e^{-\Delta \tau p}. \end{cases} \quad (3)$$

Тогда

$$W'_{\text{перемеси}}(p) = \frac{W_{o1}W_p}{1 + (W_{o1} + \Delta W)W_p - (W_{o1} + \Delta W)W_p e^{-\tau_1 p} e^{-\Delta \tau p} + W_{o1}W_p e^{-\tau_1 p}} e^{-\tau_1 p} \quad (4)$$

Анализ выражения (4) позволяет подтвердить предположение, что упредитель Смита дает хорошие результаты при управлении объектами, передаточные функции которых могут быть найдены с высокой степенью точностью и при этом не должны изменяться в процессе работы. В этом случае в (4) приращения ΔW и $\Delta \tau$ можно принять равными 0 и передаточная функция (4) примет вид (1).

Для оценки степени изменения параметров объекта рассмотрим факторы, влияющие на характеристики передаточной функции объекта. Возникновение отклонения ΔW обусловлено изменением параметров объекта управления. Если рассматривать в качестве процесса тепловой объект, то его модель может быть представлена аperiodическим звеном первого порядка с запаздыванием. На величину коэффициента усиления оказывает влияние теплоемкости и массы веществ, на постоянную времени объекта дополнительно оказывают влияние коэффициент теплопередачи, площадь поверхности контакта и т.д. На характеристики запаздывания $\Delta \tau$ наибольшее влияние оказывают свойства потока теплоносителя, поступающего в зону теплообмена.

Анализ изменения параметров объекта позволяет сделать вывод, что в процессе работы системы управления с упредителем Смита изменение параметров передаточной функции ΔW происходит плавно, изменяясь лишь при рассмотрении больших интервалов времени. Напротив, значение запаздывания $\Delta \tau$ происходит более динамично, так как, по сути, величина запаздывания равная времени прохождения теплового потока по трубе, обратно пропорциональна величине расхода. Значение же расхода изменяется непосредственно самой системой управления в результате воздействия на объект. При этом диапазон изменения весьма широк и зависит от положения регулирующего органа, установленного на трубопроводе подачи горячего теплового агента. Таким образом, систему уравнений (3) можно упростить до:

$$e^{-\tau_2 p} = e^{-\tau_1 p} \cdot e^{-\Delta \tau p}. \quad (5)$$

Тогда

$$W''_{\text{перемеси}}(p) = \frac{W_{o1}W_p}{1 + W_{o1}W_p (1 + e^{-\tau_1 p} (1 - e^{-\Delta \tau p}))} e^{-\tau_1 p}. \quad (6)$$

Проведенные исследования подтверждают слабое влияние изменения коэффициента усиления и постоянной времени объекта на устойчивость системы с упредителем Смита. Изменение величины транспортного запаздывания $\Delta \tau$ на 1-2% от τ_1 приводит к неустойчивому поведению системы в целом.

Для устранения данного недостатка и повышения робастности всей системы в целом при работе упредителя Смита предлагается использовать дополнительный информационный канал по измерению расхода теплоносителя, предназначенный для корректировки величины транспортного запаздывания. В этом случае система управления примет вид, представленный на рис.2.

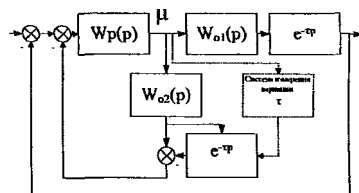


Рис. 2. Структурная схема системы, учитывающей изменение запаздывания

Для моделирования предлагаемой системы можно воспользоваться пакетом Simulink. Использование блока VariableTime Delay позволяет изменять величину запаздывания объекта с течением времени. Величина запаздывания обратно пропорциональна расходу теплоносителя, и с учетом линейной расходной характеристики регулирующего клапана может быть определена по величине управляющего воздействия на объект μ .

В качестве примера рассмотрим объект, описываемый аperiодическим звеном первого порядка с передаточной функцией:

$$W_{oi}(p) = \frac{1}{10p + 1} e^{-100p} \quad (7)$$

Модель системы в пакете Simulink приведена на рис. 3.

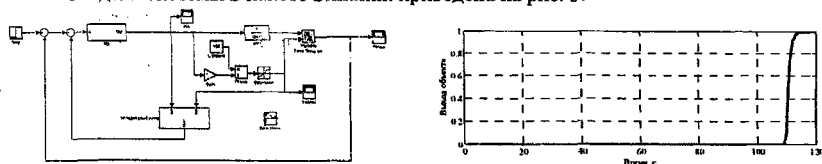


Рис. 3. Имитационная модель и результат моделирования

Анализ результатов моделирования, приведенный на рис 3, свидетельствует о наличии существенного запаса устойчивости для рассматриваемой системы, в которой величина запаздывания изменяется в диапазоне от 0 до 100 с. Таким образом, использование канала измерения расхода для корректировки параметров модели τ_2 упреждителя Смита позволяет повысить робастность системы управления по наиболее изменяемому параметру – запаздыванию.

ЛИТЕРАТУРА

1. Филимонов А.Б. Спектральный метод построения упреждителей для объектов с запаздыванием // Мехатроника, автоматизация и управление. – 2006. – №6. – С. 2–8.
2. Смит Дж. М. Автоматическое регулирование. – М.: Физматгиз, 1962. – 847с.
3. Янушевский Р. Т. Управление объектами с запаздыванием. – М.: Наука, 1978. – 416с.

Королев В.А., к.т.н., доц., Суляев С.А., Лучин А.Н., Кожемякин С.А.
ГНУ ВИЭСХ Россельхозакадемии, Москва, РФ

Воротников, С.А., к.т.н., доц., Польский В.А., к.т.н., доц., Можасев К.О., Магазеев Д.М.

МГТУ им. Н. Э. Баумана, Москва, РФ

Использование мобильных робототехнических устройств в растениеводстве – одна из актуальных задач технического обеспечения технологических процессов аграрного производства. Существующая концепция создания сельскохозяйственных роботов (СР) рассматривает эти агрегаты как самодостаточные, функционально самостоятельные, либо входящие в состав более сложных систем, например, систем дифференцированного земледелия [1-3]. В состав СР входят связанные информационными потоками и средствами управления технические устройства: электроснабжения, управления движением, реализации технологических процессов, технического зрения и др. Перенос и адаптация технических решений из других областей техники, где существует большой научно-практический задел по созданию подобных устройств, в специфические тяжелые условия работы, эксплуатации и обслуживания агропроизводства без существенной доработки и доводки неэффективен или невозможен. Проблема состоит в том, что функционирования СР имеет свою специфику: перемещение по постоянно изменяющемуся труднопроходимому рельефу, работа в сложных погодных условиях при изменениях температур в широком диапазоне; необходимость адаптации к условиям работы, т.к. возделываемое растение, характеристики растений постоянно меняются и т.д.; требуются регулярные замены рабочих органов, т.к. в отличие от промышленных роботов, которые, как правило, решают узкую задачу, спектр выполняемых СР работ более широкий; управление рядом операций должно осуществляться «нечёткими» методами в условиях неполной информации, например, нет стопроцентно четкой формулировки «зрелого плода» и т.п.; захват манипулятора СР должен оперировать с объектами с сильно варьирующимися характеристиками: весом, размером, формой и др., нужны избыточные степени подвижности манипулятора и др.

В классической реализации СР в его состав входят: транспортная база на колесном или гусеничном ходу, рабочие технологические органы, технические средства получения информации, средства инфокоммуникаций, блок управления, технические средства обеспечения энергией. В мостовых СР элементом, несущим рабочие органы, является ферма моста, реализации которой различны. Перспективной, с точки зрения хорошей проходимости и высокой функциональности, для СР является схема шасси из четырех колес - по два на каждой оси, с передними ведущими колесами. Робот, построенный согласно данной схеме, разделен на две части. Активная часть с тяговыми ходовыми колесами передней оси и приводом колес, техническими средствами электроснабжения, поворотной видеокамерой, средствами управляющей электроники и навигации предназначена для обеспечения движения СР по заданному маршруту. Кроме этого здесь размещаются рабочие технологические органы (на манипуляторе или без него). Вспомогательная часть с пассивными ходовыми колесами задней оси предназначена для размещения вспомогательного технологического оборудования (емкости для удобрений, сбора урожая и т.д.) и, при необходимости, основного, используется при работе совместно с активной. Каждое колесо активной части имеет свой приводной двигатель. Части шасси в этой конструкции СР шарнирно связаны в центре без ограничения степеней свободы перемещения. При необходимости увеличить проходимость и тягу СР вспомогательная часть может быть укомплектована активными ходовыми колесами.

Для электроснабжения потребителей на борту СР в настоящее время перспективной является разработанная специалистами ГНУ ВИЭСХ система с передачей электроэнергии по однопроводниковому кабелю, работающему в резонансном режиме на повышенной частоте. Элементы инфраструктуры резонансной системы электроснабжения могут использоваться при решении задач локальной навигации СР [5,6].

Обеспечение успешного функционирования СР в условиях действия различных помех (разнообразие биометрических характеристик растений, например, цвет и размеры плодов, стеблей, листьев плодов растений и т.д.), при решении задач навигации и других требует рассмотрения вопроса о техническом зрении. Система технического зрения СР должна работать, когда освещённость и величина прямой видимости предметов зависят от времени суток, погодных условий, и роботу (в промышленности робот работает при искусственном освещении и в закрытом помещении).

Разрабатывается система управления движения СР между рядками пропашных культур (определение растений на фоне почвы в зоне видимости камеры, выделение прямыми линиями рядков (грядок) растений, отображение этих данных визуальное). Преобразование непрерывного потока видеоданных осуществляется с помощью библиотеки OpenCV с применением HSV фильтра. После задания параметров происходит логическое сложение слоев фильтра и получение результата в виде массива точек. Далее, применяя функцию преобразования Хафа с фильтрацией лишних прямых (прямые с отклонением более 30-40 градусов от вертикали и длиной более 100 пикселей), определяется траектория движения СР (рис. 1). Настройка проведена на зелёный цвет. Для написания программы использовалась Visual Studio 2008 и библиотека OpenCV 2.0.



Рис. 1 Замена рядков прямыми линиями

В системах дифференцированного земледелия находят применение беспилотные летающие аппараты [3]. В сельском хозяйстве существуют следующие возможности их использования: мониторинг сельскохозяйственных угодий и обнаружение неувлажнённых (неудобренных, непаханных) участков с помощью систем технического зрения или визуальное, ручную; фото и видео съёмки возделываемого угодья с возможностью зависания в воздухе в стабильном положении; выработка и передача управляющих сигналов наземным СР, на системы автоматического орошения и др.; перенос небольших грузов, например, получение проб почвы с отдалённых участков поля; охрана и патрулирование территорий; оперативное получение визуальной информации о функционировании разнообразных агрегатов на поле.

В рамках решения данной задачи рассматривается применение в сельскохозяйственной робототехнике квадрокоптера – четырёхвинтового вертолёт (рис. 2). Квадрокоптеры (четырёхфунтовые вертолёт), благодаря высокой функциональности и управляемости, могут найти применение в системах реализации технологий точного (дифференцированного) зем-

леления в качестве беспилотного летающего аппарата для мониторинга сельскохозяйственных угодий (обнаружение неувлажнённых/неудобренных/непаханных участков, депрессивных растений, вредителей и др.), оперативного управления ходом технологических прооправки сигналов управления на исполнительные рабочие машины (наземные агроботы, системы автоматического полива и др.), получения проб почвы с отдалённых участков поля и переноса небольших грузов, охраны и патрулирования территорий, оперативного получения визуальной информации о функционировании разнообразных агрегатов на поле и т.п.



Рис. 2 Квадрокоптер (внешний вид)

Система управления квадрокоптера содержит платы Arduino UNO с микроконтроллерами ATmega328; контроллеры двигателей (рабочий ток – 30А); двигатели с винтами (подъёмная сила 900 г); аккумулятор; датчики ёмкости аккумуляторов; датчики обеспечения движения: четыре ультразвуковых датчика для измерения расстояния до препятствий с четырёх сторон, трёхосевые гироскоп, акселерометр и компас для установления горизонтального положения и управления наклоном; барометрический датчик для измерения высоты (возможно установить ультразвуковой датчик), температурный датчик для учета дрейфа параметров других датчиков в зависимости от температуры; модули X-BEE PRO (дальность действия ~1.6 км); компьютер или джойстик для управления с земли. График зависимости подъёмной силы двигателей (по оси y) от сигнала (по оси x), сообщаемого по ШИМ, почти линейен, что облегчает управление (рис. 3).

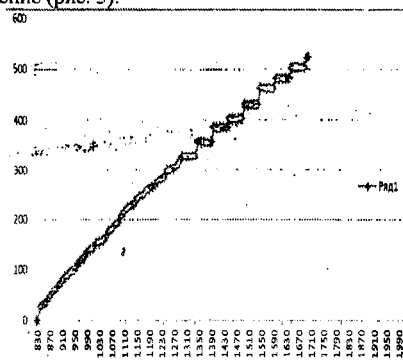


Рис. 3 Зависимость подъёмной силы от частоты сигнала ШИМ

Проведены исследования по выбору коэффициентов настройки регуляторов системы управления.

Результаты выполненных исследований в настоящее время и в ближайшей перспективе позволяют создать технические средства реализации новейших агротехнологий:

– мобильные робототехнические системы с автономным или централизованным энергообеспечением и применением комплектов мобильных технологических агрегатов с электро-

приводом активных рабочих органов для растениеводства;

– разработать технические средства технического сопровождения технологических процессов мобильных электротехнологических систем (управления, навигации, технического зрения и др.).

ЛИТЕРАТУРА

1. Роботизированные системы в сельскохозяйственном производстве: науч. ан. обзор. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2009. – 136 с.
2. Efficient robots for precision farming [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.fieldrobot.nl>, свободный. – Загл. с экрана.
3. Башилов А.М. Визуализация и наблюдение системной сложности точного земледелия. Машинные технологии производства продукции в системе точного земледелия и животноводства. – М.: Изд. ВИМ, 2005, с.207-213.
4. Королев В.А., Суляев С.А., Польский В.А. и др. Концептуальная модель агробота хозяйства Экология и сельскохозяйственные технологии: агроинженерные решения. Т. 3. экологические аспекты производства продукции животноводства; энергообеспечение и информационные технологии в сельском хозяйстве: Мат-лы 7-й международной научно-практической конференции. – СПб.: ГНУ СЗНИИМЭСХ Россельхозакадемии, 2011, С. 152–158.
5. Стребков Д.С., Некрасов А.И. Резонансные методы передачи и применения электрической энергии. – М.: ГНУ ВИЭСХ, 2008-352 с.
6. Патент № 2332824, опубл. 10.09.2008, Бюл. № 25, Система управления движением мобильного подвижного сельскохозяйственного объекта/ авторы: Д.С. Стребков, Королев В.А., А.Ю. Фельдшеров, А.И. Некрасов, Польский В.А., Борзина Л.Н.

УДК 658:631.3

СОГЛАСОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ КОНФИГУРАЦИИ ПАРКА АВТОМОБИЛЕЙ С ХАРАКТЕРИСТИКАМИ ПРОЕКТНОЙ СРЕДЫ В ПРОЕКТЕ СОЗДАНИЯ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ СВЕКЛОПРИЕМНОГО ПУНКТА

Боярчук В.М. к.т.н., профессор., Крыгуль Р.Е. ассистент.,
Шолудько Я.В. к.т.н., доцент., Михалюк М.А. к.т.н., доцент
*Львовский национальный аграрный университет
г. Дубляны, Украина*

В современных условиях в Западных областях Украины объемы производства сахарной свеклы большими сельскохозяйственными предприятиями снизили до 20-40%, в то же время выросли в мелких индивидуальных крестьянских хозяйствах (ИСГ) – до 60-80%. Транспортные средства (ТЗ) малой вантажности, которыми чаще всего владеют ИСГ, являются неэффективными для перевозок на значительные расстояния. При таких условиях сахарные заводы образуют региональные свеклоприемочные пункты (БП) из-за их действия 70-80 км, свезение корней от ИСГ осуществляют своим транспортом. Учитывая это возникает потребность в аренде ТЗ для централизованного свезения корнеплодов. Интенсивность поступления сахарной свеклы от ИСГ на БП имеет сезонный характер, а объем каждой заявки, которая свозится одним маршрутом является случайной величиной. Это усложняет выбор оптимальной конфигурации парка автомобилей.

Существующие методики и модели обоснования оптимальных параметров конфигурации парка автомобилей для централизованного свезения сахарной свеклы, рассчитанные на условия стабильного поступления корней на протяжении сезона заготовки и не учитывают стохастический характер явлений, которые возникают во время процесса свезения [1,2,4,5]. Поскольку в течение всего сезона заготовки, поступления количества заявок корней, от ИСГ на БП по дням неравномерное, а объем каждой заявки что свозится одним мар-

шрутом переменчивая величина, то аналитическим способом определить оптимальную конфигурацию парка автомобилей, которая бы обслуживала зону действия БП, невозможно.

Целью статьи является обобщение результатов статистического имитационного моделирования относительно обоснования оптимальной конфигурации парка автомобилей для централизованного свезения свеклы. Одним из самых общих методов исследования сложных систем есть статистическое имитационное моделирование, принципы которого определяются системотехникой [3].

Предпосылкой построения имитационной модели является сбор и статистическая обработка экспериментальных данных относительно факторов эффективности системы. Как уже отмечалось, транспортная инфраструктура сахарного завода рассматривается как производственная система (рис. 1) с управляемыми (X) и неуправляемыми (Y) факторами [7].



Рис. 1. Схема системы заготовки сахарной свеклы.

Входными неуправляемыми составляющими системы являются характеристики поступления сахарной свеклы на БП. В частности день поступления п-ой заявки на свезение сахарной свеклы – (d); количество заявок в и-ий день – (k_i); объем п-ой заявки – (Q_n), т; расстояние от населенного пункта к БП – (L_n), км. Управляемыми факторами в системе, есть количество и марочный состав ТЗ.

Целью создания модели транспортной инфраструктуры БП сахарного завода является обоснование конфигурации парка автомобилей, которая обеспечит минимум суммарных затрат на свезение сахарной свеклы для избранного БП и потерь потенциальной прибыли сахарного завода от недополучения сырья. Целевая функция оптимизации конфигурации парка автомобилей будет иметь вид:

$$Z_{\text{звез}} + Z_{\text{н.б.}} \rightarrow \min$$

де $Z_{\text{звез}}$ – суммарные затраты средств на свезение свеклы, грн.; $Z_{\text{н.б.}}$ – суммарные потери средств сахарным заводом от недополучения сырья, грн. [6,7].

Производственные эксперименты проводились на основе опубликованной ранее методики [7]. На основании статистической обработки их результатов был установлен теоретический закон распределения количества заявок, которые поступили в отдельный день сезона заготовки на Сокальский БП. Учитывая условие что ТЗ перевозит заявку объемом (Q_n) сахарной свеклы меньшим или равным его вантажности (q_m), рассчитываются затраты средств на свезение ($Z_{\text{звез}}$), для 500 вариантов $\{\theta_m\}$ множественные числа парка автомобилей вантажностью 2,5; 3,5; 5,5 и 10 т. А также определяются потери средств от недополучения сырья ($Z_{\text{н.б.}}$), для рассматриваемых вариантов. На основании $(Z_{\text{звез}}) + (Z_{\text{н.б.}}) \rightarrow \min$, изменяя начальный день заготовки ($d_{\text{нов}}$) с шагом +3 дни и день окончания ($d_{\text{кон}}$) с шагом –3 дни находим значение оп-

тимального дня начала ($d_{\text{нов}}^{\text{опт}}$) и окончание ($d_{\text{кон}}^{\text{опт}}$) сезону заготовки корнеплодов и соответствующую оптимальную конфигурацию парка автомобилей для этого сезона заготовки. Случайный перебор количества ТЗ и их вантажности во множественном числе $\{\theta_m\}$ парка автомобилей дает возможность определить такую конфигурацию (структуру авто парка) которая обеспечит суммарные затраты средств $\Sigma Z_{\text{т}} = (Z_{\text{звез}}) + (Z_{\text{н.б.}}) \rightarrow \min$ грн. За результатами компьютерных экспериментов на основании $\min \Sigma Z_{\text{т}}$, получены оптимальные конфигурации парка автомобилей для 21 периода свезения сахарной свеклы.

Результаты имитационного моделирования относительно нахождения оптимального значения начала и окончания сезона заготовки изображено на рис. 2. По данным имитацион-

ного моделирования, получено три временные периоды начала и окончания централизованного своза сахарной свеклы от ИСГ к БП: I) 265 - 275; II) 276 - 301; III) 302 - 323-й день года.

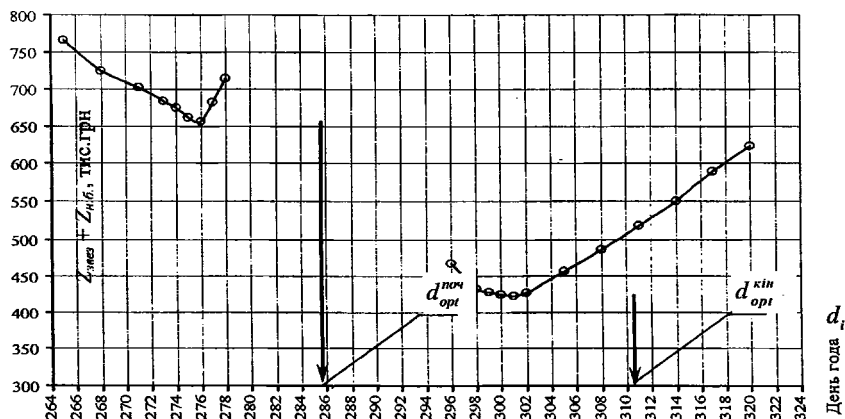


Рис. 2. Оптимизация начала и окончания сезона заготовки сахарной свеклы на Сокальском свеклоприемочном пункте.

Согласование параметров конфигураций парка автомобилей с характеристиками проектной среды для трех периодов проведена по разработанной нами методике статистического имитационного моделирования для условий Сокальского БП. Полученные результаты конфигураций парка автомобилей приведены в табл.

Таблица

Параметры конфигураций $\{X\}$ парка автомобилей для Сокальского БП

Период (день года)	Параметры конфигураций $\{X\}$ парка автомобилей				Издержки
	2,5 т	3,5 т	5,5 т	10,0 т	
265 - 275	2	1	1	0	23 тис.грн.
276 - 301	5	13	7	1	423 тис.грн.
302 - 323	0	1	1	0	29 тис.грн.

Таким образом для Сокальского свеклоприемочного пункта оптимальная конфигурация парка автомобилей будет состоять из 26 транспортных средств в частности: вантажнискто 2,5т – 5 единиц; 3,5т – 13; 5,5т – 7 та 10т – 1 од.

Выводы: 1. Для своевременного свезения сахарной свеклы необходимо организовать свеклоприемочный пункт и обеспечить его транспортом. 2. Определение оптимальной конфигурации парка автомобилей для свезения сахарной свеклы на бураякопункт возможно на основании статистического имитационного моделирования. 3. Полученные результаты компьютерных экспериментов позволяют обосновать оптимальную конфигурацию парка автомобилей в проекте централизованного свезения сахарной свеклы к свеклоприемочному пункту.

ЛИТЕРАТУРА

1. Анчин В.Л., Соловьев Н.Ф., Тимошенко Л.Н. Моделирование оптимальной сырьевой зоны: Жур. "Сахарная свекла" №1, 1992. с. 12-16.
2. Галушко В.Г. Вероятностно-статистические методы на автотранспорте. –К.: Вища школа, 1976. 232с.

3. Дружинин В.В., Конторов Д.С. Системотехника. – М.: Радио и связь, 1985. 200с.
4. Жытков В.А., Ким К.В. Методы оперативного планирования грузовых автомобильных перевозок. – М.: Транспорт, 1982. – 184с.
5. Кожин А.П. Математические методы в планировании и управлении грузовыми автомобильными перевозками. – М.: Высш. шк., 1979. – 302с.
6. Кригуль Р. Оптимізація транспортно-технологічної інфраструктури цукрового заводу // Вісн. Львів. держ. аграр. ун-ту: Агроінженерні дослідження – 2007. – Львів, №11. – С. 57-61.
7. Сидорчук О.В., Боярчук В.М., Кригуль Р.С. Застосування імітаційного моделювання для обґрунтування транспортної інфраструктури цукрового заводу // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка, Випуск-59 “Механізація сільськогосподарського виробництва” Том-2 м.Харків 2007. –С. 151–156.

УДК 004.5;621;658.512

ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ АГРЕГАТОВ КАК ФАКТОР ВНЕДРЕНИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ

Кротюк Ю.М., к.т.н., доц., Гривачевский АГ., к.т.н., доц.,
Бакач Н.Г., к.т.н., доц.

ОИПИ НАН Беларуси, РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», г. Минск, Республика Беларусь

Обработка почвы – самая энергоемкая операция в сельском хозяйстве. На нее расходуется до 40 % энергозатрат, 25 % трудовых затрат в полеводстве и около 30 % затрат на топливо [1,2].

Применение методов компьютерного проектирования, моделирования и инженерного анализа полученных решений на ранних этапах проектирования почвообрабатывающих агрегатов необходимо для получения надежных результатов и обеспечения высокой экономической эффективности конструкции. Получения эффективных энергосберегающих решений при проектировании конструкций почвообрабатывающих агрегатов возможно на основе моделирования эксплуатационных характеристик будущего изделия еще до изготовления физического прототипа. Это позволяет экономить значительные средства на этапе эксплуатации почвообрабатывающих агрегатов за счет повышения эксплуатационных характеристик изделия и экономии расхода топлива в связи с оптимизацией параметров рабочих органов конструкции и снижением ее веса.

В практике работы конструкторских подразделений отечественных предприятий, занятых проектированием почвообрабатывающих агрегатов недостаточно используются, а зачастую совсем не используются инженерные исследования, связанные с анализом поведения проектируемых конструкций в процессе их эксплуатации.

Это связано с трудностями, возникающими у проектировщиков в процессе использования универсальных пакетов инженерного анализа. Большинство из них имеют сложный интерфейс, и получить корректный результат могут только опытные пользователи. Кроме того, отсутствуют специализированные методики для проведения инженерного анализа в этой предметной области. Зачастую, имеющихся у разработчиков вычислительных ресурсов, недостаточно для проведения такого анализа. Отсутствие единой среды проектирования, и как следствие, вопросы обмена данными между средой проектирования конструкции изделия и средой, в которой осуществляются инженерные исследования, также вызывают существенные затруднения у разработчиков.

С учетом специфики сложившейся ситуации, для применения при конструкторской подготовке производства почвообрабатывающих агрегатов методов автоматизированного проектирования, моделирования и инженерного анализа была сформирована интегрированная сре-

да проектирования, моделирования и инженерного анализа конструкции почвообрабатывающих агрегатов, обеспечивающая взаимодействие специализированных средств, используемых при выполнении проектных процедур и доступ пользователя к этим средствам (программам и данным) с помощью удобного графического интерфейса. Структурная схема такой среды представлена на рисунке 1.

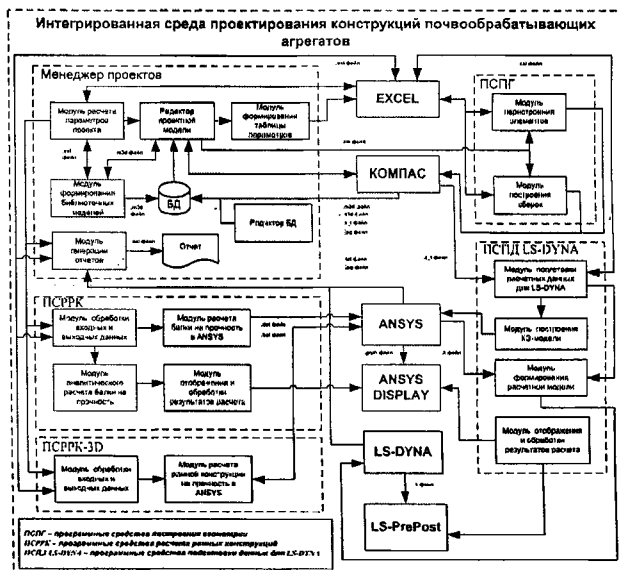


Рисунок 1. Состав компонент интегрированной среды проектирования конструкции почво-обрабатывающего агрегата

Программные средства интегрированной среды осуществляют поддержку процессов проектирования, объемного геометрического моделирования и инженерного анализа конструкций почвообрабатывающих агрегатов, анализ принципиальной работоспособности полученной конструкций, и анализ и оптимизацию их эксплуатационных характеристик.

- сбор и хранение данных о элементах конструкций почвообрабатывающих агрегатов (геометрические параметры, сведения о применяемых материалах, сортаменте, назначаемых допусках и отклонениях и др.);
- ведение в базе данных библиотек моделей унифицированных (базовых) элементов конструкции почвообрабатывающих агрегатов;
- поддержку процессов объемного геометрического моделирования элементов конструкций почвообрабатывающих агрегатов;
 - автоматизацию и информационную поддержку процессов расчета параметров элементов конструкции почвообрабатывающих агрегатов;
 - оптимизацию параметров конструкции, которая осуществляется путем вариации параметров формы, размеров и свойств конструкции.

Использование интегрированной среды проектирования конструкции почвообрабатывающих агрегатов позволит повысить качество конструкции, сократить ее удельное энергопотребление за счет оптимизации параметров конструкции и снижения веса, и таким образом создать перспективные образцы, по своим характеристикам не уступающие лучшим зарубежным аналогам и адаптированные к отечественным условиям эксплуатации.

Вышеназванная разработка в настоящее время реализуется при оптимизации параметров широкозахватных пахотных агрегатов в рамках ГНТП «Информационные технологии» силами «ОИПИ НАН Беларуси» и РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» с внедрением на ДП «Минойтовский ремонтный завод».

ЛИТЕРАТУРА

1. Четыркин Б.Н. Сельхозмашины и основы эксплуатации машино - тракторного парка/ Б.Н. Четыркин.-М.:Агропромиздат,1989.-275с.
2. Попов Л.А. Эксплуатация машино - тракторного парка в агропромышленном комплексе/ Л.А. Попов. Учебное пособие. - Сыктывкар: Сыктывкарский лесной институт, 2004.-152с.

УДК 628.987

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ВНЕДРЕНИЯ ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМОГО ПРИВОДА

Коровкина Н. П., к.п.н., доц., Пустовалова Н. Н., к.т.н., доц.

УО «Белорусский государственный технологический университет»

г. Минск, Беларусь

Высокие темпы прироста потребления электроэнергии по сравнению с другими видами энергоносителей являются мощным стимулом развития экономики страны, основанном на внедрении передовых энерго- и ресурсосберегающих технологий, повышения уровня автоматизации и регулирования производственных процессов.

Анализ электробаланса предприятий показывает, что основными статьями расхода электроэнергии являются, в %: силовое электрооборудование – 28,7; электротехнология – 26,34; освещение – 16,5; вентиляция – 10,5.

В сумме они составляют более 80% всей расходной части. Следовательно, именно здесь сосредоточены основные ресурсы экономии электроэнергии.

Из всей электроэнергии, потребляемой электроприводом, 40% приходится на электроприводы насосов и вентиляторов. Диаграмма передачи мощности от источника (например, трансформаторная подстанция) к потребителю (например, система водоснабжения) в упрощенном виде приведена на энергетической диаграмме рис. 1.

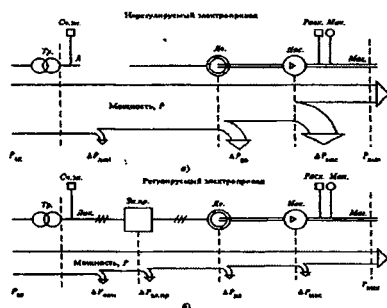


Рис. 1 – Энергетическая диаграмма

На энергетической диаграмме приняты следующие обозначения: Тр – питающий трансформатор со счетчиком отпускаемой энергии Сч.эн.; Лин. – подводящая линия; Дв. – электродвигатель; Нас. – рабочая машина (насос); Маг. – технологический орган (гидравлическая магистраль) с измерителями потребляемой энергии – расходомером Расх. и манометром Ман.

Каждая ступень преобразования и передачи энергии независимо от способа реализации сопровождается потерями ΔP , значения которых существенно зависят от конкретного оборудования и режимов его работы.

Приведенная энергетическая диаграмма указывает пути энергосбережения:

- подача потребителю энергии, необходимой мощности $P_{\text{вых}}$;
- выбор рационального с технической и экономической точек зрения типа регулируемого электропривода, позволяющего управлять скоростью в нужном диапазоне с минимальными потерями $\Delta P_{\text{дв}}$;
- выбор рационального с технической и экономической точек зрения управления координатами, образующими потребляемую технологическими машинами мощность.

Так, например, можно управлять давлением в гидросистеме путем дросселирования или путем регулирования частоты вращения вала насоса. Первый способ регулирования обуславливает невысокий КПД технологического процесса и значительные потери электроэнергии, что приводит к износу трубопроводов самих механизмов, большим токам в пусковых режимах электроприводов и, вследствие этого, к частым и дорогостоящим ремонтам с большими затратами.

В электроприводе насосов обычно используется короткозамкнутый асинхронный электродвигатель, скорость которого целесообразно регулировать, влияя на частоту и амплитуду питающего напряжения (частотное регулирование). Переход от нерегулируемого асинхронного электропривода к электроприводу с регулируемой частотой вращения позволяет не только снизить потребление электроэнергии за счет оптимизации технологического процесса, но уменьшить износ технологического и электрического оборудования, повысить надежность его эксплуатации, увеличить ресурс. При частотном регулировании скорости двигателя последний питается от электрического преобразователя *Эл.пр.*, благодаря чему $P_{\text{вых}}(t) \approx P_{\text{ом}}(t)$, а все потери ΔP будут минимальны, т.е. $P_{\text{вых}}(t)/P_{\text{вх}}(t)$ будет максимальным при всех режимах и для любого момента времени.

Итак, целесообразным подходом к энергосбережению во всех технологиях, в которых используется электрохимическое преобразование энергии, является применение частотно-регулируемого электропривода (ЧРЭП).

Целью работы явилось определение эффективности при установке ЧРЭП на насосных агрегатах. Расчет эффективности производился следующим образом.

Мощность, потребляемая насосным агрегатом до установки ЧРЭП:

$$P_{\phi} = \frac{Q_n \cdot H_n}{367,2 \cdot \eta_{\text{дв}} \cdot \eta_n}, \text{ кВт}$$

Здесь P_{ϕ} – потребление электрической мощности до установки ЧРЭП, кВт; Q_n – номинальная производительность насоса, м³/ч; H_n – номинальный напор, развиваемый насосом, м; $\eta_{\text{дв}}$ – КПД двигателя; η_n – КПД насоса.

Мощность, потребляемая насосным агрегатом после установки ЧРЭП:

$$P_{\text{нч}} = \frac{Q_n \cdot H_2}{367,2 \cdot \eta_{\text{дв}} \cdot \eta_n \cdot \eta_{\text{нч}}}, \text{ кВт}$$

Здесь $P_{\text{нч}}$ – потребление электрической мощности после установки ЧРЭП, кВт; Q_n – требуемая производительность насоса, равная, м³/ч; H_2 – требуемый напор, развиваемый насосом, м; $\eta_{\text{нч}}$ – КПД преобразователя частоты.

Потребление электроэнергии до установки ЧРЭП:

$$W_{\phi} = P_{\phi} \cdot T_p, \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

T_p – время работы в году, час.

Потребление электроэнергии после установки ЧРЭП:

$$W_{пч} = P_{пч} T_p$$

Экономия электроэнергии в год составит:

$$\Delta W = W_{\phi} - W_{пч} \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

Стоимость сэкономленной электроэнергии:

$$\mathcal{E} = \Delta W \cdot C, \text{ руб.}$$

C – стоимость кВт·ч электроэнергии, руб./кВт·ч. Стоимость кВт·ч электроэнергии была принята 170 руб./кВт·ч.

При ориентировочном определении капитальных вложений (K) согласно стоимости проектных работ – 4%, монтажных – 3, пуско-наладочных – 5% от стоимости оборудования ($C_{обор.}$, т. руб.).

$$K = 1,12 C_{обор.}, \text{ т. руб.}$$

Срок окупаемости:

$$S_o = K/\mathcal{E}, \text{ мес.}$$

Исходные данные для расчета эффективности мероприятия при внедрении ЧРЭП на насосных агрегатах приведены в табл. 1.

Таблица 1. Паспортные данные насосов

Параметры оборудования	Насос пере-грева воды	Насос под-питки	Насос охла-ждения	Насос расхода сетевой воды
$Q_n, \text{ м}^3/\text{сек}$	160	65	105	800
$H_n, \text{ м}$	80	240	294	57
$\eta_{дв}$	0,925	0,925	0,925	0,925
η_n	0,65	0,65	0,65	0,67
$Q_r, \text{ м}^3/\text{сек}$	90	50	90	500
$H_r, \text{ м}$	80	220	240	40
$\eta_{пч}$	0,97	0,97	0,97	0,97
$T_p, \text{ час в год}$	3840	3840	3840	8760
$C_{обор.}, 10^3 \text{ т. руб.}$	100,5	150	270	330

В табл. 2 приведены данные расчета по определению экономической эффективности при установке ЧРЭП на насосных агрегатах.

Таблица 2. Показатели экономической эффективности

Наименование насоса	$P_{\phi}, \text{ кВт}$	$P_{пч}, \text{ кВт}$	$W_{\phi}, \text{ кВт} \cdot \text{ч}$	$W_{пч}, \text{ кВт} \cdot \text{ч}$	$\Delta W, \text{ кВт} \cdot \text{ч}$	$\mathcal{E}, 10^3 \text{ т. руб.}$	$K, 10^3 \text{ т. руб.}$	$S_o, \text{ год.}$
Насос для ППВ*	58	34	222720	130560	92160	15667,2	11256	0,7
Насос под-питки	71	51,4	272640	197376	75264	12794,9	16800	0,13
Насос охла-ждения	140	101	537600	387840	149760	25459,2	27000	0,1
Насос расхода сетевой воды	200	91	1752000	797160	954840	162638	33000	0,2

*Насос для приготовления перегретой воды

Таким образом, проведенные расчеты показали, что, кроме известных преимуществ ЧРЭП, таких как наиболее технологичные способы регулирования частоты вращения и момента электродвигателей переменного тока, при использовании частотно-регулируемого электропривода достигается значительная экономическая эффективность.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НЕЛИНЕЙНЫХ РЕГУЛЯТОРОВ

Гришюк Д.А., к.т.н., доцент; Оробей И.О., к.т.н., доцент;

Сухорукова И.Г., ассистент

УО «Белорусский государственный технологический университет»

Минск, Республика Беларусь

Предложенный в начале прошлого века пропорционально-интегральный-дифференциальный закон регулирования до сих пор является наиболее популярным алгоритмом формирования обратной связи в контурах стабилизации технологических параметров. В процессе длительного его использования было доказано не только доказана его эффективность но и выявлено ряд существенных ограничений на его использование: интегральное насыщение; регулирование контуров с доминированием запаздывания в динамике; наличие в объекте комплексных полюсов с малым затуханием; объекты регулирования с широко меняющимися параметрами и т.д.

Интегральное насыщение (integral windup) представляет собой эффект, который наблюдается, когда ПИ- или ПИД-регулятор в течение длительного времени должен компенсировать ошибку, лежащую за пределами диапазона управляемой переменной. При сохранении ошибкой управления одного знака в течение длительного времени становится чрезмерно большой величина интегральной составляющей ПИД-регулятора. Причиной этого могут быть нелинейности, в частности ограничения в исполнительном механизме, определенные настройки регулятора и т. д. Поскольку интегральная часть принимает необходимое стационарное значение лишь через некоторое время после изменения знака ошибки, то интегральное насыщение может привести к большому перерегулированию и затягиванию переходного процесса. Интегральное насыщение (ИН) является результатом нелинейностей, связанных с ограничением выходного управляющего воздействия, и может никогда не наблюдаться в действительно линейной системе.

Один из возможных способов ограничения влияния интегральной части заключается в условном интегрировании, которое состоит в следующем. При больших значениях модуля ошибки интегральную часть регулятора отключают, оставляя только пропорциональную составляющую. Интегральная составляющая включается только для устранения небольшой статической ошибки. В аналоговых регуляторах это реализовывалось отключением входа интегратора от блока определения рассогласования или включением ограничителя в структуру интегратора [1]. Несмотря на замену аналоговых средств регулирования цифровыми регуляторами, алгоритмы уменьшения интегрального насыщения практически не претерпел изменения [1–5]. Обычным стало наличие ограничителя интегрального насыщения в современных технических средствах регулирования: от многофункциональных контроллеров фирмы Siemens, Omron, Allen-Bradley до простейших одноконтурных регуляторов типа «МЕТАКОН» Modicon, ОВЕН ТРМ101 и др.

Целью численного исследования являлось определение наиболее эффективных решений по устранению интегрального насыщения. Настройки регулятора определялись для объекта с передаточной характеристикой

$$W(p) = \frac{1}{(1,718p + 1)(0,582p + 1)} \exp(-\tau p), \quad (1)$$

или

$$W(p) = \frac{1}{p^2 + 2,3p + 1} \exp(-\tau p) \quad (2)$$

Величину запаздывания варьировали в ходе моделирования по ряду [4,3; 1,5; 0,25; 0].

Простейшей реализацией алгоритма по уменьшению ИН является отключение интегральной составляющей при некотором пороговом значении ошибки, определение которого в большинстве случаев является нетривиальной задачей для нелинейных объектов. Исклю-

чение составляет случай, когда возможен вариант обратной связи между регулятором и исполнительным механизмом, который формирует ограничение на управляющие воздействие.

Настройки ПИ-регулятора выбирались по критерию минимизации интегрального квадратичного отклонения (ИКО) в процессе моделирования в системе Matlab (Simulink). По данным, в координатах квадрат интегрального отклонения, отнесенный к квадрату отклонения для классического ПИ-регулятора ($J_{\min}/J_{\min,PI}$) в зависимости от порогового значения ($ErrLimit$), можно сделать следующий вывод. Отклонение интегральной составляющей для линейного объекта не приводит к уменьшению интегрального отклонения, а скорее наоборот. Только для объектов с большим запаздыванием по отношению к постоянной времени наблюдаются минимальные улучшения в сравнение с классическим ПИ-регулятором. При малых значениях $ErrLimit$ можно наблюдать возникновение автоколебаний. Отклонение ИН в то же время способствует существенному снижению перерегулирования A_1 , что характерно в особенности для объектов с запаздыванием, сравнимым с постоянной времени.

В оценке времени регулирования t_p возникли нюансы, связанные с ошибкой, время установления которой следует считать временем окончания переходного процесса.

В электронной технике широкое применение нашли логарифмические усилители, которые обладают рядом полезных свойств. Характеристика функции логарифм при некоторых условиях может позволить уменьшить ИН. Для проверки этой гипотезы произведена модификация классического ПИ-регулятора путем включения нелинейного блока перед подачей сигнала рассогласования на интегратор со следующей характеристикой:

$$\mu = \text{sign}(err) \ln((1 + \alpha|err|) - (1 + \alpha)),$$

где α – коэффициент кривизны характеристики, который позволяет варьировать статической характеристикой нелинейного блока.

На их основе результатов моделирования (рис. 1–3) можно сделать ряд выводов. Введение нелинейного элемента не позволяет снизить величину интегрального квадратичного отклонения, но может являться эффективным решением по снижению величины перерегулирования.

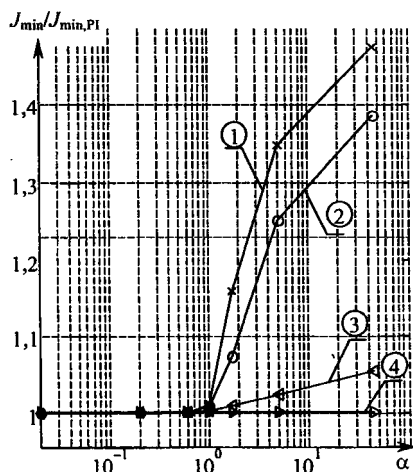


Рис. 1. Зависимость относительного изменения ИКО $J_{\min}/J_{\min,PI}$ от коэффициента кривизны характеристики. 1 – $\tau = 4,3$ с; 2 – $\tau = 1,5$ с; 3 – $\tau = 0,25$ с; 4 – $\tau = 0$

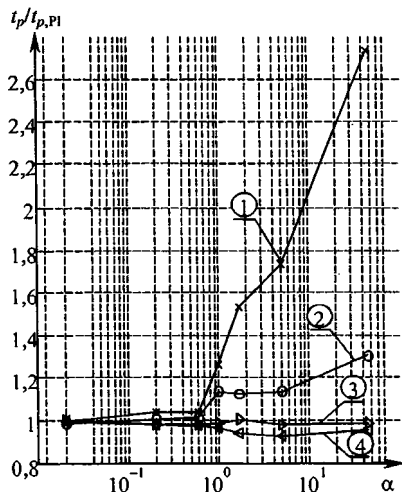


Рис. 2. Зависимость времени переходного процесса по 3 %-ной оценке от коэффициента кривизны характеристики. 1 – $\tau = 4,3$ с; 2 – $\tau = 1,5$ с; 3 – $\tau = 0,25$ с; 4 – $\tau = 0$

При этом потенциальные возможности этого решения гораздо выше, чем простое отключение интегрирующей составляющей по величине ошибки. Как в предыдущем случае существует оптимальное значение порогового значения, так и при использовании нелинейного элемента существует значение коэффициента кривизны с максимальным эффектом. По расположению минимумов перерегулирования можно сделать вывод о слабом влиянии динамических характеристик, и в частности величины запаздывания, на оптимальное значение α . В нашем случае оно находится в диапазоне от 1,25...3. Время переходного процесса с введением нелинейного блока несколько увеличилось, однако увеличение незначительно, в особенности в области оптимального значения α . Увеличение значения интегрального квадратичного отклонения в диапазоне оптимальных значений α также незначительно.

Переходные процессы систем регулирования с классическим ПИ-регулятором, отключением интегральной составляющей и нелинейным блоком приведены на рис. 9. На графике отчетливо проявляется склонность систем с отключением интегральной составляющей к автоколебаниям. Декремент затухания для такой системы можно улучшить, однако это повлечет за собой затягивание переходного процесса с одновременным увеличением времени регулирования и интегрального квадратичного отклонения.

Следует отметить, что при выборе настроек регуляторов, предназначенных для снижения интегрального насыщения, следует использовать комплексный критерий, т. е. минимизировать функционал с учетом времени регулирования и перерегулирования. При таком подходе регулятор с логарифмическим нелинейным блоком является предпочтительнее, в особенности для систем, в которых трудно осуществить связь регулятора с положением регулирующего органа.

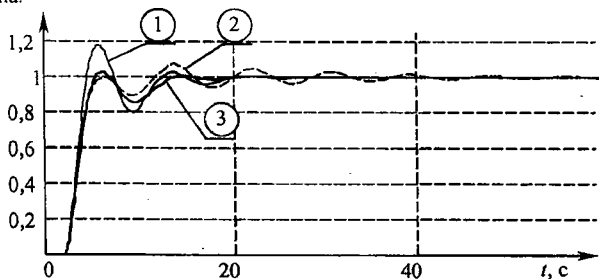


Рис. 3. Переходные процессы при оптимальных значениях настроек регуляторов: 1 — классический; 2 — с отключением интегральной составляющей; 3 — с нелинейным блоком.

ЛИТЕРАТУРА

1. Олссон Г., Пиани Дж. Цифровые системы автоматизации и управления. — СПб.: Невский проспект, 2001. — 557 с.
2. Пат. 5,570,282 США МКИ G05B 013/02. Multivariable nonlinear process controller P.D. Hansen, P.C. Badavas; The Foxboro Company. — № 333161; Заявл. 29.10.1996; Оpubл. 01.11.1994; НКИ 700/41. — 15 с.
3. Пат. 5,570,282 США МКИ G05B 005/01. Positional control method and system utilizing same R.A. Morse; D.P. Chia; K.A. Stoddard; GMF Robotics Corporation. — № 865763; Заявл. 23.02.1988; Оpubл. 22.05.1986; НКИ 318/616. — 8 с.
4. Пат. 2120655 РФ МКИ G05B011/36. Пропорционально-интегральный регулятор с ограничениями выходных сигналов/ Говоров А.А., Баженов А.В., Говоров С.А. — № 98102222; Заявл. 19.08.1997; Оpubл. 11.01.1995. — 5 с.
5. Пат. 2120654 РФ МКИ G05B011/36. Пропорционально-интегрально-дифференциальный регулятор с ограничениями выходных сигналов/ Говоров А.А., Баженов А.В., Говоров С.А. — № 98101674; Заявл. 19.08.1997; Оpubл. 11.01.1995. — 6 с.

Лисовский В.В., к.т.н., доцент, Ролич О. Ч., к.т.н., доцент

УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»

г. Минск, Республика Беларусь

Повышение эффективности работы предприятий агропромышленного комплекса в значительной степени зависит от снижения потребления энергоресурсов при сохранении номинальных параметров технологических процессов. Оптимизация энергопотребления невозможна без использования современных автоматизированных систем комплексного учета энергоресурсов (АСКУЭ) [1]. Широкое внедрение таких систем сдерживалось отсутствием современных цифровых счетчиков газа.

Предлагаемая АСКУЭ птицефабрики основана на использовании разработанного авторами ультразвукового счетчика газа серии СГУ 001. Она состоит из модуля сбора информации (МСИ), линий связи и базовой станции на основе компьютера. МСИ предназначен для сбора данных со счетчиков энергоресурсов (газа, воды, электроэнергии) и оцифровки сигналов аналоговых датчиков. Для унификации выходных сигналов в разработанный счетчик газа введена возможность выдачи информации о расходе в виде импульсов, вес каждого из которых составляет $0,05 \text{ м}^3$. Передача информации о расходе в виде импульсного сигнала позволяет минимизировать энергопотребление за счет включения счетчика газа в АСКУЭ. С целью совместного использования ранее разработанных авторами программ по поверке и контролю параметров счетчиков сохранен вывод информации в стандарте интерфейса RS-232.

На рисунке 1 приведена структурная схема МСИ. Он содержит микропроцессор, четырехстрочный индикатор, клавиатуру блок приема импульсных сигналов со счетчиков, узел нормализации входных сигналов с датчиков, схему обмена по линии связи в стандарте RS-485, блок реле для управления нагрузками, блок питания. МСИ поддерживает два протокола обмена. Первый протокол обмена обеспечивает прием и соответствующую обработку импульсных сигналов со счетчиков без пропуска измерительных параметров. Для этого блок приема импульсных сигналов содержит:

- схему подачи напряжения в телеметрический канал счетчиков;
- цифровой преобразователь, в состав которого входит триггер Шмитта и одноразрядный счетчик.

Применение одноразрядного счетчика позволяет устранить дополнительный параметр (скважность импульса) и увеличить время для учета смены данных с выхода счетчика.

Второй протокол обмена предназначен для присоединения данных базовой станции по двухпроводной линии связи в стандарте RS-485. В соответствии с протоколом базовая станция периодически опрашивает все МСИ, входящие в АСКУЭ. При совпадении адреса, содержащегося в посылке, с адресом МСИ последний передает требуемую информацию и выполняет все необходимые операции по регулированию параметров микроклимата путем выдачи сигналов на блок реле управления. Вид выполняемых операций при этом содержится в поле принятого сообщения.

Для обмена данными по RS-485 предназначен трансивер с выходной защитой TVS от перегрузок и защитой от воздействия импульсных помех. Данный трансивер использует отдельное питание и связан с процессором через трехканальную схему с гальванической развязкой.

Блок нормализации сигналов предназначен для преобразования аналоговых сигналов с датчиков в диапазон напряжений от 0 до 2,5 В. Сформированные таким образом сигналы поступают на входы микропроцессора, имеющего внутренний десятиразрядный АЦП, и преобразуются в цифровую форму; при этом для измерения температуры помещения предполагается использовать датчик температуры ТСП-100, включенный по четырехпроводной схеме. Для измерения температуры внешней среды применяется интегральный датчик температуры ТС 1047 с ценой деления $10 \text{ мВ}/^{\circ}\text{C}$. Для измерения влажности используется датчик НН 4000.

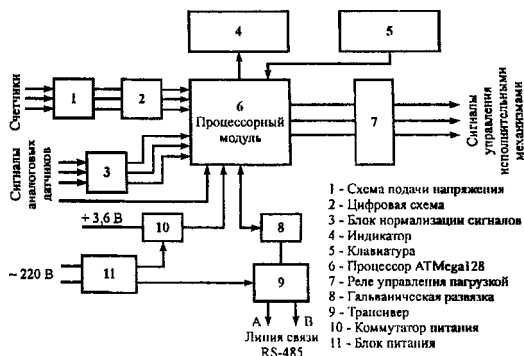


Рис. 1. Структурная схема МСИ

Блок питания формирует два трансформаторно-развязанных питания напряжением 5 В. Один питающий выход предназначен для всех схем МСИ, второй – для питания трансивера, который обеспечивает обмен данными с базовой станцией. Кроме того, в состав модуля входит коммутатор питания, который при пропадании сетевого напряжения подключает шину питания микропроцессора и блока приема импульсных сигналов к автономному источнику питания (батарей), обеспечивая тем самым непрерывный учет параметров потребления ресурсов.

Рассмотрим требуемую вычислительную нагрузку микропроцессора по обслуживанию импульсных сигналов. Счетчик газа типоразмера G-16, разработанный для данной системы, может измерять расход газа до $25 \text{ м}^3/\text{ч}$; при весе импульса в $0,05 \text{ м}^3$ число импульсов не превышает значения в 500 имп/ч. Счетчик воды в соответствии с технологическими требованиями должен измерять расход воды в диапазоне $0,05\text{--}0,5 \text{ м}^3/\text{ч}$; при весе импульса $0,01 \text{ м}^3$ максимальное число импульсов в течение часа составит 600 имп/ч; счетчик электроэнергии, вес импульса которого равен 500 импульсам на 1 кВт, на максимальной нагрузке выдает в течении часа 10000 импульсов. Если перевести число импульсов в частоту, то мы имеем импульсные сигналы с частотами 0,1388 Гц и 2,78 Гц.

Если учесть, что импульсные сигналы делятся на два с целью исключения информации о длительности импульса в блоке приема импульсных сигналов, то можно сделать вывод об отсутствии большой вычислительной нагрузки по обслуживанию данного интерфейса.

Микропроцессор должен периодически опрашивать входные порты, на которые поступают импульсные сигналы, и при смене состоянии добавлять единицу младшего разряда в программные счетчики суммарного расхода для каждого счетчика.

Для проверки основных проблем при создании системы связи разработаны два модуля. Первый модуль сбора информации реализует два вышеприведенных протокола, то есть протокол приема импульсных сигналов со счетчиков энергоресурсов, суммированием импульса расхода каждого счетчика для получения суммарного расхода и выдачу суммарных расходов по линии связи с интерфейсом RS-485 по запросу, поступающего с компьютера.

Второй модуль устанавливается на COM порт компьютера и обеспечивает формат обмена данными по интерфейсу RS-485. Первоначально был создан лабораторный макет системы связи, состоящий из двух МСИ, соединенных витой парой длиной 1000 м, и через второй модуль подключенный к компьютеру. При этом на импульсные входы модулей информации с отдельных генераторов импульсов поступают сигналы с частотами 1,0 Гц и 1,5 Гц. Скорость обмена данными выбрана равной 9600 бит/с. На первом этапе произведена отработка программного обеспечения по обмену данными по двухпроводной линии связи в стандарте RS-485 двух модулей сбора и компьютером [2].

После этого были произведены лабораторные испытания макета с целью проверки возможности безошибочной передачи данных по линии связи от ультразвуковых счетчиков газа к управляющему компьютеру. В испытаниях проводились следующие проверки:

- проверка формы сигналов передаваемых по линии связи;
- проверка безошибочной передачи данных с модулей сбора компьютеру;
- влияние импульсных помех на помехоустойчивость передачи;
- соответствие электрических характеристик транзисторов требованиям стандарта EIA RS-485.

Монтаж и наладка элементов системы были проведены силами сотрудников лаборатории БГАТУ и штатных работников отдела главного энергетика Барановичской бройлерной птицефабрики «Дружба». В настоящее время ультразвуковые счетчики серийно выпускаются ООО «МЗЭП -1» г. Брест, а система работает в штатном режиме в четвертом цехе птицефабрики.

ЛИТЕРАТУРА

1. Герасимович, Л.С. Энергоэффективность и потенциал энергосбережения тепличных комбинатов Беларуси / Л.С. Герасимович, Д.В. Гончарик // Агропанорама. – Минск, 2003, № 3. – С. 5-8.
2. Разработка интеллектуальных энергосберегающих АСУК интенсивными и высокотехнологичными производствами в АПК/Л. С. Герасимович [и др.] // Научно-инновационная деятельность и предпринимательство в АПК: проблемы эффективности и управления. – Минск, 2006. Ч. 2. – С. 14-16.

УДК 004.422.81

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА БАЛАНСИРОВАНИЯ РАЦИОНОВ ДЛЯ ДОЙНОГО СТАДА

Ролич О. Ч., к.т.н., доцент, Галушко Е.В., к.т.н., доцент,
Сеньков А.Г., к.т.н., Н.Ф. Бондарь, к.х.н., П.Г. Попов, аспирант
УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»
г. Минск, Республика Беларусь

Продуктивность животного, в частности, молочная продуктивность определяется условием превышения уровня поступления питательных веществ в его организм над потребностью организма на поддержание жизни [1]. Чистая потребность в питательных веществах для образования продукции соответствует содержанию их в приросте живой массы, молоке, в плодах (при стельности) с учетом затрат на выполненную работу. Потребность в питательных веществах определяется количеством и составом произведенной продукции. В связи с непостоянностью ее состава все изменения должны учитываться при разработке норм кормления животных разного возраста и физиологического состояния. Для их определения необходимо знать потери питательных веществ при переваривании и в процессе обмена, а также их содержание в производимой животными продукции.



Рис. 1. Структура программы балансирования рационов

Ошибки в кормлении коров приводят к снижению продуктивности и повышают риск заболеваний. При нормировании питания крупного рогатого скота в развитых европейских странах используются две системы оценки энергетической питательности кормов. Для молочных коров оценка осуществляется, с одной стороны, в рамках показателя чистой энергии лактации (ЧЭЛ), а с другой стороны – по совокупности показателей «нейтрально-детергентной клетчатки» (НДК) и «кислотно-детергентной клетчатки» (КДК) [1]. Достоинство способов получения этих показателей заключается в наилучшем на сегодняшний момент сочетании скорости их получения и точности оценки. Экспресс-оценка показателей КДК, НДК и ЧЭЛ способствует оптимизации балансирования рационов в реальном масштабе времени, или, с точки зрения управления, построения системы автоматического регулирования питательности кормов со слабоинерционной обратной связью.

Известные программные средства не применяют в аналитических расчетах новых прогрессивных систем оценки питательности кормов, в частности, показателей КДК и НДК [2 – 4]. Это приводит к ошибкам в кормлении животных, снижению продуктивности и потенциальных удоев, в связи с чем задача высокоточного автоматизированного балансирования кормов является актуальной и в настоящее время.

Авторами разработаны проекты автоматизированной системы оптимизации рационов и программы кормления животного, позволяющей, исходя из имеющегося множества кормов и премиксов, с учетом модели рационов, основанной на понятиях НДК, КДК и ЧЭЛ, на базе модели лактации Вуда спрогнозировать потенциальный годовой удой [5].

Разработанная модель программы балансирования рационов, представленная на рисунке 1, имеет трехуровневую структуру. В ее состав входят две реляционные базы данных (база кормов и база истории развития животного) на нижнем уровне, пользовательский интерфейс на верхнем уровне и ядро в виде математической модели лактации, анализа трендов, корреляционных связей и прогнозирования.

База кормов содержит поля, отражающие химический состав, энергетическую ценность и питательность корма. Данные основных полей «Кислотно-детергентная клетчатка» и «Нейтрально-детергентная клетчатка» формируются в результате экспресс-анализа. Содержание

дополнительных компонентов: протеина, жира, крахмала, структурных углеводов устанавливается на основе статистического анализа в соответствии со справочными данными. База кормов состоит из следующих полей: наименования корма, массовой доли сухого вещества, сырого, переваримого, расщепляемого и нерасщепляемого протеина, крахмала, сахара, жира, триптофана, кислотно-детергентной и нейтрально-детергентной клетчатки среднестатистической чистой энергии лактации и др. Отдельной таблицей базы кормов представлены их ценовые показатели.

Динамическая база истории развития животных имеет трехмерный вид и содержит информацию, необходимую для оценки индивидуальных характеристик (переваримости и усваиваемости корма), расчета потенциальных удоев, прогнозирования индивидуальной динамики изменения чистой энергии лактации и уточнения программы кормления. В перечень полей базы данных истории развития животного входят: данные о рождении (дата, время), масса животного, текущие дата и время кормления и доения, состав рациона, масса потребленного корма, удой, коэффициенты переваримости, поедаемости и продуктивного действия, чистая энергия лактации, среднестатистические показатели по каждому корму и премиксу на единицу массы животного, отклонения от среднестатистических показателей.

Взаимодействие верхнего уровня с базами данных осуществляется посредством объекта программы – класса C_DB_Driver, реализующий протокол взаимодействия, поддерживаемый ODBC.

Пользовательский интерфейс на верхнем уровне представляет собой совокупность многослойных окон – всплывающих динамических изображений с изменяемым коэффициентом прозрачности. Это повышает удобство пользования программой и увеличивает объем воспринимаемой информации. Основными окнами пользовательского интерфейса являются:

- главное окно приветствия с логотипом программы и информацией о разработчиках;
- окно расчета потенциального удоя;
- окно просмотра и анализа текущего и ранее установленных составов рациона с учетом даты и базы истории развития животного;
- окно коррекции текущего состава рациона (рис. 2);
-

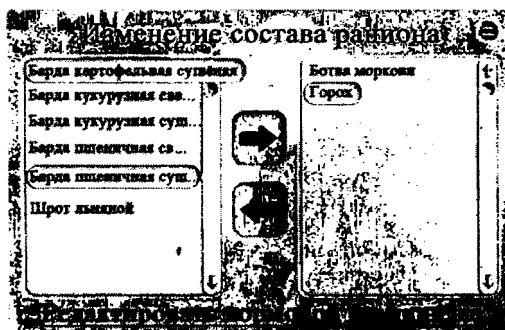


Рис. 2. Окно коррекции текущего состава рациона

- окно анализа изменения составляющих рациона во времени, динамики роста и прогнозирования надоев с учетом модели лактации и истории развития животного (рис. 3);
- окно формирования отчета и рекомендаций кормления животного в ближайшее время.

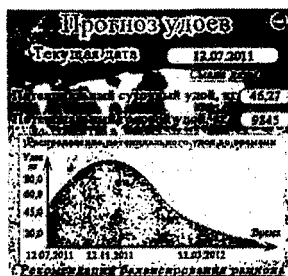


Рис. 3. Окно прогноза потенциального удоя

Программа создается с применением языка Visual C++. Основными классами в иерархии программы являются CDialog и CBitmap. При работе с базами данных используются классы CRecordView, CRecordSet.

Эргономичность программы балансирования рационов и повышение объема воспринимаемой информации достигается посредством организации интерфейса пользователя в виде совокупности многослойных всплывающих динамических изображений с изменяемым коэффициентом прозрачности.

Таким образом, разработаны объектно-ориентированная модель программы балансирования рационов, иерархия классов визуальных средств управления программой и протокол межклассового взаимодействия с трехуровневой структурой и эргономичным интерфейсом пользователя на базе всплывающих динамических изображений с изменяемым коэффициентом прозрачности.

Разрабатываемая программа позволит комплексно оптимизировать рационы с определением необходимых кормовых добавок и рассчитывать рецепты комбикормов, премиксов, наилучшим образом сочетающиеся с основными кормами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бондарь, Н. Ф. Нейтрально- и кислотно-детергентная клетчатка – новые показатели качества кормов / Н. Ф. Бондарь, Л. Л. Кругова // Инновационные технологии в животноводстве. – Жодино, 2010. Ч. 1. – С. 193–195.
2. Лукьянов, Б.В. «Оптимизация группового рациона» – новый модуль программ «КОРАЛЛ» / Б.В. Лукьянов, П.Б. Лукьянов, С.И. Кононенко // «Эффективное животноводство». – 2008, № 3.
3. Лукьянов, Б.В. Оптимизация и анализ кормления «вволю» – новый модуль программ «КОРАЛЛ – Кормление...» / Б.В. Лукьянов, П.Б. Лукьянов // «Ценовик». – 2008, № 1.
4. Лукьянов, Б.В. Новая информационная технология оптимизации рационов для сельскохозяйственных животных (Компьютерные программы «КОРАЛЛ»). Учебно-методическое пособие / Б.В. Лукьянов, П.Б. Лукьянов. – Москва: Изд-во РГАУ–МСХА имени К.А. Тимирязева, 2009.
5. Франс, Дж. Математические модели в сельском хозяйстве / Дж. Франс, Дж. Х. М. Торнли. – Москва: Агропромиздат, 1987. – 400 с.

**АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА СТАБИЛИЗАЦИИ УВЛАЖНЕНИЯ ЗЕРНА
ПЕРЕД ПОМОЛОМ НА ОСНОВЕ МОДЕРНИЗИРОВАННОГО ВЛАГОМЕРА
«МИКРОРАДАР 113М»**

Лисовский В.В., к.т.н., доцент

*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»
г. Минск, РБ*

Одним из основных процессов подготовки зерна к помолу, является гидротермическая обработка зерна. Внедрение автоматизированной системы стабилизации увлажнения зерна (АССУЗ) перед помолом, позволяет существенно снизить себестоимость производства муки за счет оптимизации кондиционирования зерна перед последующими технологическими операциями.

Предлагаемая система «Микрорадар 200-01» на основе модернизированного влагомера «Микрорадар 113М» является одной из наиболее современных АССУЗ [6-8].

Микроволновый влагомер «Микрорадар 113М», предназначенный для измерения влажности не только исходного но и свежесушенного зерна, состоит из двух блоков первичных преобразователей, один из которых устанавливается на входе увлажняющей машины А1-БШУ1(2), второй - на выходе. Сигналы обоих сенсоров обрабатываются в микропроцессорном блоке по двум алгоритмам [1,2], позволяющим определять отдельно влажность зерна, поступающего на увлажняющую машину, и влажность зерна после увлажнения. Это позволяет осуществлять регулирование по основному параметру – влажности зерна на выходе системы, что существенно отличает ее от других автоматических систем, работающих по косвенным признакам, таким как входная влажность зерна, расход зерна и расход воды [1,2].

Структурная схема АССУЗ представлена на Рис. 1. Система работает в двух режимах: ручном и автоматическом. В автоматическом режиме на основании измеренной влажности и температуры зерна на входе БШУ (W1, T°1) и выходе БШУ (W2, T°2) БПр (контроллер) в соответствии с требуемым заданным значением влажности на выходе БШУ (Wуст) выдает пропорциональный сигнал в БКС для регулировки подачи воды. Уменьшая или увеличивая подачу воды на увлажнитель путем воздействия на регулируемый клапан регулируемый (КР), БПр поддерживает влажность на выходе БШУ в соответствии с установленным заданием. В результате анализа нештатной ситуации БПр может принять решение о прекращении работы. В этом случае БКС вырабатывает сигнал, который закрывает клапан запорный (КЗ). Подача воды на клапан регулируемый осуществляется через фильтр тонкой очистки (ФТО). В отдельных случаях система подачи воды дополнительно оснащается фильтром грубой очистки (ФГО). Информация о работе системы по шине RS485 поступает на удаленный компьютер.

В ручном режиме управление подачей воды производится оператором, который контролирует влажность зерна на входе и выходе увлажняющей машины по показаниям влагомера. По мнемосхеме, отображенной на экране монитора, оператор может следить за ходом процесса увлажнения, просматривать предыдущие записи техпроцесса. Данные по влажности и температуре зерна на входе и на выходе увлажняющей машины, по расходу воды, должны накапливаться и выдаваться на монитор в виде трендов. Контроллер непрерывно анализирует состояние системы и при возникновении нештатных ситуаций формирует сигнал аварийной ситуации, который представляет собой двухразрядный цифровой код. Этот сигнал поступает в БКС, где производится его дешифрация и, в зависимости от ситуации, вырабатываются сигналы управления и сигнализации. Перед началом работы оператор:

- выбирает режим работы системы (ручной или автоматический);
- устанавливает влажность зерна на выходе увлажняющей машины.

Затем устанавливается область допустимых значений рабочих параметров: влажности и температуры на входе и выходе увлажняющей машины. Выход какого-либо из них за пределы считается аварийной ситуацией 1 или 2 рода. При аварийной ситуации 1 рода система подает сигнал, но продолжает работать, так как опасности переувлажнения нет, при аварийной ситуации 2 рода система подает аварийный сигнал, закрывает отсечной клапан и останавливает работу.

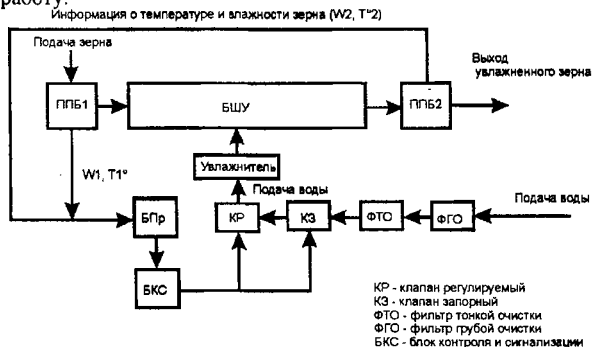


Рис. 1. Структурная схема автоматизированной системы стабилизации увлажнения зерна

Данная система разработана с использованием микропроцессоров или ЭВМ, современных технических средств и программного обеспечения, что позволяет поддерживать точность регулирования на высоком уровне, что в свою очередь обеспечивает более высокую производительность и качество конечного продукта. Разрабатываемая научно-техническая продукция позволит свести роль обслуживающего персонала к контролю за работой автоматических систем, контролирующих и регулирующих выполнение технологического процесса, а также увеличить количество выпускаемой продукции, повысить ее качество, улучшить условия труда и пр.

Необходимым условием качественной работы АСУЗ является адекватность показаний модернизированного поточного СВЧ-влажмера "Микрорадар 113м" результатам измерения влажности зерна по стандартной методике. Для чего БелМИС были проведены лабораторные и производственные испытания СВЧ-влажмера "Микрорадар 113м" и системы в целом.

Оценка элементов автоматизированной системы увлажнения зерна перед помолом с использованием микроволнового влагомера зерна «Микрорадар 113м» осуществлялась в лабораторных условиях по следующей методике. Предварительно были подготовлены образцы зерна с различной влажностью в рабочем диапазоне величин для каждой из культур: пшеница, рожь. Микроволновый влагомер зерна «Микрорадар 113м» был предварительно откалиброван в лаборатории ООО «Микрорадар-Сервис» с окончательной калибровкой в лаборатории ГУ «БелМИС» по результатам, полученным с помощью сушильного шкафа СЭШ-3м по стандартной методике. В процессе выполнения оценок, для каждой из культур с различной влажностью производилось десять измерений влажности зерна испытываемым влагомером «Микрорадар 113м». Параллельно брались пробы для измерения влажности стандартным методом по ГОСТ 13586.5-93 и анализатором влажности МА 45.

Результаты выполненных измерений приведены в [3]. Полученные показатели были также представлены в виде графиков для средних значений влажности по каждому виду зерна [3]. Полученные данные свидетельствуют, что для зерна пшеницы и ржи имеется заявленное в ТУ на влагомер «Микрорадар 113м» совпадение (с допустимой погрешностью) между показаниями испытываемого влагомера и результатами измерения по стандартному методу, который являлся эталонным при калибровке микроволнового влагомера «Микрорадар 113м». По анализатору МА 45 получены несколько большие значения погрешностей измерений

влажности зерна, по сравнению с определяемой влагомером «Микрорадар 113м» и полученными по стандартному методу (ГОСТ 13586.5–93)

В результате проведенных работ установлено, что для обеспечения воспроизводимости результатов измерений влажности зерна, определяемой влагомером «Микрорадар 113м» и стандартным методом по ГОСТ 13586.5–93, с минимальной погрешностью измерений, регламентированной в технических условиях, требуется предварительная калибровка влагомера только с использованием сушильного шкафа по стандартному методу.

При оценке элементов автоматизированной системы увлажнения зерна перед помолом с использованием микроволнового влагомера зерна «Микрорадар 113м» в условиях реальной эксплуатации в составе четвертой линии увлажнения зерна перед помолом мукомольного цеха ОАО «Лидахлебопродукт», установлено следующее:

- микроволновый влагомер зерна «Микрорадар 113м» достоверно отображает как наличие зерна различной влажности в сенсорах БС1 и БС2 при его движении по подводящему и отводящему трубопроводу, так и его влажность и температуру;
- микроволновый влагомер зерна в потоке «Микрорадар 113м» достоверно отображает процесс динамики увлажнения от сухого до увлажненного зерна;
- микроволновый влагомер зерна в потоке «Микрорадар 113м» обеспечивает своевременную подачу сигнала рассогласования на микропроцессорную систему управления работой панели гидравлической с целью регулирования расхода воды;
- микропроцессорный регулятор (контроллер) обеспечивает необходимое качество управления работой панели гидравлической блока управления и контроля (БУК) автоматизированной системы увлажнения зерна перед помолом с учетом транспортного запаздывания;
- элементы контроля влажности зерна с использованием микроволнового влагомера зерна в потоке «Микрорадар 113м» обеспечивают визуализацию протекающих процессов в отношении влажности и температуры зерна и регистрацию указанных показателей.

При оценке элементов контроля влажности зерна в потоке в условиях реальной эксплуатации в составе четвертой линии увлажнения зерна перед помолом мукомольного цеха ОАО «Лидахлебопродукт» установлено отсутствие значительных отклонений результатов измерений в моменты взятия проб, что обусловлено в первую очередь тем, что места взятия организованы в местах установки блоков сенсоров БС1 и БС2 модернизированного микроволнового влагомера «Микрорадар 113м». Различия в показаниях влагомера «Микрорадар 113м» на выходе увлажняющей машины и влажностью, определяемой стандартным методом по ГОСТ 13586.5–93 в диапазоне 10...20% составляет менее $\pm 0,5\%$ [3].

Результаты приемочных испытаний, а также опыт производственной эксплуатации автоматических систем стабилизации увлажнения доказывают, что необходимую точность поддержания заданной влажности зерна перед помолом можно обеспечить только на основе получения достоверной информации от двух датчиков, установленных на входе и выходе увлажняющей машины. Реализация такой системы на базе СВЧ-влагомера «Микрорадар 113м» позволяет обеспечить в производственных условиях поддержание конечной влажности зерна с высокой точностью (абсолютная погрешность не превышала $\pm 0,5\%$).

ЛИТЕРАТУРА

1. Лисовский В. В. Теория и практика сверхвысокочастотного контроля влажности сельскохозяйственных материалов. Мн.: БГАТУ, 2005.-292 с.
2. Лисовский В.В «Автоматический контроль влажности зерна методами СВЧ-влагометрии» // Хлебопек. Минск. – 2005.- №4.- С.23 – 24.
3. Протокол № 000 Д 0/0–2010 от 24 декабря 2010 года «Оценки элементов системы автоматизированного увлажнения зерна перед помолом с использованием модернизированного влагомера «Микрорадар 113м»»

СТЕНД ДЛЯ ОБКАТКИ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Андрюш В.Г., кандидат технических наук

*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,
г. Минск, Республика Беларусь*

Для технологической обкатки двигателей внутреннего сгорания (ДВС) наиболее часто используются обкаточные стенды.

Для повышения качества и облегчения условий труда при проведении обкатки необходимо вести работы по автоматизации процесса, обеспечивая индивидуальную обкатку каждого двигателя в зависимости от технического состояния. За критерий окончания обкатки следует принимать время достижения двигателем нормативных значений технических параметров [1].

Общая продолжительность процесса обкатки при индивидуализации обкатки сокращается на 25–30 % [2].

Необходимость автоматизации обкатки ДВС заключается в том, что:

- скорость вращения электродвигателя и величина тормозной мощности зависят от напряжения силовой сети, которое может колебаться;
- при значительном количестве стендов на ремонтном предприятии трудно совместить максимальную загрузку оборудования с удобством его обслуживания;
- слесарь-испытатель во время обкатки выполняет ряд регулировочных работ и в это время не может постоянно следить за технологическими параметрами;
- на некоторых предприятиях слесарь-испытатель обслуживает несколько стендов, поэтому затруднен контроль хода обкатки;
- труд рабочих оплачивается сдельно и не исключена возможность преднамеренного сокращения продолжительности обкатки.

Нарушение режимов обкатки приводит к снижению ресурса двигателя до 30% [3].

Автотракторные дизели после капитального ремонта имеют значительный разброс параметров, поэтому и время приработки этих двигателей будет неодинаковым по продолжительности. Обеспечение индивидуализации обкатки позволяет рассчитать необходимую продолжительность приработки деталей для каждого двигателя, пройдя все ступени обкатки со скоростью, необходимой и достаточной для достижения мощности механических потерь, соответствующей обкатанным.

Применение в процессе обкатки системы автоматического регулирования по частоте вращения и нагрузочному моменту обеспечивает увеличение межремонтного пробега на 3%, а при автоматическом регулировании и рациональном режиме – на 4,8% [3].

Учитывая сложность, большую стоимость и часто недостаточный уровень квалификации электротехнического персонала ремонтных предприятий, нами было разработано устройство управления обкаткой дизелей, которое защищено патентом на изобретение [4].

Эта схема позволяет реализовать алгоритм выбора необходимой продолжительности обкатки, т.е. задавать и поддерживать продолжительность режимов в зависимости от температуры масла, средней скорости изменения мощности механических потерь, мощности механических потерь в момент измерения и автоматизировать процесс обкатки.

Блок-схема разработанного устройства управления обкаточным стендом [5], представлена на рисунке 1.

При холодной обкатке режим работы (частота вращения) устанавливается задатчиком 9 частоты вращения по сигналу с первого выхода блока 15 управления. На первом вычитающем элементе 7 сравнивается сигнал задатчика 9 частоты вращения и датчика 3 частоты вращения. На выходе первого вычитающего элемента 7 появляется сигнал, равный разности сигналов на входах, который подается через третий вход переключателя 11 на исполнительный механизм 6 нагрузочного устройства (электродвигателя) 1.

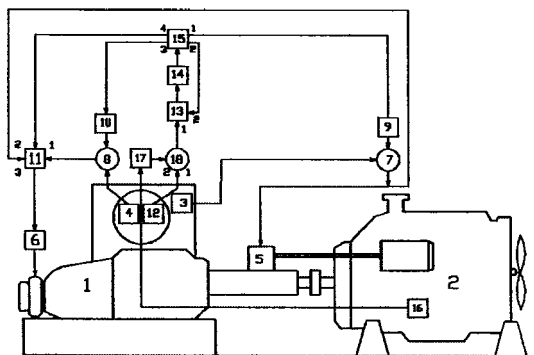


Рисунок 1 - Блок-схема устройства управления стэнда для обкатки двигателя внутреннего сгорания

1-нагрузочное устройство; 2-обкатываемый двигатель; 3-датчик частоты вращения; 4-датчик нагрузочного момента; 5-исполнительный механизм частоты вращения; 6-исполнительный механизм нагрузочного устройства; 7-первый вычитающий элемент; 8-второй вычитающий элемент; 9-задатчик частоты вращения; 10-задатчик нагрузочного момента; 11-переключатель; 12-датчик момента сопротивления прокручиванию; 13-устройство опроса; 14-блок назначения длительности приработки; 15-блок управления; 16-датчик температуры; 17-линеаризатор; 18-третий вычитающий элемент.

Исполнительный механизм 6 нагрузочного устройства, перемещаясь пропорционально сигналу на входе, вызывает увеличение или уменьшение частоты вращения нагрузочного устройства (электродвигателя) 1 и кинематически связанного с ним обкатываемого двигателя 2.

При горячей обкатке под нагрузкой нагрузочным устройством (электродвигателем) 1 изменяется тормозная мощность на валу обкатываемого двигателя 2, а частота вращения регулируется перемещением штока исполнительного механизма 5 частоты вращения и, соответственно, рычага топливодозировочного органа обкатываемого двигателя 2.

Если частота вращения обкатываемого двигателя 2 превышает установленное значение, то сигнал (напряжение) на выходе первого вычитающего элемента 7 вызывает перемещение штока исполнительного механизма 5 и рычага топливодозировочного органа двигателя 2 на уменьшение частоты вращения. Если частота вращения становится меньше установленного значения, то все процессы происходят в обратном направлении.

Аналогично работает контур управления тормозной мощностью по нагрузочному моменту. На втором вычитающем элементе 8 сравнивается сигнал датчика 10 нагрузочного момента и датчика 4 нагрузочного момента. Сигнал с выхода второго вычитающего элемента 8 через первый вход переключателя 11 поступает на исполнительный механизм 6 нагрузочного устройства, изменяя сопротивления или противо-ЭДС в цепи фазного ротора, заставляет нагрузочное устройство (электродвигатель) 1, работающее в режиме динамического торможения, изменять величину тормозной мощности (нагрузочного момента).

Требуемые частота вращения и нагрузочный момент устанавливаются задатчиками 9 частоты вращения и 10 нагрузочного момента по команде с выходов 1 и 3 блока 15 управления в соответствии с режимами приработки после ремонта для данного предприятия.

Информационным параметром хода приработки является величина мощности механических потерь, которая, в свою очередь, определяется по показанию датчика 12 момента сопротивления прокручиванию коленчатого вала на весовом механизме стэнда на фиксированной частоте вращения.

Для того, чтобы реализовать алгоритм селективного установления продолжительности режима приработки, сократив общее ее время, измеряют датчиком 12 момент сопротивления прокручиванию коленчатого вала на фиксированной частоте вращения обкатываемого двигателя и датчиком 16 температуру масла обкатываемого двигателя, вычисляют на линеаризаторе 17 мощность механических потерь при данной температуре. Затем на третьем вычитающем элементе 18 сравнивают мощность механических потерь обкатываемого двигателя с мощностью механических потерь, соответствующей обкатанным.

Сигнал, равный разности между величиной мощности механических потерь обкатываемого двигателя при данной температуре и величиной мощности механических потерь обкатанного двигателя с учетом выбранного рационального значения средней скорости изменения мощности механических потерь с выхода третьего вычитающего элемента 18 поступает на вход устройства 13 опроса, на котором и запоминается. В зависимости от величины этого сигнала блоком 14 назначается продолжительность приработки. Чем меньше эта разность и выше средняя скорость изменения мощности механических потерь, тем меньше время, необходимое для приработки обкатываемого двигателя.

ЛИТЕРАТУРА

1. Соловьев, Р.Ю. Современная концепция обслуживания и ремонта машин / Р.Ю. Соловьев, В.М. Михлин, А.В. Колчин // *Техника в сельском хозяйстве*. – 2008. – № 1. – С. 12 – 15.
2. Довбня, В.К. Автоматизация процесса обкатки ДВС в функции их технического состояния / В.К. Довбня, Е.С. Муковозчик, В.Г. Андруш // *Техническое обслуживание и ремонт сельскохозяйственной техники* : тр. Госуд. всесоюз. науч.-иссл. технол. ин-та ; редкол.: С.С. Черепанов [и др.]. – М., 1988. – Т. 84. – С. 56–59.
3. Дюмин, И. Е. Повышение эффективности автомобильных двигателей / И.Е. Дюмин. – М.: Транспорт, 1987. – 176с.
4. Стенд для обкатки и испытания двигателя внутреннего сгорания : пат. 7067 Респ. Беларусь, МПК 7 G 01 M 15/00 / В.Г. Андруш ; заявитель Белор. гос. аграр. техн. ун-т. – № а 20020276 ; заявл. 04.04.02 ; опубл. 30.06.05. // *Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуальнасці*. – 2005. – №2. – С. 226.
5. Андруш, В.Г. Сокращение длительности обкатки двигателей / В.Г. Андруш // *Энергосберегающие технологии и технические средства в сельскохозяйственном производстве* : доклады междунар. науч.-практ. конф., Минск, 12–13 июня 2008 г. В 2 ч. Ч. 1 / Белор. гос. аграр. техн. ун-т ; редкол. А.В. Кузьмицкий [и др.]. – Минск, 2008. – С. 39–44.

УДК 631.171

МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА В ПТИЧНИКЕ

Роліч О. Ч., к.т.н., доцент, Р.Б. Порошилов, магистрант

*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,
г. Минск, Республика Беларусь*

Компьютерное моделирование является неотъемлемой частью процесса синтеза систем автоматического регулирования (САР). В концепции Государственной программы инновационного развития Республики Беларусь на 2011-2015 годы, одобренной на заседании Президиума Совета Министров Республики Беларусь от 21 апреля 2010 года, протокол № 11, акцентировано внимание на необходимости повышения уровня научно-технического обоснования проектов вновь создаваемых и модернизируемых производств и технологических процессов, используя компьютерное моделирование.

В сельскохозяйственном производстве Беларуси одну из определяющих ролей играет птицеводство, обеспечивающее население ценными продуктами питания. Биологические особенности птицы при интенсивных методах ее выращивания позволяют организовать рав-

номерное производство продукции в течение всего года. Короткий период производства обеспечивает быструю оборачиваемость финансовых средств и повышение рентабельности птицефабрики.

Для нормального роста птицы требуется создание соответствующего микроклимата, в частности, точное поддержание заданного температурно-влажностного режима с учетом пространственного распределения температуры и влажности в птичнике. Это обеспечивается применением современных средств автоматизации, интеллектуальных контроллеров, датчиков и реле [1].

Авторами предлагается модель САР пространственного распределения температуры как основного параметра микроклимата птичника. Моделируемая САР построена на базе современных средств автоматизации, выбранных согласно проекту птичника клеточного содержания СПК «Кленовичи» Крупского района.

Структурная схема САР пространственного распределения температуры воздуха в птчичнике представлена на рисунке 1. В ее состав, кроме датчиков температуры окружающей среды и температур в птчичнике, а также непосредственно птчичника как объекта управления, входят $л_{тв}$ торцевых, $л_{бв}$ боковых и $л_{пв}$ потолочных вентиляторов, $л_{тг}$ теплогенераторов, $л_{пк}$ приточных клапанов, $л_{ж}$ блоков оконных жалюзи. Приточные клапаны и жалюзи с регулируемыи углами поворотов описываются звеньями второго порядка, вентиляторы и теплогенераторы с регулируемыи скоростями вращения роторов двигателей – звеньями

первого порядка. В приведенной структурной схеме множитель $e^{-j\vec{k}\vec{r}}$ отражает звено чисто-го запаздывания, а именно, пространственную задержку действия исполнительного устройства (вентилятора, теплогенератора, приточного или вытяжного канала) с заданным вектором $\vec{k}$ направления, определяющим пространственную частоту, по отношению к области птчника, описываемого радиус-вектором $\vec{r}$. Функциями $K_{\chi\chi}(\theta, \varphi)$ (θ, φ – угловые координаты сферической системы) обозначены диаграммы направленностей исполнительных устройств. В схеме также учтена обратная квадратичная зависимость изменения мощности действия исполнительного устройства в определенном направлении от расстояния r [2]. Установившаяся температура в заданной радиус-вектором $\vec{r}$ области определяется посредством усреднения результирующих температурных влияний со стороны отдельных исполнительных устройств:

$$\Theta_{\Pi}(\vec{r}) = (\Theta_{\Pi K}(\vec{r}) + \Theta_{\Pi T}(\vec{r}) + \Theta_{\Pi B}(\vec{r}) + \Theta_{\Pi B}(\vec{r}) + \Theta_{\Pi J}(\vec{r}) + \Theta_{\Pi B}(\vec{r})) / n.$$

$$n = n_{TB} + n_{BB} + n_{PB} + n_{TG} + n_{PK} + n_{Ж}.$$

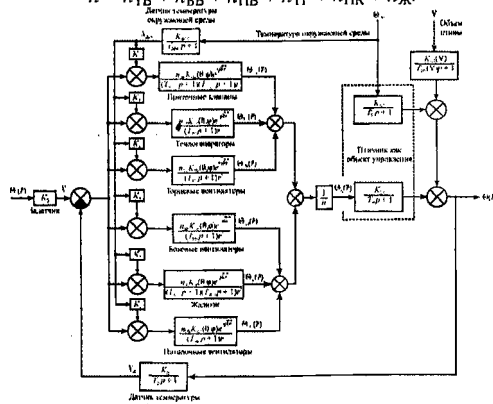


Рис. 1. Структурная схема САР пространственного распределения температуры воздуха в птичнике

На базе представленной математической модели разработана программа имитации САР распределения температуры в птичнике. На рисунке 2 изображен ее пользовательский интерфейс.

Программа позволяет имитировать работу САР температуры в птичнике в различных режимах. Для определенного режима с учетом заданных изменений температуры окружающей среды и требуемых значений температур в реперных точках птичника программа автоматически корректирует структуру САР, подбирая необходимое число работающего оборудования и определяя параметры его работы: скорости вращения двигателей вентиляторов и теплогенераторов, углы поворотов жалюзи, состояния приточных клапанов. Таким образом, формируется динамически изменяемая структура системы автоматического управления птичником с учетом расположения оборудования в соответствии с проектом.

Представленный на рисунке 2 интерфейс отражает состояние САР в переходный период. В данном периоде температура внутри птичника полностью совпадает с заданной температурой. При этом работают боковые вентиляторы, которые вытягивают из птичника влажный воздух. Потолочные вентиляторы вытягивают небольшую часть теплого воздуха и избыточные для птицы газы. Работа теплогенераторов свидетельствует о необходимости поддержания нормальной температуры в 18°C, так как температура вне птичника выходит за нормальный диапазон, необходимый для выращивания птицы. Приточная вентиляция открыта на 30%, что регулируется с помощью форточек в боковых стенах.

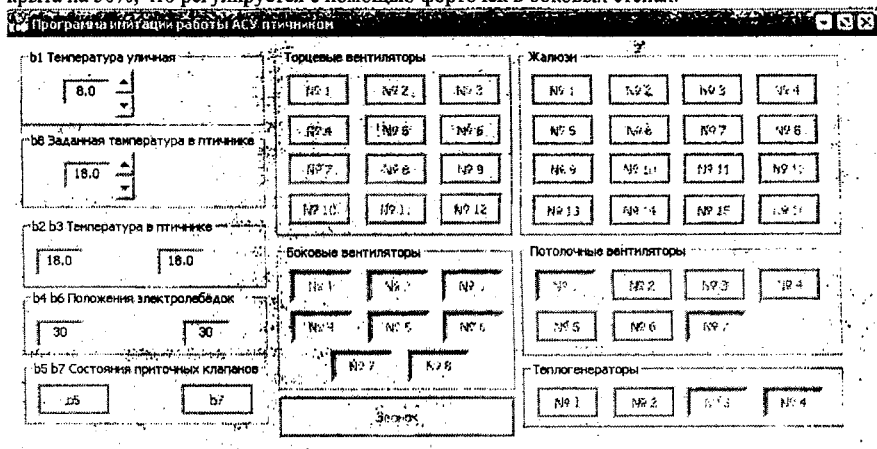


Рис. 2. Программа моделирования САР распределения температуры воздуха в птичнике

Разработанная модель САР температуры воздуха в птичнике позволяет анализировать поведение системы с учетом задающих и возмущающих в процессе выращивания птицы воздействий. Задающие воздействия определяются технологическим процессом выращивания птицы, возмущающие – сезонными и суточными изменениями температуры окружающей среды, а также ростом птицы. В модели учтено пространственное действие оборудования и влияние всех исполнительных устройств посредством их диаграмм направленностей, пространственного запаздывания и изменения энергии воздушных потоков от расстояния.

Разработана программа, реализующая модель САР температуры воздуха в птичнике. Исходя из вида управляющих и возмущающих воздействий, программа позволяет имитировать работу САР температуры, динамически изменяя ее структуру, и вычислять параметры функционирования оборудования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Автоматизация технологических процессов: учебное пособие. С.Н. Фурсенко, Е.С. Якубовская, Е.С.Волкова. – Минск: БГАТУ, 2007. – 592с.
2. Ролич, О.Ч. Технология моделирования динамики пространственного распределения термодинамических величин в объекте автоматизации / О.Ч. Ролич, Е.В. Галушко, М.А. Прищепов // Агропанорама. – 2010. – № 6. – С. 13 – 15.

УДК 004.942

ПРОГРАММНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВОМ

Ролич О.Ч., к.т.н., доцент, Джунковский В.В., Малейко В.В., Савицкий Д.В.
*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»
г. Минск, Республика Беларусь*

Обучение принципам действия и правилам эксплуатации производственных технических систем и автоматизированных систем управления (АСУ) технологическими процессами связано с большими материальными издержками. Они являются определяющими в развитии учебного процесса технических специальностей, в частности, специальности 1-53 01 01-09 «Автоматизация технологических процессов и производств (сельское хозяйство)». Основной путь снижения материальных издержек заключается в усовершенствовании технологий моделирования АСУ и их всестороннего внедрения в учебный процесс.

Авторами предлагаются технические и программные средства для моделирования АСУ технологическими процессами и производствами, а также для преподавания студентам технических специальностей приложений информационных технологий в управлении, принципов построения и функционирования логически и физически распределенных автоматизированных систем [1].

В основу разработанных технических средств входит модуль контроллера на базе микропроцессора ADUC842 с ядром 8051 [2-4]. В каждом модуле к базовому микропроцессору подключены следующие электронные устройства [2; 3]: по шине I2C четырехканальный восьмиразрядный аналого-цифровой преобразователь и одноканальный восьмиразрядный цифро-аналоговый преобразователь со стабилизированным опорным напряжением; эти технические средства предназначены для обработки сигналов аналоговых датчиков и управления аналоговыми исполнительными устройствами; по параллельной восьмиразрядной шине посредством цифрового мультиплексора четыре входных буфера и два выходных регистра-зашелки, предназначенные для обработки сигналов цифровых датчиков и управления цифровыми исполнительными устройствами; посредством последовательного интерфейса USART адаптеры связи модуля с компьютером (USB-адаптер) и другими аналогичными контроллерами (адаптер шины RS-485).

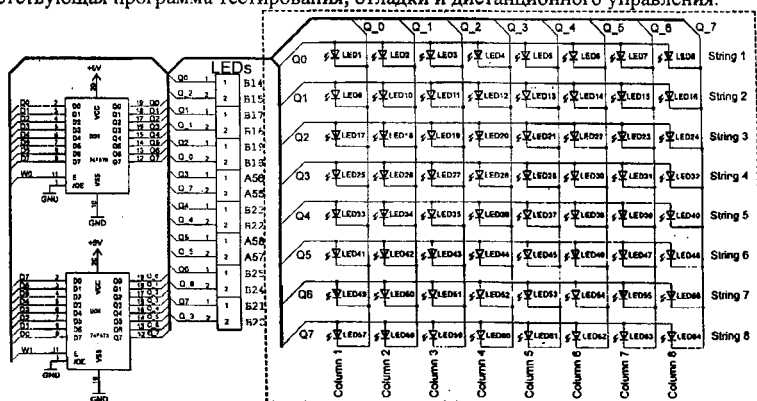
Для получения данных с аналоговых и цифровых входов модуля и подачи управляющих сигналов на внешние аналоговые и цифровые каналы, а также для взаимодействия с компьютером и аналогичными модулями сети разработаны универсальные алгоритм и программа функционирования микропроцессора ADUC842. В соответствии с алгоритмом функционирования модуль позволяет снимать данные с резистивных датчиков, цифровых датчиков Холла, энкодера, переключателей и клавиатуры, управлять субминиатюрными реле, шаговым двигателем и двигателем постоянного тока, светодиодным и жидкокристаллическим дисплеями. Питание мощностью 5В x 1А подводится к модулю от внешнего компьютера посредством шины USB.

Все перечисленные датчики, исполнительные устройства и контроллер составляют учебный модуль стенда. Отдельный учебный модуль позволяет имитировать заданный технологический процесс. Объединенная в сеть с промышленным интерфейсом RS-485 группа модулей предназначена для моделирования АСУ производством.

Управление моделью АСУ технологическим процессом или производством осуществляется с помощью разработанных авторами компьютерных программ, содержащих элементы SCADA-систем. Компьютер является основным управляющим узлом. Он собирает данные со всех модулей системы и на их базе принимает решения, согласно технологическому или производственному алгоритму.

В процессе моделирования АСУ на базе контроллера и имеющихся технических средств (датчиков и исполнительных устройств) посредством проводного монтажа собирается модуль имитации технологического процесса. Модули объединяются в цифровую сеть с интерфейсом RS-485, формируя АСУ производством. Тестирование и отладка полученной системы осуществляется путем ее подключения к компьютеру и запуска одной из множества разработанных авторами программ.

На рисунке 1 (а) представлен фрагмент принципиальной схемы подключения средства визуализации, входящего в состав учебного модуля, к контроллеру АСУ, на рисунке 1 (б) – соответствующая программа тестирования, отладки и дистанционного управления.



(а)
Строка состояния стэнда



(б)

Рис. 1. Фрагмент принципиальной схемы (а) подключения средства визуализации к контроллеру АСУ и интерфейс пользователя (б) программы дистанционного управления

В описанной системе используется открытый протокол ModBUS взаимодействия по сети с шинной архитектурой на базе интерфейса RS-485 [3, 5]. Это способствует специалисту, владеющему объектно-ориентированным и системным технологиями программирования, генерировать новые модели производств путем разработки собственных алгоритма и пользовательского интерфейса программы сбора данных и дистанционного управления [3, 6].

Разработанные программно-технические средства, обладающие гибкостью при создании новых моделей АСУ технологическими процессами и производствами, позволяют подготовить квалифицированного технического специалиста по автоматизации, глубоко владеющего принципами и законами функционирования отдельных узлов и системы в целом, имеющего четкое представление о векторах и траекториях информационных потоков, в частности, о направлениях движения потоков данных и команд, и распределении принятия решений в современных системах автоматизации, диспетчеризации и телемеханики.

Разработанные программно-технические средства внедрены в учебный процесс по дисциплине «Монтаж, эксплуатация и диагностика систем автоматизации» специальности 1-53 01 01-09 «Автоматизация технологических процессов и производств (сельское хозяйство)».

ЛИТЕРАТУРА

1. Учебный стенд диагностики микропроцессорных систем [Электронный ресурс]. – 2011. – Режим доступа: <http://www.batu.edu.by/content/uchebnyi-stend-diaagnostiki-mikroprotssornomykh-sistem>. – Дата доступа: 18.10.2011.
2. Галушко, Е.В. Технология создания электронной системы комплексного тренажёра энергонасыщенной сельскохозяйственной техники / Е.В. Галушко, О.Ч. Ролич, К.М. Шестаков // Актуальные проблемы повышения квалификации и переподготовки кадров агропромышленного комплекса: сборник докладов Международной научно-практической конференции (24 – 26 ноября 2010 года, г. Минск). В 2-х частях. Часть 1. – Минск: БГАТУ, 2010. – С. 117-120.
3. Ролич, О.Ч. Методика и технические средства обучения схемотехнике и диагностике монтажа микропроцессорных систем / О.Ч. Ролич // Информатизация образования. – 2011. – № 2. – С. 40 – 50.
4. Джунковский, В.В. Аппаратно-программный комплекс для обучения схемотехнике и диагностике монтажа микропроцессорных средств автоматизации / В.В. Джунковский // Исследования и разработки в области машиностроения, энергетики и управления: материалы XI Междунар. науч.-техн. конф. студентов, магистрантов и аспирантов, Гомель, 28-29 апр. 2011 г. / М-во образования Респ. Беларусь, Гомел. гос. техн. университет им. П.О. Сухого. – Гомель: ГГТУ им. П.О. Сухого, 2011. – С. 495 – 497.
5. Ролич, О.Ч. Основы автоматики в электроэнергетике: учеб. пособие / О.Ч. Ролич, Ю.А. Сидоренко, А.Г. Сеньков. – Минск: Беларусь, 2011. – 191 с.
6. Ролич, О.Ч. Технологии программирования : курс лекций / О. Ч. Ролич. – Минск : БГУ, 2008. – 144 с.

УДК 621.317.08

ОСОБЕННОСТИ КОНТРОЛЯ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ВЛАЖНОСТИ ВОЗДУХА И ГАЗОВЫХ СМЕСЕЙ НА ОБЪЕКТАХ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

Ковалев В.А., к.т.н., доцент, Скочек И.И., ст. преподаватель
УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»
г. Минск, Республика Беларусь

Кулаков А.Т., к.т.н., доцент
УО «Белорусский Национальный Технический Университет»
г. Минск, Республика Беларусь

Влажность воздуха является одним из важных параметров в технологических процессах агропромышленного комплекса, который необходимо измерять и контролировать.

Контроль влажности газов (агентов сушки) позволяет косвенным путем судить о влажности высушиваемых материалов и продуктов и управлять процессом сушки тех из них, для которых нет возможности применять прямые измерения влажности в непрерывном технологическом производстве. Влажность воздуха в складских помещениях, овощехранилищах, холодильных камерах является параметром, определяющим оптимальный режим длительного хранения пищевого сырья и готовых продуктов.

Под влажностью понимается наличие в газе водяных паров. При этом чаще всего в качестве количественной характеристики используется понятие относительной влажности: отношение действительной влажности к максимально возможной влажности этого газа при данной температуре и выражается, как правило, в процентах. Для измерения относительной влажности воздуха и других газовых смесей используются различные физические принципы и методы [1]. На их основе промышленностью во всем мире выпускается достаточно широкая номенклатура измерительных преобразователей и приборов – гигрометров, но проблема метрологического обеспечения контроля этого важного технологического параметра в АПК остается. Причина такого состояния дел по нашему мнению кроется в особенностях применения различных по принципу действия гигрометров в различных условиях, что не всегда учитывается при их выборе и дальнейшей эксплуатации. Остановимся на некоторых из них.

Преобладающее большинство всех современных измерителей относительной влажности воздуха изготавливаются с использованием абсорбционно-емкостных чувствительных элементов (ЧЭ). Технология производства таких ЧЭ на сегодняшний день достаточно хорошо отработана, и они предлагаются многими крупными электронными компаниями. Благодаря высокой точности, надежности, долговременной стабильности емкостных сенсоров приборы на их основе широко используются для измерения влажности во всех отраслях человеческой деятельности. Однако существует ряд задач, в которых применение емкостных сенсоров ограничено вследствие их существенного недостатка, о котором редко упоминают производители - дрейфа при длительном нахождении в среде с влажностью выше 90%. Величина дрейфа увеличивается с ростом влажности, температуры и длительности пребывания при высокой влажности и может достигать 10% [2]. Эта особенность емкостных сенсоров не позволяет использовать «обычные» гигрометры для постоянного контроля в процессах с влажностью более 90%. А это достаточно широкий класс задач, включающий, в том числе, контроль влажности на таких объектах АПК как теплицы, овощехранилища, грибные фермы и т.п. В условиях высокой влажности эти датчики, кроме того что имеют большую погрешность, могут выходить из строя при попадании на них конденсата, образующегося в результате выпадения точки росы или работы увлажнителей или парогенераторов [3].

Несколько лет назад на рынке появились специальные модели гигрометров, предназначенных для длительной работы в условиях высокой влажности. В этих приборах сенсор перегревается относительно окружающей среды, в результате чего относительная влажность воздуха в точке измерения не превышает 70-85%. Преобразователь на основе значений температуры сенсора и измеренной относительной влажности рассчитывает парциальное давление водяного пара. Отдельный измерительный преобразователь контролирует температуру воздуха. Затем на основе известных значений парциального давления и температуры рассчитывается относительная влажность воздуха. Такие гигрометры могут быть с успехом использованы на вышеупомянутых объектах агропромышленного комплекса, но следует учитывать, что они существенно дороже «обычных».

Более привлекательной по цене альтернативой при этом могут служить измерители на основе психрометрического метода, основанного на разнице показаний "сухого" и "увлажненного" термометров. Это исторически самый старый метод измерения относительной влажности воздуха. Современные психрометрические датчики, используемые в системах автоматического контроля, обычно состоят из пары подобранных платиновых термопреобразователей сопротивления и устройства для смачивания одного из них, включающего емкость с водой и тканевый фитиль. Сигналы с термопреобразователей поступают на электронный

микропроцессорный блок, где по психрометрической разности температур определяется относительная влажность воздуха.

На погрешность измерения при использовании этого метода оказывают влияние атмосферное давление, скорость аспирации, температура воздуха, чистота заливаемой воды, пыление тканевого материала. Кроме всего погрешность, возникающую при изменении свойств тканевого материала (например, тканевый материал запылится и высохнет) и изменении скорости движения воздуха около датчиков, трудно заметить. К недостаткам психрометрических гигрометров таким образом можно отнести постоянную необходимость контроля влажного тканевого материала и наличия воды в устройстве для смачивания, что подталкивает специалистов к поиску менее «капризных» приборов. И часто, не зная особенностей использования емкостных датчиков, делается выбор в их пользу, и через какое-то время испытывается разочарование. В то же время, если грамотно организовать техническое обслуживание психрометрического датчика, он может длительно иметь хорошие метрологические характеристики.

ЛИТЕРАТУРА

1. Фарзانه, Н.Г. Технологические измерения и приборы [Текст] : учеб. для студ. вузов /Н.Г. Фарзانه, Л.В. Ильясов, А.Ю. Азим-заде. – М.: Высш. шк., 1989. – 456 с.
2. Измерение влажности в климатических термокамерах [Электронный ресурс]. – 2011. – Режим доступа: <http://www.microfor.ru/html/application/termokamers.php>. – Загл. с экрана.
3. Датчики относительной влажности воздуха [Электронный ресурс]. – 2011. – Режим доступа: <http://gribovod.kiev.ua/rh-measurement.pdf>. – Загл. с экрана.

УДК 378.14:638.1

МОДЕЛИРОВАНИЕ УСТРОЙСТВ ВВОДА-ВЫВОДА ДИСКРЕТНЫХ СИГНАЛОВ В МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ

Ставицкий П.И., Сей А.А., Матвеев И.П.

УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»
г. Минск, Республика Беларусь

Микроконтроллеры семейства AVR являются 8-разрядными микроконтроллерами с RISC- архитектурой и имеют единую базовую структуру, включающую ядро, состоящее из арифметическо-логического устройства, 32 регистров общего назначения, статического оперативного запоминающего устройства (ОЗУ), флэш-памяти программ, энергонезависимой памяти данных (ЭСППЗУ), логики управления, и комплекса периферийных устройств, в который входят параллельные порты ввода-вывода, последовательные порты ввода-вывода, многофункциональные таймеры-счетчики, блок прерываний, сторожевой таймер, аналоговый компаратор и другие устройства.

Устройства ввода-вывода представляют преобразователь управляющих кодов, выдаваемых процессором, в сигналы управления исполнительными механизмами (импульсные, дискретные, аналоговые) и преобразование сигналов с датчиков в коды для ввода в процессор.

Каждый параллельный порт ввода/вывода информации микроконтроллера AVR Mega содержит управляемые регистр-защелку, входной буфер и выходной драйвер. Обращение к портам производится через регистры ввода/вывода. Под каждый порт в адресном пространстве ввода/вывода зарезервировано по 3 адреса, по которым размещены следующие регистры: регистр данных порта PORTx, регистр направления данных DDRx и регистр выводов порта PINx. Действительные названия регистров получаются подстановкой названия порта вместо символа x. Соответственно, регистры порта A называются PORTA, DDRA, PINA, порта B - PORTB, DDRB, PINB и т.д.

Поскольку с помощью регистров PINx осуществляется доступ к физическим значениям сигналов на выводах порта, они доступны только для чтения, тогда как остальные два регистра доступны и для чтения, и для записи.

Для управления исполнительным устройством, работающим по принципу включено/выключено, на соответствующей выходной линии порта необходимо сформировать статический сигнал 0 или 1, что реализуется командами вывода непосредственного операнда, содержащего в требуемом бите значение 0 или 1.

В случае параллельного управления группой автономных исполнительных устройств, подключенных к выходному порту, формируется не двоичное управляющее воздействие, а управляющее слово, каждому из разрядов которого ставится в соответствие 1 или 0 в зависимости от того, какие исполнительные устройства должны быть включены, а какие выключены.

В данной работе моделируется только вывод заранее заданной цифровой информации из микропроцессора через порты ввода-вывода и параллельный регистр на восьмиразрядный семисегментный светодиодный индикатор. Фрагмент принципиальной электрической схемы представлен на рисунке 1.

В схеме использован параллельный регистр DD2 1594IP37 (74ACT574) для подключения к микроконтроллеру сегментов символьного светодиодного индикатора. Для организации параллельной шины данных используется восьмибитный порт PA микроконтроллера. Для зашелкивания информации в регистре используется порт PC3(BasW), на котором необходимо сформировать прямоугольный импульс, по заднему фронту которого и происходит зашелкивание. Порты PC0 (Adis0), PC1 (Adis1), PC2 (Adis2) используются для выбора ячейки символьного светодиодного индикатора.

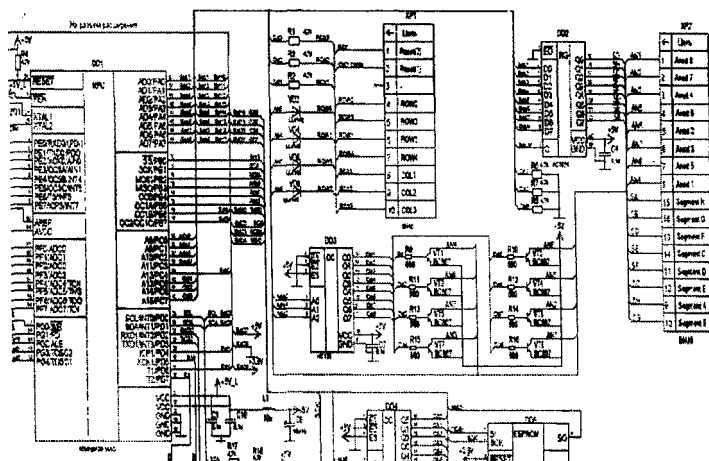


Рисунок 1 – Фрагмент принципиальной электрической схемы

В данной работе была составлена программа вывода дискретных сигналов из микропроцессора на светодиодный индикатор.

Таким образом, изучив особенности работы портов микроконтроллера, схему подключения входных и выходных дискретных сигналов к микроконтроллеру, был смоделирован вывод дискретных сигналов из микропроцессора на исполнительное устройство.

ЛИТЕРАТУРА

1. Евстифеев А.В. Микроконтроллеры AVR семейства Mega. Руководство пользователя. – М.: Издательский дом «Додэка-XXI», 2007. – 592 с.

СИНТЕЗ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРИ СЛУЧАЙНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ ПУТЕМ МОДЕЛИРОВАНИЯ НА ЭВМ

Сидоренко Ю.А., к.т.н., доцент, Белохвост М.В., магистр т.н.
 УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»
 г. Минск, Республика Беларусь

Большинство сельскохозяйственных агрегатов в условиях нормальной эксплуатации работают при случайных возмущающих воздействиях. Синтез таких систем при случайных воздействиях позволяет получать более эффективно работающие системы.

Аналитические методы синтеза систем при случайных воздействиях основаны на известных зависимостях, связывающих корреляционные функции и спектральные плоскости на входе и выходе линейных систем.

Однако сельскохозяйственные агрегаты часто описываются системой нелинейных дифференциальных уравнений, критерии оптимальности могут быть очень разнообразны, на системы накладывается ряд ограничений, что существенно затрудняет использование аналитических методов, а результат может оказаться слишком приближенным и требующим дорогостоящей и трудоемкой доводки в процессе исследовательских испытаний.

Современные цифровые ЭВМ создали возможность использования численных методов решения дифференциальных уравнений для расчета поведения систем во времени с целью использования результатов такого моделирования для синтеза систем. В настоящее время разработано и широко применяется разнообразное программное обеспечение, позволяющее проводить такое моделирование, без разработки специальных алгоритмов цифрового моделирования для конкретной задачи. Автоматчик получил возможность сосредоточиться на решении своей непосредственной задачи синтеза системы. Например, широко используется Simulink в составе пакета Matlab.

В общем виде задача поиска оптимального управляющего устройства формулируется следующим образом.

Задана цель управления:

$$Y_c \quad (1)$$

Математическое описание объекта управления (ОУ):

$$Y = A_0(X_y, F, t) \quad (2)$$

Математическое описание возмущающих воздействий:

$$F(t) \quad (3)$$

Критерий оптимальности:

$$Q(Y, X_y) \rightarrow \min (\max) \quad (4)$$

Ограничения:

$$Q_{\text{доб}}(Y, X_y) \in Q_{\text{доб, доп}} \quad (5)$$

Граничные условия:

$$Q_{\text{до}}(Y, X_y) \quad (6)$$

где $Y = A_0(X_y, F, t), Q(Y, X_y), Q_{\text{доб}}(Y, X_y), Q_{\text{до}}(Y, X_y)$ - операторы от вектора X_y управляющих воздействий, вектора Y управляемых величин, вектора F возмущающих воздействий и времени t .

Требуется найти управляющее устройство в виде оператора:

$$X_y = A_m(Y, Y_c, F, t) \quad (7)$$

Вектор X_y обычно называют управлением.

При синтезе должны быть решены одновременно две задачи – поиск общего вида оператора X_y и поиск его оптимальных параметров при соблюдении всех ограничений.

При известном операторе X_y задача поиска оптимальных параметров может быть решена использованием поисковых экспериментальных методов оптимизации.

Для поиска общего вида оператора X_y нами предлагается, на основании анализа условий функционирования объекта, всех требований к системе и ограничений, сформировать ранжированный ряд гипотез об виде операторов X_y .

Примером такого ряда является ряд из типовых законов регулирования с учетом возможностей приближенной реализации [1] законов регулирования и введении импульсной модуляции управляющего воздействия на объект при больших транспортных запаздываниях на объекте. Затем проводится последовательная проверка гипотез, пока не будет найдено наиболее простое решение, удовлетворяющее требованиям и системе.

Особенностью такой проверки является следующее.

Системы работают при стационарных случайных воздействиях только в условиях нормальной эксплуатации. На практике имеют место также и переходные режимы работы.

Приведем простейший пример. Пусть требуется обеспечить точность регулирования. Тогда критерием оптимальности может являться дисперсия ошибки системы. Ее минимум для каждой гипотезы обеспечивается поиском оптимальных параметров закона регулирования. Однако на переходные режимы также наложены ограничения, например, на перерегулирование или быстродействие системы.

Тогда, после поиска оптимальных параметров, обеспечивающих минимум дисперсии ошибки, следует проверить выполнение ограничений на качество переходных процессов, и, если они не обеспечены, перейти к проверке следующей гипотезы.

Задача решается до тех пор, пока будет найдено решение, удовлетворяющее всем требованиям к системе.

ЛИТЕРАТУРА

Сидоренко, Ю.А. Математическое моделирование современных цифровых регуляторов/ Ю.А. Сидоренко // Агропанорама. – 2005. - №3.

УДК 378.14:638.1

РЕАЛИЗАЦИЯ ВРЕМЕННЫХ ФУНКЦИЙ В МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ

Цвирко Д.И., Коледюк М.Н., Матвеев И.П.

*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»
г. Минск, Республика Беларусь*

Часто в микропроцессорных системах управления требуется синхронизировать по времени работу процессора с более медленными устройствами ввода-вывода. Для этого необходимо создавать временные задержки (реализовывать временные функции).

Реализация временных функций микроконтроллера AVR Mega может осуществляться программным и аппаратным способами.

Процедура реализации временной задержки малой длительности использует метод программных циклов. При этом в некоторый рабочий регистр загружается число, которое затем в каждом проходе цикла уменьшается на 1. Так продолжается до тех пор, пока содержимое рабочего регистра не станет равным нулю, что интерпретируется программой как момент выхода из цикла. Время задержки при этом определяется числом, загруженным в рабочий регистр, и временем выполнения команд, образующих программный цикл.

Фрагмент программы, реализующей временную задержку с использованием светодиодов led1 и led2, оформляется в виде подпрограммы, так как предполагается, что основная

управляющая программа будет производить к ней многократные обращения для формирования выходных импульсных сигналов. Фрагмент разработанной программы приведен ниже:

```
main  NOP
      ldi r16, 24
      out DDRG, r16
      LDI R17, 0      ; Загрузили длительность задержки
      LDI R16, 200
      sbi 0x65, 4     ; Выдали значение на led2
M1:   DEC R17         ; Уменьшили на 1
      NOP             ; Пустая операция
      BRNE M1         ; Длительность не равна 0? Переход если не 0
      NOP             ; Пустая операция
      DEC R16
      BRNE M1
      cbi 0x65, 4     ; Погасили значение на led2
      NOP
      sbi 0x65, 3     ; Выдали значение на led1
M2:   DEC R17         ; Уменьшили на 1
      NOP             ; Пустая операция
      BRNE M2         ; Длительность не равна 0? Переход если не 0
      NOP             ; Пустая операция
      DEC R16
      BRNE M2
      cbi 0x65, 3     ; Погасили значение на led1
      NOP
      sbi 0x65, 4     ; Выдали значение на led2
      END main
```

Реализация подпрограммы осуществляется с использованием порта G с двумя линиями передачи 3 и 4.

Для получения требуемой временной задержки необходимо определить число X, загружаемое в рабочий регистр. Определение числа X выполняется на основе расчёта времени выполнения команд, образующих данную подпрограмму. При этом необходимо учитывать, что команды LDI и RET выполняются однократно, а число повторений команд DEC и BRNE равно числу X. В описании команд микроконтроллера указывается, за сколько машинных циклов (МЦ) исполняется каждая команда. На основании этих данных определяется суммарное число машинных циклов в подпрограмме: RCALL - 3 МЦ, LDI - 1 МЦ, DEC - 1 МЦ, BRNE - 1 МЦ, RET - 4 МЦ. При тактовой частоте 7,3728 МГц каждый машинный цикл выполняется за 0,136 мкс.

Временную задержку меньшей длительности программным путем можно реализовать, включая в программу цепочки команд NOP.

Для реализации задержки большей длительности (≈ 1 с) можно увеличить тело цикла включением дополнительных команд или использовать метод вложенных циклов. Секунда является очень большим интервалом времени по сравнению с тактовой частотой микроконтроллера. Такие задержки сложно реализовать методом вложенных циклов, поэтому их обычно набирают из точно подстроенных задержек меньшей длительности. Например, задержку в 1 с можно реализовать десятикратным вызовом подпрограммы, реализующей задержку 10 мс. Погрешность подпрограммы составляет 105 мкс. Для очень многих применений это достаточно высокая точность.

Аппаратная реализация осуществляется с использованием устройств таймер/счётчик микроконтроллеров AVR. В составе микроконтроллера ATmega128 семейства AVR входят

два 16-разрядных таймера-счетчика и два 8-разрядных, предназначенные для точного задания временных интервалов, генерации прямоугольных импульсов и измерения временных характеристик импульсных сигналов. 16-разрядные таймеры-счетчики предназначены для точного задания временных интервалов, генерации прямоугольных импульсов и измерения временных характеристик импульсных сигналов.

Недостатком программного способа реализации временной задержки является нерациональное использование ресурсов микроконтроллера: во время формирования задержки он практически простаивает, так как не может решать никаких задач управления объектом. В то же время аппаратные средства позволяют реализовать временные задержки на фоне основной программы работы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Евстифеев А.В. Микроконтроллеры AVR семейства Mega. Руководство пользователя. – М.: Издательский дом «Додэка-XXI», 2007. – 592 с.

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ОТКЛИКА ИНТАКТНОГО РАСТЕНИЯ НА ВОЗМУЩАЮЩИЕ ФАКТОРЫ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ

Герасимович Л.С. проф., д.т.н., Михайлов В.В. аспирант
*УО «Белорусский государственный аграрно-технический университет»
Минск, Республика Беларусь*

В современных условиях социально-экономического развития Республики Беларусь одним из приоритетов государственной аграрной политики является сохранение и совершенствование отрасли тепличного овощеводства, превращение ее в высокотехнологичное производство путем проведения мероприятий научно-технического, организационно-экономического, финансового и технологического направлений.

Внедрение прогрессивных наукоемких технологий в сооружениях защищенного грунта продиктовано, прежде всего, необходимостью увеличения объемов производства отечественной конкурентоспособной овощной продукции и снижения энергозатрат, что и предопределяет создание современных энергоресурсосберегающих агротехнологий.

Развитие тепличного овощеводства в Беларуси имеет следующие особенности: агроклиматические, энергоэкономические, технико-технологические, виды и состояние теплиц, научный потенциал.

В работе принята методология системного анализа, требующая комплексного решения задач, относящихся к системно-сложным объектам труда – биофункциональным системам. Она включает биологические объекты труда (овощи), среду их обитания, агроклиматические и антропологические воздействия внешней среды в течение всего цикла производства. На этой основе достигается существенное снижение энергоемкости овощеводческой продукции и повышается ее конкурентоспособность. Эта методология обеспечивает разработку системы требований к оптимальным режимам управления биопродукционными процессами и технологическому оборудованию. Каждая из технологий имеет свои особенности, преимущества и недостатки в конкретных условиях. Вместе с тем, учитывая развитость малообъемных технологий (агрегатопоники) в тепличном овощеводстве Беларуси, особое внимание в работе уделено выращиванию овощей в малообъемной культуре на искусственных субстратах при различных модификациях систем обогрева, освещения и управления БПП.

В тепличном овощеводстве Республики малообъемными системами капельного полива оборудовано более 200 га, где в качестве субстрата используется преимущественно импортная минеральная вата, а также торф, торфокерамзит и керамзит (около 10

га). За последние 10 – 15 лет перевод отрасли на эту технологию выращивания овощей позволил повысить урожайность овощей в 2 – 3 раза, связи с чем технология агрегатопоники является важнейшим системообразующим фактором тепличного овощеводства Беларуси.

Технологическое оборудование капельного полива включает: баки-растворители и дозаторы жидких минеральных удобрений, систему магистральных и раздаточных трубопроводов с ответвлениями для индивидуального капельного полива растений и автоматизированную компьютерную систему управления режимами полива.

Цель создания экспериментальной установки

Автоматизированный экспериментально-опытный стенд используется для исследования биопродукционного процесса. Состоит из вегетативного сосуда, в котором выращивается культура томата. Внутри вегетативного сосуда размещена система электродов, позволяющая определять влажность в различных точках.

Система электродов связана с мультиплексором, устройством для поочередного подключения электродов к усилительно-преобразовательному устройству, обеспечивающему измерение полного сопротивления между электродами и преобразование его в унифицированный сигнал в диапазоне: (0...10). В пропорциональный влажности в корневой зоне растения. Персональная ЭВМ (ПЭВМ) служит для считывания и статистической обработки информации, собранной ПЛК_1, а также перепрограммирования ПЛК. Светильник обеспечивает освещение растения, для изменения интенсивности светового потока применено устройство управления светильником, плавно изменяющее питающее напряжение, подаваемое на лампу. Для контроля уровня освещенности применен датчик типа люксметра.

В лаборатории, вегетативный сосуд с растением помещены в изолированную камеру, оборудованную для поддержания необходимого температурно-влажностного режима и освещенности. В камере установлены датчики температуры и влажности воздуха, а также электрокалориферный нагреватель воздуха. Для программного управления, т.е. изменения в определенной последовательности состояния управляемого объекта исключительно в зависимости от времени, в соответствии с планом эксперимента, используется второй программируемый логический контроллер (ПЛК_2). Использование ПЛК_2 позволяет поддерживать световой режим, включая и выключая освещение в заданное время, а также управлять поливом, включая насос в заданное время на определенный временной интервал. В качестве ПЛК_2 используется Mitsubishi AL2-14-MRD.

Из-за наличия определенной случайной погрешности в показаниях системы необходимо принимать решение по результатам нескольких измерений. Для предотвращения аварийных режимов работы, например, непрерывного полива при сбое в системе измерения влажности необходимо предусмотреть блокировки по интервалам времени между поливами и общему количеству поливов, исключающему возможность работы насоса на сухую, без питательного раствора.

Для сравнения сигнала с заданным значением в языке программирования FBD применяется блок контроллера AL2-14-MRD используется модуль COMPARE. Для получения достоверного результата операцию сравнения проведем трижды, через равные промежутки времени, если результаты всех трех сравнений совпадут, принимаем решение о необходимости включения полива по показаниям системы измерения влажности. Перед подачей команды на включение насоса используем блок AND для проверки технологических блокировок. Используем блок COUNTER для подсчета количества включений, а блок ONESHOT для выдержки времени при формировании сигналов блокирующих включение. В экспериментальных исследованиях ставилась цель - изучение принципиального характера отклика растений на воздействие факторов внешней среды (в частности, интенсивности облучения ФАР при различных режимах автоматизированного принудительного полива КОС). Анализ выполнен по информационному каналу влажности и чувствительности разработанной измерительной схемы контроля влажности (КОС).

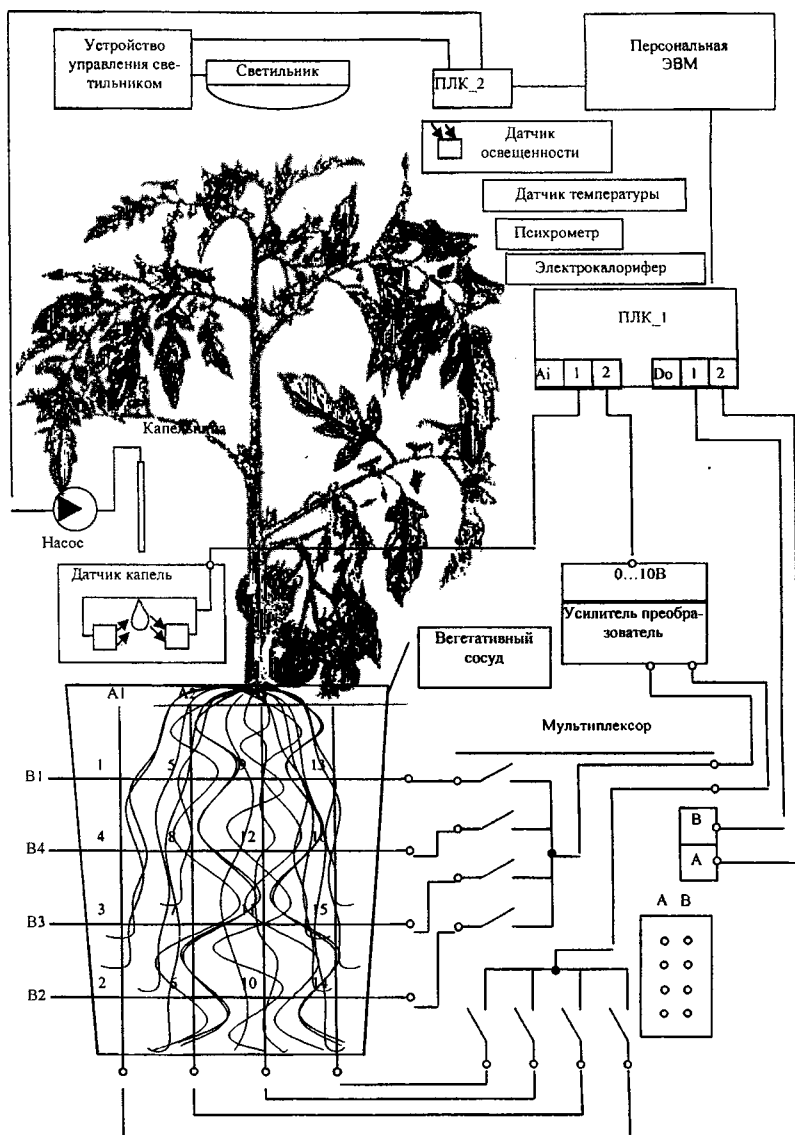


Рисунок 1. Функциональная схема автоматизированного экспериментально-опытного стенда для исследования БПП

Исследования проведены с использованием описанного автоматизированного экспериментального стенда. Разработана матрица эксперимента при различных сочетаниях включенного и отключенного состояния облучателя ФАР интактных растений и 4-х люминисцентных ламп, включенных на номинальное напряжение. Принудительная подача питатель-

ного раствора производилась автоматически при различных режимах цикла подачи раствора (путем изменения времени полива и времени между ними).

Анализ полученных результатов свидетельствует о существенном влиянии интенсивности облучения ФАР на потребление питательного раствора, а следовательно, обмен веществ, фотосинтез и интенсивность БПП растения. Чувствительность предложенного информационного канала обеспечивает эффективный контроль динамики влажности КОС с включением интактного растения в контур адаптивного управления БПП.

Результаты исследований

1. Для повышения и управления энергоэффективностью БПП и инновационным развитием тепличного овощеводства в условиях Республики Беларусь следует шире использовать методологию системного анализа и разработанного инструментария имитационного моделирования.

2. Для автоматизированного решения задач энергоэффективности БПП в тепличном овощеводстве необходима база эффективных энергосберегающих мероприятий, обеспечивающая выбор их энергоэкономической приоритетности в конкретных условиях функционирования тепличного комбината.

ЛИТЕРАТУРА

1. Герасимович, Л.С.. Совершенствование автоматизированной системы управления выращиванием овощей в малообъемной культуре на искусственных субстратах // Аграрная энергетика в XXI-м столетии: Материалы 2-ой международной научно-технической конференции. - Минск, 2003. - С.128-129.

2. Веремейчик Л.А. Питание, продуктивность и качество томатов на минеральных субстратах в малообъемной технологии выращивания: Дис. докт.с.-х. наук: 06.01..04 / Л.А. Веремейчик. -Минск, БГАТУ, 2008. - 277с.

3. Герасимович, Л.С. Пути снижения энергозатрат на выращивание овощей в зимних теплицах / Л.С. Герасимович и др. // Агропанорама: Научно-технический журнал для работников агропромышленного комплекса. - 1999. - 1. - С.20-22.

4. Гуляев, Б.И. Фотосинтез, продукционный процесс и продуктивность растений: книга // Б.И. Гуляев и др. - Киев: Наукова думка, - 1989, -152 с.

УДК631.171

АВТОМАТИЗАЦИЯ УСТАНОВКИ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА В ПТИЧНИКЕ КАК ФАКТОР ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ

А. П. Пашкевич, Е.С. Якубовская

*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»
г. Минск, Республика Беларусь*

Условия микроклимата определяют продуктивность птицы. Птица отличается от животных более интенсивным обменом веществ. Поэтому в этом случае требуется точное поддержание параметров микроклимата. В соответствии с технологическими требованиями значение температуры должно поддерживаться на уровне 16-18 °С, влажность – 60-70%, значение воздухообмена зависит от времени года (на 1 кг живого веса в м³: зимний 1,0–1,4, переходный - 2,8–3,4, летний - 4,4–4,8), концентрация вредных газов в воздухе не должна превышать: углекислоты — 0,25%, аммиака 15 мг/м, сероводорода — 5 мг/м. Оптимальная скорость движения воздуха в птичниках от 0,3 (в холодный период года) до 1,0 м/с (в теплый период года) [1, с. 273]. Поэтому и работа систем обеспечения микроклимата в птичнике определяется периодом года. Поддержание заданной температуры обеспечивается за счет обогрева – в холодный период, в теплый период – либо за счет повышения воздухообмена либо за счет охлаждения приточного воздуха, влажности – либо за счет увлажнения непосредственно в помещении либо на притоке, содержание вредных веществ – за счет требуемой величины воздухообмена. Таким образом, рационально использовать систему кондиционирова-

ния воздуха на притоке в птичник, которая обеспечит поддержание требуемых величин воздухообмена и параметров микроклимата, но потребует применения системы управления, обеспечивающей автоматизацию управления оборудованием такой системы по периодам года. Пути обеспечения энергосбережения в данном случае могут быть: установка требуемого воздухообмена по сигналам датчиков изменением скорости привода вентилятора с помощью преобразователя частоты; минимизация подачи воздуха в помещение по CO_2 зимой; устройство тепловых завес; снижение температуры удаляемого из помещения воздуха путем утилизации тепла в теплообменниках [2, с. 478]. Рассмотрим рациональный алгоритм управления оборудованием с учетом обеспечения энергосбережения.

Автоматическое регулирование температуры насыщенного воздуха после брызгоотделителя осуществляется с целью поддержания влагосодержания воздуха в помещении путем изменения подачи воды к форсункам (рис. 1). В зимнее время одновременно вводится воздействие по расходу теплоносителя в калорифер первого подогрева и соотношению расходов воздуха, проходящего через калорифер и по обводному патрубку. Для обеспечения необходимого качества регулирования применена двухконтурная структура автоматической системы регулирования с использованием в качестве дополнительного сигнала изменения температуры воздуха после калорифера первого подогрева. Контроллер 3д (например, АЛ2-24-MR-D [3]) воспринимает сигнал об изменении температуры после калорифера и вырабатывает регулирующий сигнал, направленный на компенсацию возникающего изменения входных и промежуточных параметров. Если этого воздействия оказывается недостаточно для стабилизации выходной величины, контроллер 3д вырабатывает добавочный корректирующий сигнал для доводки выходного параметра до заданного значения. Температура воздуха после калорифера и после брызгоотделителя измеряется термометрами 3а и 2б. По их показаниям контроллер 3д формирует регулирующий сигнал, который поступает к исполнительным механизмам 3м и 3н. В летнее время исполнительные механизмы 3л и 3м отключаются.

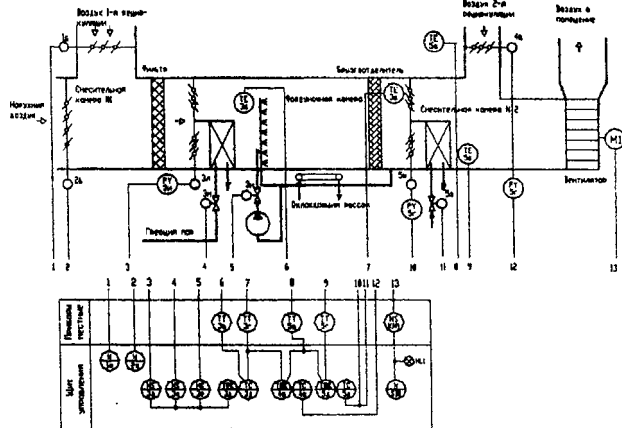


Рисунок 1 – Схема автоматизации системы кондиционирования воздуха

Автоматическое регулирование температуры воздуха в кондиционируемом помещении осуществляется в зимнее время путем изменения подачи теплоносителя к калориферу второго подогрева и соотношения расходов воздуха, проходящего через калорифер и по обводному патрубку. В летнее время регулирование осуществляется путем изменения подачи воздуха 2-й рециркуляции из помещения в смесительную камеру № 2. Для обеспечения требуемого качества поддержания температуры, а, следовательно, и влажности воздуха в помещении применена двухконтурная система регулирования с использованием в качестве дополни-

тельного сигнала в зимнее время изменения температуры воздуха в смесительной камере № 2 после калорифера второго подогрева, а в летнее время — температуры воздуха после брызгоотделителя. Температура воздуха измеряется термодатчиками 3б, 5а и 5б. В зимнее время контроллер 5д воспринимает сигналы изменения температуры воздуха в смесительной камере № 2 и в кондиционируемом помещении, вырабатывает стабилизирующее воздействие в зависимости от второго сигнала. Выходной сигнал передается мембранному исполнительному механизму 5ж, переставляющему секционную заслонку перед калорифером второго подогрева, и регулирующему клапану 5з на подаче теплоносителя в калорифер.

Воздухопроизводительность вентилятора целесообразно изменять с помощью преобразователя частоты (например, Hitachi [4]), управляющее воздействие на который подает контроллер в зависимости от времени года.

Предложенная микропроцессорная система кондиционирования приточного воздуха реализует алгоритм управления оборудованием приточной вентиляции, который разделен по периодам года. Для обеспечения требуемого качества поддержания температуры и влажности воздуха в помещении применена двухконтурная система регулирования с использованием в качестве дополнительного сигнала в зимнее время изменения температуры воздуха во второй смесительной камере, в летнее время — температуры воздуха после брызгоотделителя. Микропроцессорная система управления, как показали результаты моделирования, обеспечивает высокую точность поддержания температурно-влажностного режима в птицеводческом помещении, снижение энергопотребления за счет частичной рециркуляции воздуха и поддержания требуемой величины воздухообмена в зависимости от периода года и показаний датчиков, устанавливаемых в помещении.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бородин, И.Ф. Автоматизация технологических процессов / И.Ф. Бородин, Ю.А. Судник. — М.: Колос, 2003. — 344 с.
2. Фурсенко, С.Н. Автоматизация технологических процессов: учеб. пособие / С.Н. Фурсенко, Е.С. Якубовская, Е.С. Волкова. — Минск : БГАТУ, 2007. — 592 с.
3. Mitsubishi α2: простой прикладной контроллер: руководство по аппаратной части. — Mitsubishi Electric Corporation, 2003. — 114 с.
4. Преобразователи частоты Hitachi: Инструкция по эксплуатации. — ВЭМЗ-Спектр, 1999. — 81 с.

УДК631.171

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СПОСОБОВ АВТОМАТИЧЕСКОГО ПОДДЕРЖАНИЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА В ПТИЧНИКЕ В ТЕПЛЫЙ ПЕРИОД ГОДА

Л.Л. Игнатчик, Е.С. Якубовская

*Белорусский государственный аграрный технический университет
г. Минск, Республика Беларусь*

В птичниках в жаркое время года, за счет тепла, выделяемого птицей, в помещении образуется значительный его избыток. Приточная система вентиляции птичника работает в режиме вытеснения из помещения углекислого газа и влаги. Для увеличения воздухообмена в птичнике летом с целью удаления избытка тепла используется принудительная вытяжная система вентиляции, при этом поступление воздуха в птичник происходит не только через приточные воздухообмены, но и вытяжные шахты, смонтированные в перекрытии в шахматном порядке. Производительность принудительной вытяжной вентиляции регулируется автоматически по температуре воздуха внутри птичника. Как варианты обеспечения оптимальной температуры в летний период наряду с увеличением воздухообмена может применяться система охлаждения и увлажнения приточного воздуха [1, с. 476]. Рассмотрим варианты

управления воздухообменом (вытяжная вентиляция) в птичнике в теплое время года с учетом особенностей температурного режима содержания кур.

Для плавного регулирования изменения воздухообмена в последнее время широко используются преобразователи частоты. Например, преобразователи частоты Hitachi [2], по своим функциональным возможностям не только позволяют изменять скорость электродвигателя в широком диапазоне, но благодаря бессенсорному векторному контролю позволяет эффективно использовать мощность двигателя, обеспечивая пусковой момент до 200%, реализовывать плавное регулирование с помощью встроенного ПИД-регулятора. Также имеется возможность через интерфейс RS422 подключаться к стандартным интерфейсным сетям, что позволяет вести управление по сетевому протоколу. Таким образом, достаточно подключить к преобразователю частоты термометр сопротивления и благодаря настраиваемой функции ПИД-регулирования можно обеспечить плавное изменение воздухообмена.

Однако, задача поддержания температуры в птичнике в теплый период осложняется тем, что нередко наблюдается перекося температурных полей, а даже незначительное превышение температуры после границы в 30 °C значительно влияет на самочувствие птицы. В этих условиях помимо преобразователя частоты для реализации управления требуется использовать современные микропроцессорные устройства. При выборе микропроцессорной техники управления определяющими параметрами являются: количество необходимых входов и выходов; простота реализации автоматического управления; ценовой показатель; параметры питания; возможность обработки сигналов датчиков и обеспечения плавного изменения сигнала на управляющем выходе.

За последние годы в промышленном производстве, в устройствах и системах управления широкое распространение получили многофункциональные, универсальные контроллеры Mitsubishi α -серии [3]. Структурная организация, набор команд и аппаратно-программные средства ввода/вывода информации α -контроллеров лучше всего приспособлены для решения задач управления простыми технологическими процессами. Полный отчет о состоянии контроллера на жидкокристаллическом дисплее позволяет полностью контролировать технологический процесс. Кроме того, наличие модулей расширения позволяет обеспечить плавное изменение регулирующего воздействия. Это позволяет использовать α -контроллер для решения задачи поддержания температурного режима в птичнике, связав его через модуль расширения с преобразователем частоты.

С помощью α -контроллера и преобразователя частоты можно реализовать несколько вариантов управления температурным режимом в птичнике (рис. 1). Используя дискретные выходы контроллера для связи с дискретными входами преобразователя (5 входов), можно обеспечить многоступенчатое изменение воздухообмена. Такой алгоритм управления реализован в программе α -контроллера. Сигналы с термометров сопротивления с унифицированным сигналом подаются на входы контроллера 1 и 3 (можно обработать и большее количество сигналов, но в примере реализовано два). При наличии сигнала разрешения (вход 2) происходит сравнение сигналов с датчиков и определение наибольшей температуры. Этот наибольший сигнал обрабатывается в блоке ограничения зоны и в зависимости от его величины подается сигнал на выходы контроллера, обеспечивающие переключение скорости через дискретные входы преобразователя частоты. Блоки вывода информации на дисплей используются для вывода на дисплей контроллера измеренного наибольшего значения температуры, ступени скорости и состояния входа разрешения.

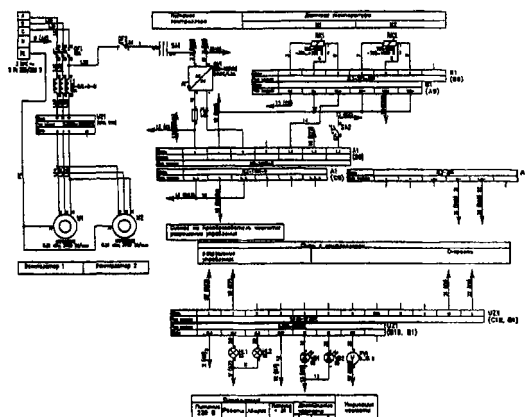


Рисунок 1 – Связь контроллера с преобразователем частоты для управления вытяжной системой вентиляции

Однако более приемлемым является алгоритм, когда наибольшее значение температуры (выявлено оно может быть также, как в предыдущем случае) будет поступать на блок ПИД-регулирования (в программе контроллера), что позволит сформировать величину сигнала на выходе плавного регулирования модуля расширения, связанного с входом 0-10 В преобразователя частоты (рис. 2). В этом случае дискретные выходы контроллера освобождаются для реализации управления системой увлажнения или охлаждения.

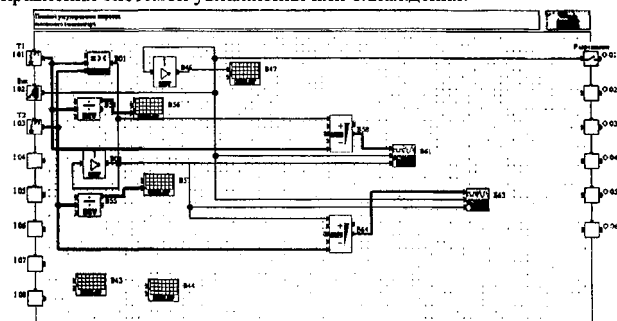


Рис. 2 – Блок ПИД-регулирования в программе контроллера

В последнем случае требуется задать параметры в контуре ПИД-регулирования. Это в свою очередь требует проведения моделирования для определения, удовлетворит ли система автоматического регулирования требуемому качеству. Сегодня современные программные средства позволяют легко моделировать работу САУ (если известно математическое описание ее основных звеньев). Наиболее полные возможности для решения таких задач дает математическая матричная лаборатория Matlab, которая имеет мощные средства математически ориентированного программирования, диалога, графики и комплексной визуализации. Используя результат идентификации помещения по каналу температуры воздуха [2, с. 485], для анализа регулирования применена структурная схема рисунка 3. Воспользуемся блоком оптимизации, задав для варьирования параметры K_d , K_i и K_p , подобрав шаг и выбрав метод

градиентов. В контуре ПИД-регулирования получили $kd = 7.4e-005$, $ki = 0.019$, $kr = 27.2$ при времени регулирования 750 с и нулевых статической ошибке и запаздывании.

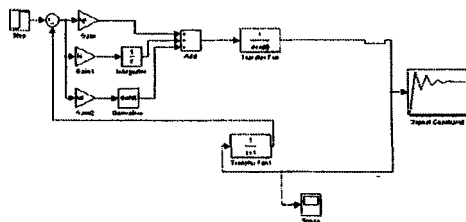


Рисунок 3 – Структурная алгоритмическая схема САР адаптированная для анализа

Таким образом, совместное использование контроллера и преобразователя частоты обеспечивает решение сложной задачи поддержания температурного режима в птичнике в теплый период, обеспечивая высокую точность при достаточной простоте программирования и настройки, а также обеспечивает снижение энергопотребления за счет точного поддержания скорости вращения вентиляторов (требуемого воздухообмена) в зависимости от значения температуры.

ЛИТЕРАТУРА

1. Фурсенко, С.Н. Автоматизация технологических процессов: учеб. пособие / С.Н. Фурсенко, Е.С. Якубовская, Е.С. Волкова. — Минск : БГАТУ, 2007. — 592 с.
2. Преобразователи частоты Hitachi: Инструкция по эксплуатации. — ВЭМЗ-Спектр, 1999. — 81 с.
3. Mitsubishi $\alpha 2$: простой прикладной контроллер: руководство по аппаратной части. — Mitsubishi Electric Corporation, 2003. — 114 с.

УДК631.171

АВТОМАТИЗАЦИЯ РАСПИЛА НА ЛЕНТОЧНОЙ ПИЛОРАМЕ КАК СРЕДСТВО ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ

Гавриловец Д.А., Якубовская Е.С.

*Белорусский государственный аграрный технический университет
г. Минск, Республика Беларусь*

Для продольной распиловки бревен с целью получения пиломатериала высокого качества в хозяйствах республики Беларусь применяются следующие виды пилорам: ленточная горизонтальная пилорама ГЛП-АСТРА-ЕС; ленточная пилорама «Тайга Т-1»; рама вертикальная лесопильная Р63-4Б; пилорама Р63-4Б; пилорама РГМ; пилорама ленточная модели МГ-6200, МГ-6500; пилорама дисковая ПТ-06; и др. [1] Для реализации полной автоматизации распила лучше предназначена пилорама ленточная МГ-6500, так как она по своим характеристикам обладает высоким качеством распила и возможностью более рационального расположения средств автоматизации за счёт её конструктивных возможностей. В пилораме МГ-6500 применена жесткая металлоконструкция, что позволяет распиливать бревна большого диаметра. Подача пильного узла, т.е. установка скорости его движения и распила осуществляется вручную в зависимости от твердости пиломатериала. Зажим бревна осуществляется с помощью прижимов вручную. Подъем упоров для базирования бревна осуществляется с пульта вручную. Рассмотрим возможный вариант автоматизации установки, обеспечивающий не только автоматизацию перечисленных выше операций, но и повышение энергоэффективности. Примерный объем автоматизации установки показан на рис. 1.

Автоматизированная пилорама МГ 6500 будет работать следующим образом. На пилораме производится индивидуальная распиловка бревен с автоматической подачей режущего инструмента. Бревно берётся с помощью загрузочного устройства. Устройство "полуме-

сяц" отделяет бревно от других брёвен при подаче с загрузочного устройства на станок. Цепные кантователи с гидроприводом обеспечивают быстрое ориентирование и позиционирование бревна в оптимальное положение для пиления. Угловые рычаги обеспечивают надёжную опору брёвнам при кантовании. Лазерный указатель показывает линию распила, и оптимизирует схему распила бревна. Электродвигатель подъёма и опускания, фиксирует положение ленточной пилы по лазеру. Как только лазер зафиксировал нужное положение ленточной пилы, в работу включается электродвигатель распила, и бревно распиливается по намеченной траектории. Скорость пиления, а также скорость движения пилы вперёд регулируется частотным преобразователем SC соединённым с электродвигателем M1. Сигналы на частотный преобразователь поступают как от самого двигателя, так и от манометра. Манометр регулирует натяжение пилоленты в зависимости от нагрузки с помощью рычага гидродомкрата. После окончания пропила доски датчик положения фиксирует положение пильной рамы в конце бревна, включится устройство для снятия пильного материала, при движении назад, при этом включится в обратную сторону электродвигатель распила-перемещения, и одновременно запустится привод устройства отвода отпиленного материала (транспортёрная лента). Двигатель привода транспортёрной ленты имеет плавную регулировку, что позволяет устанавливать оптимальную скорость перемещения пилы материала. Далее пильный материал, пройдя через датчик положения, запускает цикл повторно, а сам при необходимости следует на дополнительную обработку.

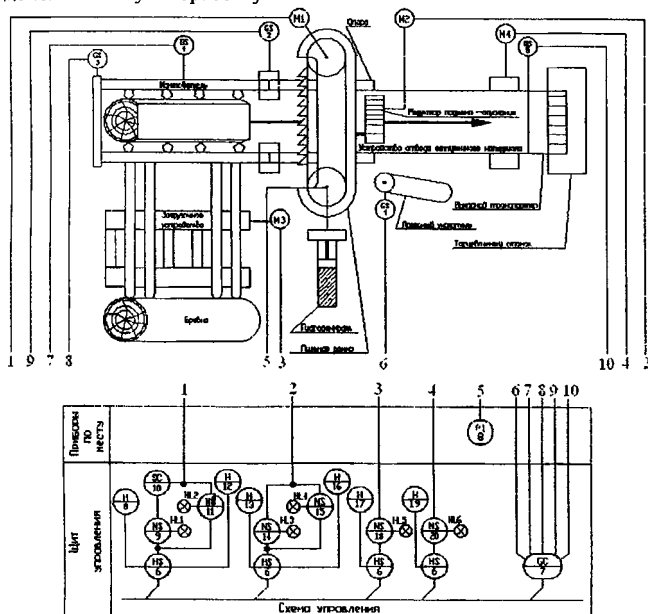


Рисунок 1 — Схема автоматизации пилорамы MG 6500

Экономия энергоресурсов достигается следующими путями:

- скорость распила и движения пильной рамки вперёд регулируется частотным преобразователем HITACHI SJ100-002NFE. Двигатель работает на полную мощность не постоянно, а только в момент максимальной нагрузки, потребление электроэнергии пропорционально нагрузке. В способе ручного регулирования мощности, либо при отсутствии регулирующего устройства мощность потребляемая электродвигателем будет больше;

- в автоматизированной пилораме включение и отключение рабочих узлов и механизмов осуществляется по датчикам в нужный момент времени. В то время как при ручном включении различных рабочих устройств (подача пильного узла осуществляется вручную, зажим бревна осуществляется с помощью прижимов вручную, подъем упоров для базирования бревна осуществляется с пульта вручную, натяжение ленточной пилы осуществляется с помощью гидроцилиндра по манометру с возможностью визуального контроля натяжения) - происходит преждевременное их включение, или отключение с запаздыванием, а это приводит к большему расходу энергии.

ЛИТЕРАТУРА

1. GEFARAN [Электронный ресурс] / ПРОМЫШЛЕННАЯ АВТОМАТИЗАЦИЯ. КАТАЛОГ ПРОДУКЦИИ. Режим доступа: [HTTP://WWW.GEFRAN.RU/FILES/DS_AU_RUS.PDF](http://www.gefran.ru/files/ds_au_rus.pdf). Дата доступа: 10.05.2011

УДК631.171

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ ВВЕДЕНИЕМ ПОЛЕЗНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СВЯЗЕЙ В УСТРОЙСТВО УПРАВЛЕНИЯ

В.А. Павловский

*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»
г. Минск, Республика Беларусь*

Широко известный факт, что автоматизация технологического процесса в сельскохозяйственном производстве приводит к повышению его эффективности на 20 процентов [1]. В некоторых случаях эффективность отдельных операций увеличивается на 50 процентов и более или не достигается вовсе. Методы получения эффекта от автоматизации, в литературе описаны недостаточно подробно. Построение эффективной системы управления часто относят к искусству системного интегратора.

Целью технологического процесса является получение из исходного материала качественной продукции, посредством выполнения технологии. Технология содержит упорядоченную последовательность операций с подробным описанием условий их начала, протекания и завершения.

Условия, определяющие ход технологических операций определяются временем, координатами в пространстве, количеством, объемом, массой, давлением, скоростью, температурой и подобными параметрами, а так же их сочетаниями. В ходе технологического процесса значения физических величин непрерывно меняются. Для отображения этих изменений в форму, пригодную для ввода в аппаратуру обработки данных, их преобразуют в сигналы. Под сигналом понимают физическую величину, изменение которой во времени отображает поведение другой физической величины. В сигнале различают информационный параметр и его носитель. Носителем может быть, например, поток воздуха, радиоволна, электрический ток. По типу носителя сигналы разделяют на пневматические, радиосигналы, электрические сигналы и т.д. В качестве информационного параметра может быть выбрана любая физическая величина, характеризующая текущее состояние носителя, например давление воздуха, частота радиосигнала, напряжение или сила электрического тока. Таким образом, сигнал это, прежде всего временная функция, отображающая изменение исходной физической величины. Чтобы отличить физические величины – носители информации от величин, характеризующих технологический процесс, последние называют технологическими параметрами.

Количественные и качественные оценки технологических параметров, а так же результаты их обработки представляют собой ценную технологическую информацию.

Наиболее полно обработать и использовать технологическую информацию с целью повышения эффективности управления позволяет микропроцессорная техника. Для этого аналоговый сигнал должен быть преобразован в унифицированный электрический и затем в цифровой на входе микропроцессорной системы, либо в дискретный электрический сигнал.

Эффективность автоматизации с применением микропроцессорных устройств управления во многом определяется не их вычислительной мощностью, а способами обработки информации, являющимися неотъемлемой частью, заданными в виде алгоритмов и программ. По определению информация есть организованная структура – антипод хаоса и раздробленности, соответственно её правильное использование может повысить эффективность технологического процесса.

Использование информационной составляющей сигналов в цифровом виде и возможности в хранении и обработке, предоставляемые микропроцессорной техникой, создают предпосылки для возникновения новых направлений ее применения, которые практически не могли быть реализованы при информационной компоненте сигналов в виде давления воздуха.

Микропроцессор предназначен для обработки информации. С помощью микропроцессора устройства управления способны обрести комплексное информационное восприятие объекта управления. В частности устройствам управления типа микропроцессорные контроллеры свойственна мультиплексность, т.е. способность практически одновременно (квaziпараллельно) осуществлять обработку нескольких сигналов. Достигается это распределением ресурсов между отдельными информационными процессами операционной системой реального времени.

Таким образом, один контроллер способен поддерживать управление несколькими контурами регулирования. Кроме этого контроллер способен одновременно осуществлять еще и управление последовательностью операций (логическое управление). При этом вся собираемая, обрабатываемая контроллером информация по всем задачам располагается в его памяти в цифровом виде, что делает её доступной для использования при решении любой из задач.

Такая возможность позволяет при наличии реально существующей связи между отдельными процессами в сложном объекте учесть это, введя полезную информационную связь между отдельными задачами в устройстве управления. Введение полезных информационных связей приводит к появлению синергетического эффекта – новых полезных свойств системы не характерных для ее частей взятых по отдельности, что выражается в виде повышения качества управления и экономического эффекте. В частности, такой эффект наблюдался при автоматизации на базе контроллера системы кормления на промышленном свиномкомплексе.

Такой подход в целенаправленном совершенствовании систем управления при использовании микропроцессорных систем управления можно назвать принципом введения полезных информационных связей (ПВИПС).

Эффективен будет этот принцип и при создании распределенных микропроцессорных систем управления сложными объектами. Устройство управления должно постоянно проверять правильность хода технологического процесса, при этом особенно важна координация отдельных специализированных задач. Для этого необходимо правильно организовать обмен данными между программными модулями, как локально, так и в распределенной среде, интерфейс пользователя и взаимодействие между вычислительной системой и технологическим оборудованием.

Компьютерное управление широко применяется в промышленности, энергетике, транспорте, системах связи и во многих случаях не имеет реальной альтернативы. Сочетание биологии и техники, нестационарность и распределенность в пространстве и времени, нелинейные и недетерминированные связи между параметрами заставляют относить технологические процессы сельскохозяйственного производства к сложным объектам управления. Прimitивность управления приводит к существенной хаотичности в производстве и, как следствие, к низкой его экономической эффективности.

Повышение эффективности агропромышленного производства объективно требует внедрения новых совершенных устройств управления на базе микропроцессорной техники, позволяющих в достаточной мере учесть его сложность и специфику. Для улучшения результатов технологического процесса необходимо, используя возможности микропроцессора, обрабатывать больше ранее не доступной информации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бородин, И.Ф. Автоматизация технологических процессов / И.Ф. Бородин, Н.М. Недилько. – М.: Агропромиздат, 1986. – 368 с.

УДК 631.171: 65.011.56-52

ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩАЯ СИСТЕМА КОРМЛЕНИЯ СВИНЕЙ

Жур А.А., ст. преподаватель

*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»
г. Минск, Республика Беларусь*

Система жидкого кормления является передовой технологией в области свиноводства. Жидкое кормление имеет ряд преимуществ по сравнению с системой сухого кормления. Жидкий корм хорошо усваивается животными, особенно поросятами, что является очень важной предпосылкой для ускорения роста животных, тем самым свиньи достигают убойной живой массы за более короткие сроки. При жидком кормлении возможно использование недорогих кормов, также сокращается потребление воды на свиномкомплексе, рациональнее используются не только корма и вода, но также и лекарства: применение жидкого кормления значительно упрощает вакцинацию и лечение животных.

Информационно-управляющая система жидкого кормления состоит из следующих основных узлов: компьютера управления с прикладным программным обеспечением, смешительного резервуара, электронных весов, датчиков, кормового насоса емкости для технической воды, емкости для чистой воды, кормопроводов, электропневмоклапанов.

Смесительный резервуар выполнен из нержавеющей стали. Емкости оборудованы специальными мешалками. С помощью установленных весов производится точное взвешивание корма. После перемешивания и заполнения кормопровода кормосмесью происходит подача корма в кормушки. Современная система дозирования обеспечивает точную раздачу корма ко всем кормоклапанам. Кормопровод представляет собой систему состоящую из прямых или разветвленных труб из ПВХ. После окончания процесса кормления вся система, включая кормовые клапаны, спускные трубы и емкости, промывается чистой водой. Тем самым кормопроводы полностью опорожняются, что гарантирует оптимальные гигиенические условия.

Управление процессом кормления осуществляется с помощью компьютера управления. Программное обеспечение позволяет, решать задачи любой сложности: начиная от функции наблюдения за течением процесса смешивания и раздачи корма и заканчивая анализом результатов всего процесса.

С помощью программно-аппаратных средств можно произвести выбор минимальной производительности оборудования при приготовлении и раздаче жидких кормов. Поставленная задача достигается с помощью информационно-управляющей системы для откорма свиней.

Система включает технологические линии с электроприводом для приготовления и раздачи жидких кормов. Компьютер управления с прикладным программным обеспечением ведения базы данных по животным и расчета плановых доз кормления. Входы компьютера управления соединены с датчиками, а выходы с электроприводом линий приготовления и раздачи жидких кормов. Использование компьютера управления позволяет выдавать необходимые дозы корма животным, и управлять электроприводом исполнительных механизмов приготовления и раздачи жидких кормов с возможностью регулирования частоты вращения. Расчет минимальной производительности линий приготовления и раздачи кормов производится в дополнительном модуле компьютера управления. Причем входы дополнительного модуля соединены с датчиками наличия корма в кормушках и выходами модуля расчета плановых доз кормления, а его выход соединен с входом управления частотами вращения электропривода линий приготовления и раздачи жидкого корма животным.

Автоматизированная система для откорма свиней (Рис.1) состоит из компьютера управления 1, включающего базу данных 2 по животным, программный модуль 3 расчета доз кормления и дополнительный модуль 4 расчета минимальной производительности линий приготовления и раздачи кормов, причем входы модуля 4 соединены с датчиками 5 наличия жидкого корма в кормушках 6 и с выходом программного модуля 3 расчета доз кормления, а выход дополнительного модуля 4 соединен с частотно-регулируемым электроприводом 7 двигателей линий приготовления и раздачи кормов. Линия приготовления жидкого корма включает двигатель 8 шнек-извлекателя 9 подачи комбикорма из бункера 10 в смесительную ванну 11, а также двигатель привода насоса 12 подачи воды в смесительную ванну 11. Технологическое оборудование раздачи жидкого корма включает смесительную ванну 11, расходомер 13 контроля выдаваемой дозы, электродвигатель 14 привода насоса 15 подачи жидкого корма, электропневмоклапаны 16 подачи жидкого корма в кормушки 6. В каждой кормушке 6 установлен датчик 5 наличия корма, соединенный с входами дополнительного модуля 4. При наличии корма в кормушке при текущем кормлении доза для данной кормушки не замешивается и не выдается.

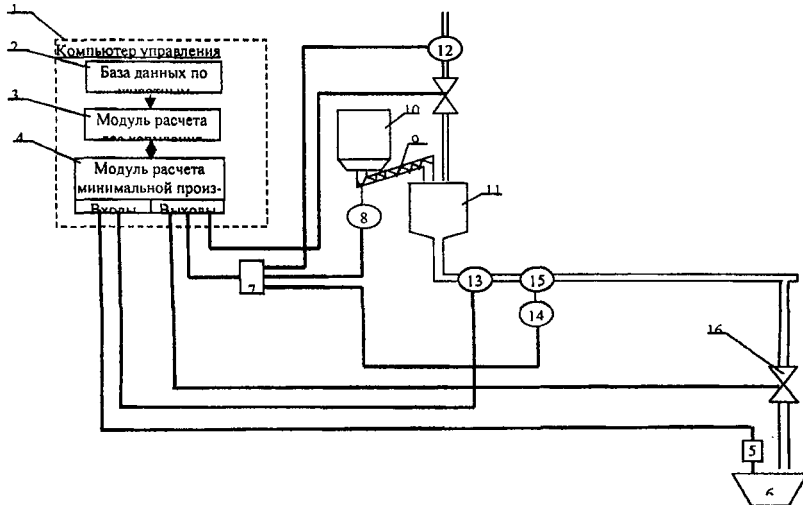


Рисунок 1- Информационно-управляющая система кормления свиней

Информационно-управляющая система для откорма свиней работает следующим образом.

В начале откорма масса свиней определяется взвешиванием и заносится в базу данных 2 по животным компьютера управления 1. На основании массы свиней в модуле расчета 3 доз кормления определяется доза корма и в модуле 4 рассчитывается минимальная производительность работы технологического оборудования приготовления и раздачи жидких кормов, с учетом наличия корма в каждой кормушке 6, для жидкого корма установлен датчик 5 наличия корма, что позволяет контролировать поедаемость корма. При отсутствии корма сигнал от датчика 5 передается в компьютер управления, где рассчитывается необходимая доза приготовления корма только для кормушек, где жидкий корм отсутствует. На основании рассчитанной суммарной дозы корма для всех кормушек, требующих кормления производится расчет минимальной производительности технологического оборудования за счет изменения частоты вращения двигателей, исполнительных механизмов.

Выбор минимальной производительности оборудования для приготовления и раздачи жидкого корма, обеспечивающего технологически обоснованное время кормления, позволяет экономить не менее (20..40)% затрат электроэнергии. Процесс приготовления и раздачи выполняется круглосуточно в автоматическом режиме. Этот процесс продолжается циклически в течение 100...130 дней до достижения требуемой массы свиней.

Выводы

1. Использование информационно-управляющей системы позволяет выбирать минимальную производительность оборудования линий приготовления и раздачи жидких кормов на основании данных, получаемых с модуля расчета доз кормления и сигналов с датчиков наличия корма в кормушках.

2. Выбор минимальной производительности оборудования для приготовления и раздачи жидкого корма, позволяет экономить не менее (20..40)% затрат электроэнергии.

3. Снижение затрат электроэнергии на привод оборудования для приготовления и раздачи кормов осуществляется благодаря уменьшению частоты вращения электроприводов и, соответственно, снижению производительности оборудования при сохранении постоянным суммарного времени приготовления и раздачи жидких кормов свиньям.

ЛИТЕРАТУРА

1. Черник Г.В., Хоцко Л.Г., Горшков Л.П. Механизация свиноводческих ферм и комплексов. –Л.: Колос, 1981. –С. 73-104.
2. Патент ВУ 2323 U, 2005.12.30. Автоматизированная система откорма свиней

УДК631.171

МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

Волкова Е.С.

*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»
г. Минск, Республика Беларусь*

Широкое внедрение средств автоматизации в сельскохозяйственном производстве стало возможным после осуществления комплексной механизации и электрификации перевода ряда отраслей на промышленную основу производства животноводческой или полеводческой продукции.

Внедрение средств автоматики в производство началось после второй мировой войны и продолжается до настоящего времени.

В ряде производств сельского хозяйства для контроля и управления энергетическим и технологическим оборудованием до настоящего времени применяются системы контроля и управления, сданные в эксплуатацию в 70-80 годах прошлого столетия и выработавшие свой ресурс.

Становление и развитие современной микроэлектронной техники ведет к глубоким преобразованиям сельскохозяйственной техники и технологии. Происходит не просто обновление средств контроля и автоматизации производственных процессов, замена устаревшей традиционной техники на новую, а пересмотр исходных положений, заложенных в основу технологического процесса.

Развитие современной микроэлектроники применительно к задачам автоматизации производственных процессов, в сравнении с предыдущей техникой (релейно-контактная аппаратура) придала техническим средствам автоматики ряд существенно новых и важных свойств:

- существенно более высокая надежность на один-два порядка превышающая надежность традиционных элементов автоматики;

- возможность выполнения разнообразных и сравнительно сложных логических и вычислительных операций, осуществление постоянной и оперативной памяти, практически неограниченные возможности любого преобразования сигналов и т.д.;

- наконец, сокращается общая материалоемкость, энергоемкость, упрощается эксплуатация технических средств и обеспечивается их устойчивая работа.

Перед предприятиями стала задача замены устаревших систем на систему контроля и управления, которая бы отвечала бы современным требованиям предъявляемым к программно-техническим средствам.

Разработка цифровых технических средств АСУ ТП идет по двум направлениям:

- специализированных цифровых систем управления сложными процессами;
- логических модулей, для решения относительно простых задач автоматизации, в том числе, и модернизации АСУ ТП.

Массовое производство логических модулей (α - контроллеров) началось в 1996 году. В контроллерах вместо соединения проводами используются логические соединения функций реализуемых программно в виде FBD (функционально блоковые диаграммы).

В распоряжении пользователя имеется восемь логических функций типа И, ИЛИ, НЕ и т.д., большое число типов реле, в том числе реле с задержкой включения и выключения, импульсное реле, реле с самоблокировкой, а так же такие функции, как выключатель с часовым механизмом, тактовый генератор, календарь, часы реального времени с возможностью автоматического перехода на летнее (зимнее) время, регулирование температуры с реализацией П, ПИ и ПИД законов регулирования и др.

α - контроллеры должны быть в сейфе у каждого главного энергетика предприятия, хотя бы для того чтобы временно заменить практически любое отказавшее реле времени и сократить тем временем до минимума простой оборудования, пока идет замена.

Уже одно это оправдывает его существование и подвигнет специалистов на их детальное изучение и широкое практическое применение для модернизации реальных систем управления.

ЛИТЕРАТУРА

1. Устройства локальной автоматики (Текст) / А.Бармин // Современные технологии автоматизации. — 2003 — №4. — С. 38-42.
2. Фурсенко, С.Н. Автоматизация технологических процессов: учеб. пособие / С.Н. Фурсенко, Е.С. Якубовская, Е.С. Волкова. — Минск : БГАТУ, 2007. — 592 с.
3. Mitsubishi $\alpha 2$: простой прикладной контроллер: руководство по аппаратной части. — Mitsubishi Electric Corporation, 2003.

ПОИСКОВАЯ АДАПТАЦИЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ПЕРИОДИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ

М.В. Сырец аспирант

УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»
г. Минск, Республика Беларусь

В различных отраслях промышленности широко используются периодические технологические процессы. Допустим, имеется аппарат, в котором происходит процесс производства продукта в течение некоторого периода времени. Режим работы такого процесса определяется некоторым вектором параметров c , которые задаются перед загрузкой очередной партии. В качестве переменных параметров могут выступать различные характеристики, определяющие условия работы оборудования. Протекание процесса можно охарактеризовать вектором измеренных параметров или функций времени x , которые в общем случае являются случайными величинами. Для оценки качества работы периодического аппарата введем критерий $J(x)$, характеризующий затраты энергии, времени или технологические показатели получаемой продукции.

Зачастую, связь между вектором входных параметров c и значением критерия $J(x)$ нельзя представить в явном виде, следовательно, значение критерия можно определить лишь после реализации процесса.

Поставим задачу обеспечения оптимального протекания процесса. Следовательно, необходим подбор значений некоторого оптимального вектора параметров c^* , обеспечивающего экстремум критерия $J(x)$. В случае неявной связи между c и $J(x)$ нахождение c^* классическими методами может быть затруднительно.

Воспользуемся методами адаптации, суть которых заключается в последовательном изменении вектора C по некоторому рекуррентному алгоритму, приводящему к экстремуму $J(x)$.

Для класса решаемых задач воспользуемся поисковым алгоритмом следующего вида:

$$c(n) = c(n-1) - \gamma(n) J'[x(c(n-1))], \quad (1)$$

где $C(n)$, $C(n-1)$ – векторы входных параметров на текущем и предыдущем тактах соответственно; $\gamma(n)$ – величина шага на текущем такте; $J'[x(c(n-1))]$ – оценка градиента критерия на предыдущем такте.

Для обеспечения сходимости алгоритма необходимо снижать величину γ с каждым новым шагом адаптации. Для этого можно воспользоваться выражением:

$$\gamma(n) = \frac{\gamma(0)}{n^k}, \quad (2)$$

Величина g задает скорость снижения коэффициента, а $\gamma(0)$ – начальное значение шага адаптации.

При практической реализации алгоритма возникает проблема определения шага, на котором поиск c^* можно остановить. В случае стохастической системы зависимость c от номера шага может иметь значительную случайную составляющую. Поэтому необходимо сглаживать последовательность $c[n]$ например методом скользящего среднего:

$$c_s[n] = \frac{1}{T} \sum_{v=1}^T c[n-v], \quad (3)$$

где T – величина памяти сглаживающего фильтра. После этого необходимо производить сравнение значения c на текущем шаге с его значением на шаге предыдущем, и, при выполнении условия

$$\|c_s[n] - c_s[n-1]\| < \varepsilon, \quad (4)$$

останавливать процесс поиска. Параметр ϵ определяет зону допустимых значений в окрестности ϵ^* , при достижении которой процесс адаптации останавливается.

Рассмотренный алгоритм позволяет реализовать адаптацию систем автоматического регулирования периодическими процессами с использованием современных программных средств, как на уровне контроллера, так и на уровне АСУТП.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сырец, М. В. Параметрическая идентификация камеры для конвективной сушки пиломатериалов / М. В. Сырец // Труды БГТУ. Сер. VI, Физ.-мат. науки и информ. – 2011. – Вып. XVIII. – С 90 – 93.

2. Цыпкин, Я. З. Адаптация и обучение в автоматических системах / Я. З. Цыпкин. – Москва: Наука, 1968. – 400 с.

УДК 62.50

ОСОБЕННОСТИ СИНТЕЗА СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ С ОТКЛОНЯЮЩИМСЯ АРГУМЕНТОМ

Лапето А. В., аспирант (БГТУ)

УО «Белорусский государственный технологический университет»

г. Минск, Республика Беларусь

Среди современных технологических объектов управления значительное место занимают объекты, имеющие задержки прохождения сигналов через свои элементы. Примером таких ОУ с запаздываниями по управлению могут служить ленточные транспортеры, прокатные станы, процессы сушки, обжига и горения, а с запаздываниями по состоянию – процессы с рециклом, в частности, процессы в измельчительных машинах или процессы в химических реакторах.

Моделирование процессов, происходящих в реальных с запаздываниями, осуществляется с помощью дифференциальных уравнений с запаздывающим аргументом (дифференциальных уравнений с отклоняющимся аргументом). Запаздывания в системах управления весьма отрицательно влияют на процессы регулирования, поэтому их необходимо учитывать при проектировании систем автоматического управления. Методы синтеза систем управления, не принимающие во внимание фактор задержки сигналов при проектировании систем, оказываются малоэффективными. Проблема же конструирования систем управления для многосвязных объектов управления с запаздываниями является еще более сложной [1].

Классические методы синтеза систем управления с запаздыванием не позволяют добиться хорошего результата для расчета регуляторов и компенсаторов в этих системах. Использование этих методов всегда достаточно затруднительно, даже при упрощении модели объекта управления (отбрасывании запаздывания, понижении порядка уравнений, описывающих объект), а получаемые системы управления иногда и физически нереализуемы.

Основные классические методы синтеза непрерывных систем управления с запаздыванием можно разделить на два класса: методы, использующие разложение запаздывания в ряды, и методы пространства состояний.

В теории автоматического управления чистое запаздывание традиционно раскладывается в ряды различного типа (Падэ, Тейлора и др.). Однако решение, получаемое используя различные варианты разложения запаздывания, достаточно сложно, так как при этом увеличивается порядок системы, и, зачастую, малоэффективно, что обусловлено низким порядком разложения запаздывания в ряд (для того чтобы не вывести систему управления за границу устойчивости). При использовании разложения чистого запаздывания приходится находить «равновесие» между усложнением системы и точностью расчета, что является ощутимым недостатком. Разложение запаздывания в ряд Падэ второго порядка описывается выражением

$$W = e^{-\tau p} = \frac{\tau^2 p^2 - 6\tau p + 12}{\tau^2 p^2 + 6\tau p + 12}, \quad (1)$$

где t – величина запаздывания; p – оператор Лапласа.

Как видим, даже при минимальном порядке разложения порядок системы возрастает, что приводит к трудностям при дальнейших расчетах. Поведение системы в этом случае будет значительно отличаться от реального ее состояния.

Использование классических упределителей во многих системах также сталкивается с большим числом трудностей. Например, для упределителя Смита главная трудность – его физическая реализуемость. Зачастую в сложных системах управления порядок числителя передаточной функции превышает порядок знаменателя, что накладывает ограничения для использования этого упределителя.

Данные недостатки классических методов заметны для SISO (одноходовых) систем, но поскольку большое количество современных производств представляют собой многосвязные объекты управления, влияние этих недостатков значительно возрастает для систем такого класса.

В современной теории автоматического управления все более широко используется представление объектов в пространстве состояний [2]. От традиционных методов исследования (частотного, корневых годографов) метод пространства состояний отличают принципиально новые возможности. Этот тип представления объектов управления позволяет, например, судить, достижима ли цель управления (управляемость объекта), определить необходимый состав измерителей (наблюдаемость объекта), синтезировать управление на все входы многомерного объекта и др.

Среди различных направлений теории систем, основанной на методе пространства состояний, можно выделить два направления, получивших наибольшее распространение в инженерной практике. Одно из них образуется методами оптимизации системы путем сведения к минимуму некоторого функционала (обычно интеграла от какой-либо квадратичной формы), характеризующего качество регулирования. Другое направление связано с методами модального управления, т. е. методами формирования цепей обратных связей, придающих замкнутой системе заранее выбранное распределение корней.

Проблема оптимального управления объектами и процессами приобрела в настоящее время не маловажное значение. Это обусловлено тем, что длительность переходного процесса при управлении является одним из основных показателей качества работы автоматических систем. Сокращение продолжительности переходных процессов при регулировании многих технологических объектов повышает производительность агрегатов, улучшает качество продукции, позволяет получить значительный экономический эффект. Известно также, что система, удовлетворяющая требованиям максимального быстродействия, является наилучшей и по некоторым другим показателям качества.

Практическое применение оптимальных по быстродействию регуляторов для различного рода технологических процессов часто затруднено вследствие возникающего при данных процессах запаздывания. Будучи в общем случае постоянной, переменной или случайной величиной, запаздывание является одним из основных факторов, существенно снижающих динамические показатели оптимальных по быстродействию систем управления. Поэтому возникает необходимость разработки и исследования методов синтеза оптимальных по быстродействию регуляторов, обеспечивающих эффективную работу систем управления в данных условиях.

Системы оптимального управления объектами с запаздываниями по управлению [3, 4] описываются при помощи модели в пространстве состояний следующей системой уравнений:

$$\begin{cases} \dot{x}(t) = A_0 x(t) + \sum_{i=0}^r B_i u(t - \tau_i) + f(t), \\ y(t) = Cx(t), \end{cases} \quad (2)$$

где x – вектор состояния системы; u – вектор управляющих воздействий; f – вектор возмущающих воздействий; y – вектор выходных переменных.

Для приведенной модели системы управления требуется записать в аналитической форме зависимость между управляющими воздействиями, координатами объекта, а также возмущениями, чтобы достигал минимума следующий функционал качества:

$$I = \frac{1}{2} \int_0^{\infty} V(y(t), u(t)) dt, \quad (3)$$

$$V(y(t), u(t)) = y^T(t) A_0 y(t) + cu^T(t) u(t). \quad (4)$$

При нахождении регуляторов с помощью методов оптимального управления возникают такие трудности, как выбор вида функционала и нахождения его коэффициентов. Таким образом, при оптимальном управлении системами с запаздыванием довольно трудно перейти от одной модели объекта управления к другой, так как кроме пересчета самого регулятора необходимо находить и коэффициенты функционала качества, а иногда и менять сам вид функционала.

В связи с наличием вышеперечисленных проблем и необходимостью их решения, активно ведутся работы по получению современных методик синтеза регуляторов и компенсаторов для систем автоматического управления с запаздыванием. Основная теоретическая база для разработки новых методов синтеза – современные исследования в области теории автоматического управления и высшей математики.

Среди современных методов синтеза модальных регуляторов в системах управления хотелось бы выделить «Теорию вложения систем» [6], разработанную российским ученым В. Н. Буковым.

Данный метод использует системы матричных уравнений для решения задач управления и показал высокие результаты при его использовании в различных отраслях промышленности. Суть данного метода заключается во «вложении» в скалярный образ системы ее желаемого поведения (как вынужденного, так и свободного). На базе этой теории активно ведутся разработки новых методов синтеза систем управления, в частности стоит вопрос о применении данной теории к системам управления с запаздыванием.

В ходе проведенного анализа существующих методов синтеза систем автоматического управления, содержащих в своей основе звенья запаздывания, было выявлено множество недостатков и проблем. Эти недостатки были рассмотрены на примере оптимальных систем управления, систем управления, содержащих в своем составе аппроксимированные различными рядами звенья запаздывания, а также системы управления с упреждителями различного типа.

Для многосвязных систем управления с запаздыванием влияние рассмотренных проблем многократно увеличивается, что ставит вопрос о необходимости разработки новых методов синтеза, в частности для систем управления, представленных в пространстве состояний. Были выявлены основные направления развития теоретического аппарата для работы с системами этого класса. Показана возможность применения модального управления для расчета регуляторов, в частности путем использования «Теории вложения систем», показавшей на практике высокие результаты при работе с системами различного класса, не учитывающими запаздывание.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гурецкий, Х. Анализ и синтез систем управления с запаздыванием. /Х. Гурецкий; пер. с пол. М., Машиностроение, 1974. – 328 с.
2. Кузовков, Н. Т. Модальное управление и наблюдающие устройства. /Н. Т. Кузовков – М.: Машиностроение, 1976. – 184 с.
3. Янушевский Р. Т. Управление объектами с запаздыванием./Р. Т. Янушевский. М.: Наука, 1978. – 416 с.
4. Системы автоматического управления с запаздыванием : учеб. пособие / Ю. Ю. Громов, и др. – Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2007. – 76с.
5. Марченко, В. М. Некоторые нерешенные задачи в теории управляемых динамических ГДР-систем / В. М. Марченко // Труды БГТУ. Сер. VI, Физ.-мат. науки и информатика. – 2006. – Вып. XIV. – с. 3 – 6.
6. Буков, В. Н. Вложение систем. Аналитический подход к анализу и синтезу матричных систем /В. Н. Буков. – Калуга: Изд-во научной лит-ры Н. Ф. Бочкаревой, 2006. – 720 с.

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ

Дворник Г.М. к.п.н., доцент

*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»
г. Минск, Республика Беларусь*

В государственной программе развития высшего образования на 2011-2015гг. отмечено, что в Республике Беларусь введены образовательные стандарты нового поколения, в которых реализуется компетентностная модель подготовки специалиста обеспечивающая оптимальный баланс фундаментальной, специальной и практико-ориентированной составляющей подготовки.

Принципиальным отличием стандартов нового поколения является перенос акцента с предметно-дисциплинарной ориентации (при одновременном сохранении ее достоинств) на компетенции и ожидаемые результаты образовательного процесса.

Компетенции в качестве результата образования рассматриваются как главные целевые установки в реализации государственных стандартов высшего профессионального образования, как интегрирующие начала «модели» выпускника. Поэтому при организации образовательного процесса в высшем учебном заведении важнейшей задачей является создание модели специалиста-выпускника, на основе которой разрабатывается вся планово-нормативная и учебная документация.

Образовательные стандарты нового поколения дают большую свободу ВУЗам в разработке учебных планов и программ. В связи с этим весьма актуально стоит вопрос о содержании профессиональных компетенций и их адекватном отражении в модели специалиста-выпускника. Сегодня работодателю важно не столько то, что знает молодой специалист, а то, насколько успешно он может работать на конкретном участке профессиональной деятельности с высокой степенью эффективности.

Анализ литературных источников показывает, что в решении проблемы создания модели специалиста-выпускника ВУЗа существует несколько подходов. Одни из них рассматривают модель специалиста как проекцию на процесс профессиональной подготовки, другие представляют модель как образ или аналог будущей деятельности через характеристики условий функционирования совокупности соответствующих специалистов.

Исходя из этого, в модели выделяются следующие виды деятельности:

1. Виды деятельности, обусловленные особенностями нашего времени.
2. Виды деятельности, обусловленные социально-политическим строем страны, его духовно-нравственной системой.
3. Виды деятельности, диктуемые требованиями профессии, специальности.

Основой компетентностной модели выпускника вуза являются профессиональные компетенции. В современной практике термин «профессиональная компетенция» определяется как способность работника выполнять профессиональные действия в соответствии с требованиями должности, принятые в организации или отрасли. Вместе с тем, до сегодняшнего дня существует проблема в толковании содержания понятия компетенций. Обобщая имеющиеся подходы можно выделить два основных направления в трактовке понятия компетенции:

- способность человека действовать в соответствии со стандартами;
- характеристики личности, позволяющие ей добиваться положительных результатов в работе.

Сторонниками первого направления, «функционального», являются британские специалисты, которые понимают профессиональные компетенции как умения быть квалифицированным и способным выполнять определенную роль, способность делать что-либо хорошо или в соответствии со стандартами. По их мнению, главным вопросом здесь является - каковы те существенные элементы деятельности, которые должны быть реализованы, чтобы считать результат достигнутым, удовлетворяющим заданным требованиям?

Американские специалисты придерживаются второго, «личностного» направления в понимании компетенций. Они склонны интерпретировать профессиональную компетенцию как важный поведенческий аспект или характеристику, которые могут проявляться в эффективном или успешном действии. Отсюда вытекает, что ключевые компетенции отражаются характеристикой личности и их можно определять психологическим тестированием, что и является сутью «личностного» подхода. Но на практике критерии пригодности и параметры тестов, связанные с предполагаемой деятельностью, как правило, определяются приблизительно. Кроме того, западные специалисты, имеющие внушительный арсенал методик и достаточно развитый аппарат тестирования, в том числе тесты способностей, индустриальные тесты и прочие специализированные средства, не в состоянии решить проблему «личностного» подхода.

Таким образом, если «личностный» подход описывает как? / с помощью каких своих ресурсов и какие люди выполняют работу хорошо/, то «функциональный» диктует что? / на каком уровне и с каким качеством работник должен выполнять профессиональные действия/. Однако, «функциональный» подход не учитывает, за счет чего будет достигнут результат: опыта или знаний, способностей или повышенной мотивации работника – главное, что работа будет выполнена на должном уровне.

Следует отметить, что число сторонников «функционального» подхода растет. И в современной практике термин «профессиональная компетенция» чаще всего определяет способность субъекта профессиональной деятельности выполнять задачи с заданными стандартами.

Таким образом, профессиональные компетенции – это способности работника выполнять работу в соответствии с требованиями должности, а требования должности – задачи и стандарты их выполнения, принятые в организации или отрасли.

УДК 621.382;621.315

РЕЗУЛЬТАТЫ РАЗРАБОТКИ ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ТЭСТИРОВАНИЯ СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Лизовский В.В., к.т.н., доцент, Азизов П.М., Омельчук А.А.

*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,
Минск, Республика Беларусь*

С точки зрения развития солнечной фотоэнергетики Беларусь имеет сходные природно-климатические условия с Германией, страной, добившейся лидирующих позиций в Европе по данным вопросам. Научные и технологические успехи начала текущего тысячелетия в области прямого генерирования электроэнергии на основе солнечных элементов (СЭ), с учетом государственной поддержки в виде установления трехкратных повышающих коэффициентов для солнечных энергоисточников, открыли реальную перспективу крупномасштабного применения этого практически неиссякаемого источника энергии в нашей Республике.

К настоящему времени наибольшее распространение получила технология планарных СЭ, преобразующих прямое солнечное излучение. Большие перспективы имеет направление, использующее концентрированное солнечное излучение, а также новейшие разработки в области создания наногетероструктурных СЭ [1]. Широкое внедрение фотоэлектрических преобразователей на основе любой из этих технологий невозможно без полного метрологического обеспечения производства, поверки и стандартизации.

В докладе приводятся результаты разработки измерительного комплекса для исследования спектральных зависимостей и снятия вольтамперных характеристик (ВАХ) в функции заданной освещенности, а также полученные на его основе экспериментальные данные для СЭ производства СП «Солар-Груп» (г. Брест).

Принципиальная электрическая схема блока снятия ВАХ, входящего в состав измерительного комплекса приведена на рисунке 1. Блок снятия ВАХ создан на основе микрокон-

троллера С8051F120. Управление осуществляется с помощью специализированного программного обеспечения с ПК. Установка позволяет регулировать мощность лампы и измерять температуру в процессе работы.

Построение ВАХ осуществляется заданием тока с через СЭ цепью, состоящей из источника опорного напряжения, цифро-аналогового преобразователя, операционного усилителя, полевого транзистора и нагрузочного резистора путем одновременного измерения тока и напряжения цифровыми мультиметрами, подключаемыми к блоку снятия ВАХ. Полярность подключения СЭ выбирается переключением реле. Время построения ВАХ по ста точкам составляет менее десяти секунд.

Результаты лабораторных испытаний для СЭ №1 размерами 125х125 мм приведены на рисунке 2. Цифрой 1 обозначена ВАХ, полученная при облучении солнечного элемента кварцевой галогенной лампой мощностью 800 Вт, цифрой 2 ВАХ для лампы мощностью 1000 Вт.

Измерение относительной спектральной чувствительности исследуемого СЭ производилось путем сравнения его фотооткликов с аналогичными параметрами контрольного фотоприемника при попадании на них монохроматического излучения в диапазоне 400...1100 нм с шагом 100 нм.

Результаты измерений параметров СЭ №1 приведены на рисунке 3.

Полученные результаты говорят о возможности промышленного применения данного измерительного комплекса как при научных исследованиях, так и при массовом производстве СЭ по классической технологии. Дальнейшее совершенствование комплекса позволит также проводить высокоточные контрольно-поверочные испытания.

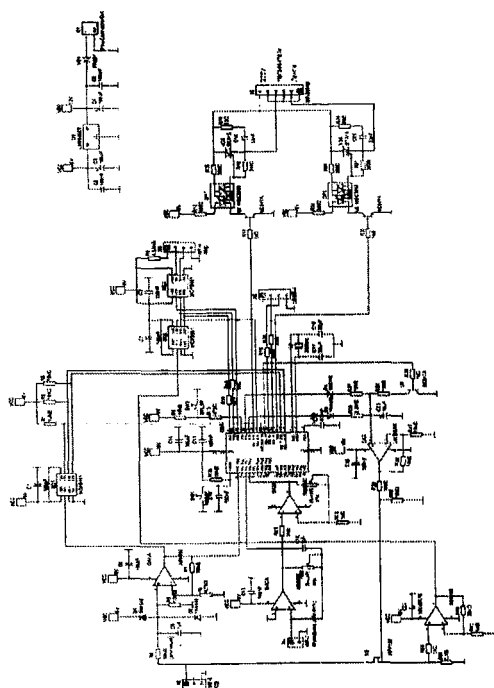


Рисунок 1 — Принципиальная электрическая схема блока снятия ВАХ солнечных элементов

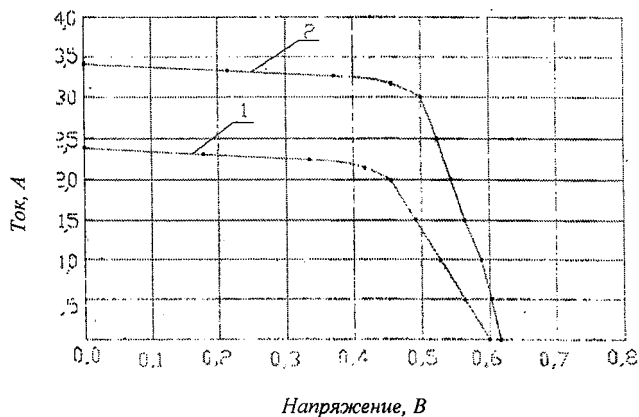


Рисунок 2 – Вольтамперная характеристика солнечного элемента №1

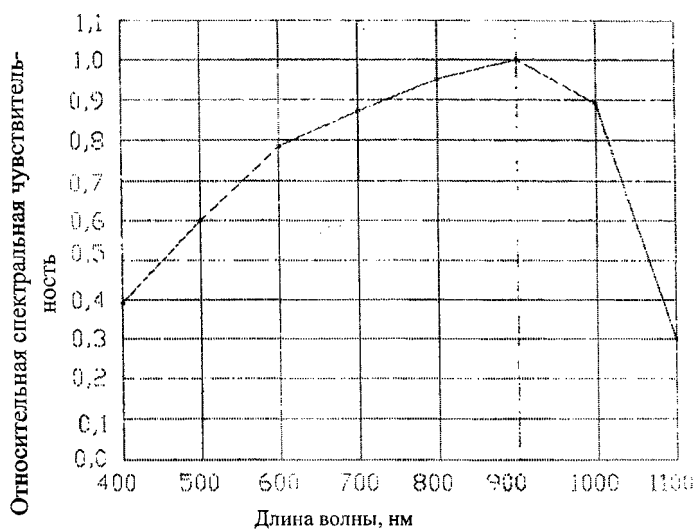


Рисунок 3 – Спектральная чувствительность солнечного элемента №1

ЛИТЕРАТУРА

1. Ж.И. Алферов, В.А. Андреев, В.Д. Румянцев Тенденции и перспективы развития солнечной фотозенергетики.//Физика и техника полупроводников, 2004, том 38, вып. 8,- С. 937-947.

Содержание

Пленарное заседание

1	ПРОБЛЕМЫ И СТРАТЕГИЯ УСТОЙЧИВОГО ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ СЕЛЬСКИХ ТЕРРИТОРИЙ БЕЛАРУСИ <i>Русан В.И., д.т.н., проф. (УО «БГАТУ», Минск, РБ)</i>	3
2	СОВРЕМЕННЫЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕПЛОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ <i>Стребков Д.С., академик Россельхозакадемии, д.т.н., проф. Тихомиров А.В., к.т.н. Растимешин С.А., д.т.н., проф. (ГНУ ВИЭСХ Россельхозакадемии, Москва, РФ)</i>	6
3	КЛАССИФИКАЦИЯ И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ ЭНЕРГОТЕХНОЛОГИЙ И УСТАНОВОК С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕСТНЫХ И ВОЗВОБНОВЛЯЕМЫХ РЕСУРСОВ В АПК <i>Герасимович Л.С. д.т.н., академик, Ланкевич Ю.И. аспирант, Синенький А.В., Кошелев В.В. инж. (УО «БГАТУ», Минск, РБ)</i>	8
4	ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ НАРОДНО-ХОЗЯЙСТВЕННОГО КОМПЛЕКСА РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ <i>Маньшин Г.Г., член-корреспондент НАНБ, Агаев Н.Н.</i>	11
5	ПУТИ СНИЖЕНИЯ ЭНЕРГОЗАТРАТ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ТВЕРДОГО ТОПЛИВА ИЗ БИОМАССЫ <i>Войтов В.А., д.т.н., проф., Дрыгуля С.В., аспирант, Бунецкий В.А., аспирант (Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства им. П. Василенко, Харьков, Украина)</i>	14
6	ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА <i>Гируцкий И.И., д.т.н., доц. (РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», Минск, РБ)</i>	17
7	ОСНОВЫ ПРИКЛАДНОЙ ТЕОРИИ И МЕТОДЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭНЕРГОИСПОЛЬЗОВАНИЯ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ АПК <i>Карпов В.Н. д.т.н., проф. (С.-Петербургский государственный аграрный университет, С.-Петербург-Пушкин, РФ)</i>	19

Секция 1

Энергообеспечение АПК

1	ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ ЭНЕРГОРЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ ЭНЕРГЕТИКИ <i>Русан В.И., д.т.н., проф. (УО «БГАТУ», Минск, РБ), Ходыко С.С., к.т.н., с.н.с. вед. инж. НПРУП «СКБ «Камертон» (Минск, РБ)</i>	24
2	ВВЕДЕНИЕ В ОПТИМИЗАЦИЮ РАЗОМКНУТОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ ПО ДИСКРЕТНЫМ ПАРАМЕТРАМ <i>Фурсанов М.И., д.т.н., проф. (УО «БНТУ», Минск, РБ)</i>	28
3	ПРОГРАММНО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС GORSR ДЛЯ АНАЛИЗА РЕЖИМОВ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ. <i>Фурсанов М.И. д.т.н., проф., Муха А.Н. инж., Гапанюк С.Г. м.т.н. (УО «БНТУ», Минск, РБ)</i>	31
4	ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ СОВМЕСТИМОСТЬ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ КАК НЕОБХОДИМОЕ УСЛОВИЕ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ <i>Фурсанов М.И., д.т.н., проф., Крикшин П.В., м.т.н., аспирант (УО «БНТУ», Минск, РБ)</i>	33

5	О ДОПУСТИМЫХ СИСТЕМАТИЧЕСКИХ ПЕРЕГРУЗКАХ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ	
	<i>Анищенко В.А., д.т.н., проф., Иванов В.В., магистрант (УО «БНТУ», Минск, РБ)</i>	36
6	ОБОСНОВАНИЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕЖПОВЕРОЧНОГО ИНТЕРВАЛА УЛЬТРАЗВУКОВОГО СЧЕТЧИКА ГАЗА СГУ 001 G25	
	<i>Головин А.Н., д.т.н., проф. (Белорусский государственный институт метрологии, Минск, РБ), Лисовский В.В., к.т.н., доц., Булко М.И., ст. преподаватель, Бугсев Е.В., инж. (УО «БГАТУ», Минск, РБ)</i>	37
7	НАГРЕВ И ПРОПЛАВЛЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ КОНТАКТОВ ПРИ КОММУТАЦИИ	
	<i>Мрачковский А.Н., Радько И.П., (Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины, Киев, Украина), Кохановский В.А. (Национальный технический университет Украины "КПИ", Киев, Украина)</i>	39
8	ЭФФЕКТИВНОСТЬ АВТОМАТИЗАЦИИ СЕЛЬСКИХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ	
	<i>Русан В.И., д.т.н., проф. (УО «БГАТУ», Минск, РБ), Пухальская О.Ю. (УО "ГГТУ им. П.О. Сухого", Гомель, РБ)</i>	46
9	РАСЧЕТ НАДЕЖНОСТИ СХЕМ СЕЛЬСКИХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ ФУНКЦИЙ АЛГЕБРЫ ЛОГИКИ	
	<i>Русан В.И., д.т.н., проф. (УО «БГАТУ», Минск, РБ), Пухальская О.Ю. (УО "ГГТУ им. П.О. Сухого", Гомель, РБ)</i>	49
10	ОПТИМИЗАЦИЯ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ ЗА СЧЕТ ЗАМЕНЫ ТРАНСФОРМАТОРОВ	
	<i>Фурсанов М.И., д.т.н., проф., Петрашевич Н.С., магистрант (УО «БНТУ», Минск, РБ)</i>	52
11	НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ АЛГОРИТМИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ РАЙОННОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ	
	<i>Дуль И.И., Фурсанов М.И. д.т.н. проф. (УО «БНТУ», Минск, РБ)</i>	55
12	ДОЖДЕВАЛЬНЫЕ МАШИНЫ ФРОНТАЛЬНОГО ДЕЙСТВИЯ ТИПА «КУ-БАНЫ-Л» КАК ОБЪЕКТ ЭНЕРГОРЕСУРСΟΣБЕРЕЖЕНИЯ	
	<i>Юлдашев З.Ш., к.т.н., доц. (С.-Петербургский государственный аграрный университет, С.-Петербург-Пушкин, РФ)</i>	58
13	МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВНЕДРЕНИЯ КОМПЛЕКСНЫХ СИСТЕМ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ СЕЛЬСКИХ ЗДАНИЙ	
	<i>Шеповалова О.В., к.т.н., (ГНУ ВИЭСХ Россельхозакадемии, Москва, РФ)</i>	61
14	ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ В ДИПЛОМНОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ ПО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЮ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА	
	<i>Королевич Н.Г., к.т.н., доц., Янукович Г.И., к.т.н., проф. (УО «БГАТУ», Минск, РБ)</i>	65
15	ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВИДА ПОВРЕЖДЕНИЯ В СЕЛЬСКИХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ	
	<i>Калентионок Е.В. к.т.н., доц. (УО «БНТУ», Минск, РБ)</i>	67
16	МНОГОУРОВНЕВЫЕ БАЛАНСЫ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ ОЭС БЕЛАРУСИ	
	<i>Золотой А. А. к.т.н., доц. (УО «БНТУ», Минск, РБ)</i>	68
17	МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ АСИНХРОННОЙ МАШИНЫ	
	<i>Золотой А. А. к.т.н., доц., Кунцевич А. И. (УО «БНТУ», Минск, РБ)</i>	71
18	СПОСОБ УЧЁТА ПОВТОРНОГО ЗАЗЕМЛЕНИЯ НУЛЕВОГО ПРОВОДА ПРИ РАСЧЁТАХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ 0,38 КВ	
	<i>Золотой А. А. к.т.н., доц., Макаревич В. В. (УО «БНТУ», Минск, РБ)</i>	74

- 19 **ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ ТРАНСФОРМАТОРА УУнСУ**
Протосовицкий И.В. к.т.н., доц., Шевчик Н.Е. к.т.н., доц. (УО «БГАТУ», Минск, РБ) 77
- 20 **ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ТРАНСФОРМАТОРОВ СО СХЕМОЙ СОЕДИНЕНИЯ ОБМОТОК «ЗВЕЗДА-ТРЕУГОЛЬНИК С ЗИГЗАГОМ»**
Збродыга В.М., к.т.н., Янукович Г.И., к.т.н., проф. (УО «БГАТУ», Минск, РБ) 79
- 21 **ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТИ НА ФЕРМАХ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА**
Федорчук А.И., к.т.н., доц. (УО «БГАТУ», Минск, РБ) 83
- 22 **ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ АСИНХРОННЫЕ ДВИГАТЕЛИ**
Шевчик Н.Е. к.т.н., доц., Зеленкевич А.И., ст.препод., Косыко А.Н. (УО «БГАТУ», Минск, РБ) 85
- 23 **ХАРАКТЕРИСТИКИ СИСТЕМ ДИСТАНЦИОННОГО ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИХ ВЫБОРУ**
Шевчик Н.Е., к.т.н., доц., Солдатенко А.А., начальник ПКТО (УО «БГАТУ», Минск, РБ) 87
- 24 **К ВОПРОСУ ЗАЩИТЫ СЕЛЬСКИХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ ОТ ИМПУЛЬСОВ И ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ**
Шевчик Н.Е., к.т.н., доц., Протосовицкий И.В., к.т.н., доц., Протосовицкий Д.И., аспирант (УО «БГАТУ», Минск, РБ) 89
- 25 **СОСТОЯНИЕ И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ В СЕЛЬСКИХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТАХ РБ**
Занкевич В.А., к.ф.-м.н., доц., Демидков С.В., к.т.н., доц., Криваль Д.И. (УО «БГАТУ», Минск, РБ) 91
- 26 **ЭКСЕРГЕТИЧЕСКИЙ МЕТОД АНАЛИЗА ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ ОХЛАЖДЕНИЯ ДВС**
Занкевич В.А., к.ф.-м.н., доц., Демидков С.В., к.т.н., доц., Булко М.И., ст. препода., Липский В.Н. (УО «БГАТУ», Минск, РБ) 94
- 27 **ФОРМИРОВАНИЕ ОРТОГОНАЛЬНЫХ СОСТАВЛЯЮЩИХ ВХОДНЫХ СИГНАЛОВ В МИКРОПРОЦЕССОРНОЙ ТОКОВОЙ ЗАЩИТЕ ЛИНИЙ ОТ МЕЖДУФАЗНЫХ КОРОТКИХ ЗАМЫКАНИЙ**
Булойчик Е. В. (УО «БНТУ», Минск, РБ) 96
- 28 **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИЗОЛИРОВАННЫХ ПРОВОДОВ НА ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЯХ В СЕЛЬСКОЙ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ**
Усов Г.Г., Кожарнович Г.И. (УО «БГАТУ», Минск, РБ), Усов Ю.Г. (ОАО «Белсельэлектросетьстрой», Минск, РБ), Епифанов В.И., Протосовицкий А.И. (УО «БГАТУ», Минск, РБ) 100
- 29 **ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ В СЕЛЬСКИХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ**
Усов Г.Г., ст. препода., Кожарнович Г.И., ст. препода. (УО «БГАТУ», Минск, РБ) 102
- 30 **О НОРМИРОВАНИИ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ**
Селицкая О.Ю., ст. преподаватель (УО «БГАТУ», Минск, РБ) 104
- 31 **ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ЦЕЛЕСООБРАЗНОЙ СТЕПЕНИ КОМПЕНСАЦИИ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ ПРИ ОПЛАТЕ ПОТРЕБИТЕЛЕМ ЗА ГЕНЕРИРУЕМУЮ И ПОТРЕБЛЯЕМУЮ РЕАКТИВНУЮ МОЩНОСТЬ И ЭНЕРГИЮ**
Зеленкевич А.И. ст. преподаватель (УО «БГАТУ», Минск, РБ) 107
- 32 **ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ УСТРОЙСТВ КОМПЕНСАЦИИ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ**
Кулаковский Д.А., Зеленкевич А.И., ст. преподаватель, Журко В.С., Зеньков А.Б. (УО «БГАТУ», Минск, РБ)

- 33 **РАЗРАБОТКА МИКРОПРОЦЕССОРНОГО ТЕРМИНАЛА ОСНОВНОЙ ЗАЩИТЫ ПОНИЖАЮЩЕГО ТРАНСФОРМАТОРА**
Ломан М.С., м.т.н. 112
- 34 **ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ НА БАЗЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА**
Карпович А.М. (УО «БГАТУ», Минск, РБ) 115
- 35 **О СТРУКТУРЕ ЭЛЕКТРОПРИЕМНИКОВ МОЛОЧНО-ТОВАРНЫХ ФЕРМ**
Янукович Г.И., канд. техн. наук, профессор, Влашиевич Е.В., аспирант, Збрадыга В.М., канд. техн. наук, доц., Королевич Н.Г., канд. экон. наук, доц., (УО «БГАТУ», Минск, РБ) 118
- 36 **НИЖНЯЯ ГРАНИЦА НАДЕЖНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ СИСТЕМЫ С УЧЕТОМ ВЛИЯНИЯ НА НЕЕ ЧЕЛОВЕКА**
Гущинский А.Г., канд. техн. наук, доцент, Гальченко М.И. (С.-Пб. ГАУ, Санкт-Петербург, РФ) 119

Секция 2

Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии

- 1 **ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ НА БАЗЕ МВТ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В АПК**
Русан В.И., д.т.н., проф. (УО «БГАТУ», Минск, РБ), Д-р философии (Энергетика) Букато В.М. (ООО «МНВЦЭ Энерготехно», Минск, РБ) 122
- 2 **ВЕТРОЭНЕРГЕТИКА БЕЛАРУСИ: СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ**
Белый О.А. к.т.н., доц., (Центр системного анализа и стратегических исследований НАН РБ), Назарова И.А. (МГЭУ им. А.Д. Сахарова, Минск, РБ) 124
- 3 **ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ И ИХ РОЛЬ В ПОВЫШЕНИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ**
Падалко Л.П., д.э.н., проф. (Институт энергетики НАН Беларуси Минск, РБ) 127
- 4 **ВОЗМОЖНОСТИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ В ОБЛАСТИ ПРОИЗВОДСТВА БИОГАЗА**
Пащинский В.А., к.т.н., доц., Бутько А.А., Кундас С.П., д.т.н., проф. (МГЭУ им. А.Д. Сахарова, Минск, РБ) 129
- 5 **ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ И РАБОЧИХ ЖИДКОСТЕЙ НА БАЗЕ РАСТИТЕЛЬНЫХ МАСЕЛ**
Войтов В.А., д.т.н., проф. Кравцов А.Г., (Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства им. П. Василенко, Харьков, Украина) 132
- 6 **БИОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**
Коротинский В.А., к.т.н., доц., Костюкевич С.Б., к.т.н., Головач И.Н. (УО «БГАТУ», Минск, РБ) 135
- 7 **УСТРОЙСТВО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ**
Сычик В.А. д.т.н., проф. (УО «БНТУ», Минск, РБ), Русан В.И., д.н.н., проф. (УО «БГАТУ», Минск, РБ), Уласюк Н.Н., к.т.н., доц. (УО «БНТУ», Минск, РБ) 138
- 8 **ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ**
Сычик В.А. д.т.н., проф., Уласюк Н.Н., к.т.н., доц. (УО «БНТУ», Минск, РБ), Шумило В.С., к.т.н., доц. (ЗАО «Атлант» Минск, РБ) 139
- 9 **НОВЫЙ ПОДХОД ПРИ РЕШЕНИИ ПРОБЛЕМ РАЗВИТИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКИ**
Русан В.И., д.т.н., проф., Касаткин Н.П., (УО «БГАТУ», Минск, РБ) 141

- 10 **ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ВЕТРОЭНЕРГЕТИКИ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ**
Коротинский В.А., к.т.н., доц., Гаркуша К.Э., к.т.н., доц., Лаврененок Е.К. (УО «БГАТУ», Минск, РБ) 143
- 11 **ЭНЕРГО-ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАЗВИТИЯ РАСПРЕДЕЛЁННОЙ ГЕНЕРАЦИИ ЭНЕРГИИ**
Милаш Е.А. (Министерство энергетики РБ Минск, РБ) 146
- 12 **К ВОПРОСУ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ**
Цубанов А.Г., к.т.н., доц. Цубанов И.А. (УО «БГАТУ», Минск, РБ) 148
- 13 **ЭФФЕКТИВНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕСТНЫХ ВИДОВ ТОПЛИВА**
Усов Г.Г., ст. препод. (УО «БГАТУ», Минск, РБ), Микулич С.И. (Глубокские электрические сети, Глубокое, РБ) 150
- 14 **ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ НАНОМАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ЭНЕРГЕТИКИ**
Лагутин А.Е., к.т.н. (УО «БГАТУ», Минск, РБ) 152
- 15 **ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ МИНИЭНЕРГОКОМПЛЕКСОВ НА БАЗЕ МИКРОТУРБИН**
Константинова С. В., к.т.н. (УО «БНТУ», Минск, РБ) 155
- 16 **ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ АВТОМОБИЛЯ ЗИЛ 5301 ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ В КАЧЕСТВЕ ТОПЛИВА ЭТИЛОВЫХ ЭФИРОВ ЖИРНЫХ КИСЛОТ**
Карнаух Н.В., аспирант (Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства имени Петра Василенка г. Харьков, Украина) 158
- 17 **К ВОПРОСУ ТАРИФОВ НА ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ**
Позняк С.С., к.с.-х.н., доцент, Шенк Ю., к.ф.н. (МГЭУ им. А.Д. Сахарова, Минск, РБ) 161
- 18 **РАЗВИТИЕ ВЕТРОЭНЕРГЕТИКИ В РЕСПУБЛИКЕ МОЛДОВА.**
Мявая Г.В., научный сотрудник (Институт экологии и географии Академии Наук г. Кишинэу, Республика Молдова) 164
- 19 **К ВОПРОСУ ОБОСНОВАНИЯ ВЫБОРА ТИПА ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК ДЛЯ МЕСТНЫХ ПРИРОДНЫХ УСЛОВИЙ**
Лаврентьев Н.А., к.т.н., Лисовский В.В., к.т.н., Омельчук А.А., асп., Селюк Ю.Н., инж. (УО «БГАТУ», Минск, РБ) 167
- 20 **ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ БИОМАССЫ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ НА ОСНОВЕ ИВОВЫХ ПЛАНТАЦИЙ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ**
Жаковка М. С. (УО «БГАТУ», Минск, РБ) 169
- 21 **РОЛЬ И ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ АССОЦИАЦИИ «ВОЗОБНОВЛЯЕМАЯ ЭНЕРГЕТИКА» В РЕАЛИЗАЦИИ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ПРОЕКТОВ**
Нистюк В.П. исп. директор (Ассоциация «Возобновляемая энергетика», Минск, РБ) 172
- 22 **ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНАЯ ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ АПК**
Герасимович Л.С., д.т.н., академик, проф., (НАН Беларуси, Минск, РБ), Шестерень В.Е., к.т.н., доцент (УО «БГАТУ», Минск, РБ), Шульга В.А., к.т.н., (Могилёвская областная опытная с.х. станция, Могилёв, РБ) 175
- 23 **РАЗРАБОТКА ИМИТАЦИОННОЙ ЭНЕРГОЭКОНОМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕСТНЫХ И ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ РЕСУРСОВ В АГРОГОРОДКАХ**
Герасимович Л.С., д.т.н., проф., академик; Шульга В.А., к.т.н., доц.; Ланкевич Ю.И.; Синенький А.В. (ГП «Институт энергетики НАН Беларуси», Минск, РБ) 177

- 24 **МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ТЕПЛОУТИЛИЗАЦИИ НИЗКОПО-
ТЕНЦИАЛЬНЫХ ВЭР**
*Занкевич В.А., к.ф.-м.н., доц., Демидков С.В., к.т.н., доц., Лозунов А.А. (УО «БГА-
ТУ», Минск, РБ), Сизов В.Д., к.т.н., доц., (УО «БНТУ», Минск, РБ)* 179
- 25 **К РАСЧЕТУ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕПЛОВЫХ
НАСОСОВ ДЛЯ УТИЛИЗАЦИИ ТЕПЛОТЫ ВЫТЯЖНОГО ВОЗДУХА**
Дубанов И.А., Цубанова И.А., (УО «БГАТУ», Минск, РБ) 181
- СОЛНЕЧНАЯ ЭНЕРГЕТИКА: СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ЕЕ ИС-
ПОЛЬЗОВАНИЯ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ**
Русан В.И., д.т.н., профессор, Казакевич Д.М., аспирант (УО «БГАТУ», Минск, РБ) 184

Секция 3

Электротехнология и электрооборудование АПК

- 1 **ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ РЕЗОНАНСНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ
СИСТЕМ ДЛЯ УНИЧТОЖЕНИЯ СОРНЯКОВ**
*Стребков Д.С., акад. РАСХН, Топорков В.Н., Трубников В.З., Королев В.А., канд.
техн. наук (ГНУ ВИЭСХ Россельхозакадемии, Москва, РФ)* 188
- 2 **РЕЗОНАНСНАЯ ОДНОПРОВОДНАЯ СИСТЕМА СВЕТОДИОДНОГО
ОСВЕЩЕНИЯ С ПИТАНИЕМ ОТ СОЛНЕЧНОЙ БАТАРЕИ**
*Стребков Д.С., акад. РАСХН, Юферев Л.Ю., к.т.н. (ГНУ ВИЭСХ Россельхозака-
демии, Москва, РФ)* 191
- 3 **ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МАТЕРИАЛА ПОЛА ПРИ
РАЗРАБОТКЕ ЛОКАЛЬНЫХ ЭЛЕКТРООБОГРЕВАТЕЛЕЙ ДЛЯ ПОРО-
СЯТ Растимешин С.А., д.т.н., проф., Каткова Ю.Б., инженер (ГНУ ВИЭСХ
Россельхозакадемии, Москва, РФ) 194**
- 4 **ОБОСНОВАНИЕ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ КРИТЕРИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ
БИОЛОГИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ ОПТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА
ЖИВОТНЫЙ ОРГАНИЗМ.**
*Червинский Л. С., д.т.н., проф., Радько И.П., к.т.н., доц. (Национальный универ-
ситет биоресурсов и природопользования Украины, Киев, Украина)* 195
- 5 **ОБОСНОВАНИЕ ПРИНЦИПОВ УПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИМ
ДЕЙСТВИЕМ ОПТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА БИОЛОГИЧЕСКИЙ
ОРГАНИЗМ**
*Червинский Л. С., д.т.н., проф., Радько И.П., к.т.н., доц. (Национальный универ-
ситет биоресурсов и природопользования Украины, Киев, Украина)* 199
- 6 **ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ТЕПЛООТДАЧИ ИОННЫМ ВЕТРОМ**
*Заяц Е.М., д.т.н., проф., Дубодел И.Б., к.т.н., доц., Кардашов П.В., к.т.н., доц.,
Храмцова Е.А., магистрант (УО «БГАТУ», Минск, РБ)* 201
- 7 **ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ НА
ОСНОВЕ ТЕОРИИ НЕЧЕТКИХ МНОЖЕСТВ**
Суоник Д. Ю., к.э.н., доц., (ФГОУ ВПО МГ'АУ, Москва, РФ) 202
- 8 **МЕХАНОТРОПНАЯ ТЯГОВАЯ СИСТЕМА МОБИЛЬНЫХ АГРЕГАТОВ
НА ОСНОВЕ НАВЕСНЫХ И ТОРОВЫХ ДВИЖИТЕЛЕЙ**
*Шальнев О.В. к.т.н., Королев В.А. к.т.н. (ГНУ ВИЭСХ Россельхозакадемии, Мо-
сква, РФ)* 204
- 9 **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СВЕТОДИОД-
НЫХ ИСТОЧНИКОВ СВЕТА, РАБОТАЮЩИХ ОТ СЕТИ ПОСТОЯННО-
ГО ТОКА ДЛЯ ОСВЕЩЕНИЯ ПОМЕЩЕНИЙ ЖКХ**
Козловская В.Б., к.т.н., доц., Гаврилович Д.А., Гаврилович О.Н. (УО «БНТУ», Минск, РБ) 207

10	КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ В СИСТЕМАХ ТЕПЛОБЕСПЕЧЕНИЯ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ФЕРМ <i>Тихомиров Д.А., к.т.н., Кузьмичев А.В., инженер (ГНУ ВИЭСХ Россельхозакадемии, Москва, РФ)</i>	210
11	МОДУЛЬНАЯ ИНФРАКРАСНАЯ И УЛЬТРАФИОЛЕТОВАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ОБРАБОТКИ ЖИДКИХ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ <i>Кузьмичев А.В., инженер, Тихомиров Д.А., к.т.н., Малышев В.В., к.т.н., ст. научный сотрудник (ГНУ ВИЭСХ Россельхозакадемии, Москва, РФ)</i>	213
12	ДООЧИСТКА СТОКОВ ПОСТОВ МОЙКИ АВТОТРАКТОРНОЙ ТЕХНИКИ ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДА ЭЛЕКТРОФЛОТООАГУЛЯЦИИ <i>Крутов А.В., к.т.н., доц., Бойко М.А., ст. преподаватель, Суворов М.М., (УО «БГАТУ», Минск, РБ)</i>	214
13	ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В ПРОИЗВОДСТВЕ ПИЩЕВОГО ЭТАНОЛА <i>Поздняков В.М., к.т.н., Расолько Л.А., к.б.н., доцент, Рублик П.В., (УО «БГАТУ», Минск, РБ)</i>	217
14	ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИ АКТИВИРОВАННЫХ РАСТВОРОВ НА ПРИВЕСЫ МОЛОДНЯКА КРС ПРИ КОРМЛЕНИИ И ПОЕНИИ <i>Кардашов П.В., к.т.н., доц., Корко В.С., к.т.н., доц., Дубодел И.Б., к.т.н., доц., Кардашов М.В., магистрант (УО «БГАТУ», Минск, РБ)</i>	219
15	ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННЫЕ СЕМЕНА С.-Х. РАСТЕНИЙ – ЗАЛОГ ОТЛИЧНОГО ПРОДОВОЛЬСТВЕННОГО СЫРЬЯ <i>Городецкая Е.А. к.т.н., доц. (УО «БГАТУ», Минск, РБ)</i>	221
16	ЭЛЕКТРОСЕПАРАЦИЯ - ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫЙ СПОСОБ РАЗДЕЛЕНИЯ СЫПУЧИХ СМЕСЕЙ <i>Городецкая Е. А. (ГНУ«Центральный Ботанический сад Национальной академии наук Беларуси»), Кардашов П.В., к.т.н., доц., Дубодел И.Б. к.т.н., доц. (УО «БГАТУ», Минск, РБ)</i>	223
17	ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ СВЕТОТЕХНИЧЕСКИХ УСТАНОВОК СЕЛЬКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ <i>Степанцов В. П., к.т.н., доц., Шеремет Г. П., (УО «БГАТУ», Минск, РБ)</i>	226
18	О ВОЗМОЖНОСТЯХ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ В КОНВЕКТИВНЫХ ЗЕРНОСУШИЛКАХ <i>Цубанов А.Г., к.т.н., доц. (УО «БГАТУ», Минск, РБ)</i>	229
19	К РАСЧЕТУ РЕЦИРКУЛЯЦИИ СУШИЛЬНОГО АГЕНТА В КОНВЕКТИВНЫХ ЗЕРНОСУШИЛКАХ <i>Цубанов А.Г., к.т.н., доц. (УО «БГАТУ», Минск, РБ)</i>	232
20	ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ СВЧ-ВЛАГОМЕРА «МИКРОРАДАР 113М» ДЛЯ СТАБИЛИЗАЦИИ ПРОЦЕССА УВЛАЖНЕНИЯ ЗЕРНА ПЕРЕД ПОМОЛОМ <i>Лисовский В.В. к.т.н., доц., Гургенидзе И.Н. к.э.н., доц. (УО «БГАТУ», Минск, РБ)</i>	235
21	РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЙ СПОСОБ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД <i>Дубодел И.Б., к.т.н., доцент, Кардашов П.В., к.т.н., доцент, Харитончик Е.А., магистрант (УО «БГАТУ», Минск, РБ)</i>	238
22	ПОВЫШЕНИЕ ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТИ В ЖИЛИЩНОМ СЕКТОРЕ <i>Федорчук А.И. к.т.н., доц., Андруш В.Г. к.т.н., доц. (УО «БГАТУ», Минск, РБ)</i>	239
23	СПОСОБ СОЗДАНИЯ МИКРОКЛИМАТА В ТЕПЛИЦЕ ПО ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕЙ ТЕХНОЛОГИИ <i>Андруш В.Г., к.т.н., Цвирко Л.Ю. (УО «БГАТУ», Минск, РБ)</i>	242
24	ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИ АКТИВИРОВАННЫХ РАСТВОРОВ ДЛЯ ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЯН	244

	Кардашов П.В., к.т.н., доц., Дубодел И.Б., к.т.н., доц., Козар С.А., магистрант (УО «БГАТУ», Минск, РБ)	
25	СУЩНОСТЬ РАЗВИТИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕГАТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ Андруш В.Г., к.т.н., Цвирко Л.Ю. (УО «БГАТУ», Минск, РБ)	245
26	БИФИЛЯРНАЯ ОБМОТКА ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОГО СЕПАРАТОРА СЕМЯН Лагутин А.Е., к.т.н., Яровский Д.М., магистрант (УО «БГАТУ», Минск, РБ)	247
27	СВЕРХВЫСОКОЧАСТОТНОЕ КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ КАК СПОСОБ ОБРАБОТКИ ЗЕРНА ПЕРЕД ПОМОЛОМ Басюк Е.И. аспирант, Лисовский В.В. к.т.н., доц. (УО «БГАТУ», Минск, РБ)	250
28	СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССА ТРЕПАНИЯ ЛЬНЯНОГО СЫРЦА НА МЯЛЬНО-ТРЕПАЛЬНОМ АГРЕГАТЕ ЛИНИИ ПЕРВИЧНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ЛЬНА ПУТЕМ ОПТИМИЗАЦИИ ЭЛЕКТРОПРИВОДА Равинский Н.А., аспирант, м.т.н., Дайнеко В.А., к.т.н., доц., (УО «БГАТУ», Минск, РБ)	253
29	СВЕРХВЫСОКОЧАСТОТНЫЙ ВЛАГОМЕР ЛЬНЯНОЙ ТРЕСТЫ Равинский Н.А., аспирант, м.т.н. (УО «БГАТУ», Минск, РБ)	255
30	ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКАЯ КОАГУЛЯЦИЯ БЕЛКОВ МОЛОЧНОЙ СЫВОРОТКИ Кривовязенко Д.И., ст. преподаватель (УО «БГАТУ», Минск, РБ)	257
31	О ВЛИЯНИИ КПД ЗЕРНОСУШИЛОК НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ МЕРОПРИЯТИЙ Цубанов И.А., Цубанова И.А. (УО «БГАТУ», Минск, РБ)	259
32	РАСЧЕТ НАДЕЖНОСТИ И ДОЛГОВЕЧНОСТИ СЧЕТЧИКА ГАЗА БУГ 01 Бугаев Е.В., инженер, Булко М.И., ст. преподаватель Довнар И.В., ст. преподаватель, (УО «БГАТУ», Минск, РБ)	261
33	ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССА СУШКИ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР И ПУТИ ЕГО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ Климкович П.Н м.т.н. (УО «БГАТУ», Минск, РБ)	263
34	СПОСОБ ПРОИЗВОДСТВА ЭЛЕКТРОНАГРЕВАТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ИЗ ХИМИЧЕСКИ АКТИВНЫХ И ПАССИВНЫХ ЭЛЕКТРОПРОВОДНЫХ ПОРОШКОВЫХ СМЕСЕЙ Демидков С.В., к.т.н., Коротинский В.А., к.т.н., Занкевич В.А., к.физ.-мат.н., Витатовская М.А., Коральчук Ю. Ю. (УО «БГАТУ», Минск, РБ)	267

Секция 4

Автоматизация технологических процессов АПК

1	ИДЕНТИФИКАЦИЯ СОСТОЯНИЯ ДВС ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМОЙ С ПОМОЩЬЮ НАСТРАИВАЕМОЙ МОДЕЛИ Добролюбов И.П., д.т.н., проф., Савченко О.Ф., к.т.н., Ольшевский С. Н., к.т.н., (ГНУ Сибирский физико-технический институт аграрных проблем, Новосибирск, РФ)	270
2	МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ ОТКРЫТЫХ ЗАДАЧ АВТОМАТИЗАЦИИ НА ОСНОВЕ ПАРАДИГМ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ Солдатов В.В., д.т.н., проф., (Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского, Москва, РФ)	273
3	ИНТЕРВАЛЬНО-ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ НАДЕЖНОСТИ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ Судник Ю.А., д.т.н., проф., (ФГОУ ВПО МГАУ, Москва, РФ)	275
4	АНАЛИЗ ФОРМ ГРАФИКОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА НА СУТОЧНЫХ ИНТЕРВАЛАХ Забелло Е.П., д.т.н., профессор, Громова В.С., ассистент, Буллах В.Г. (УО «БГАТУ», Минск, РБ)	279

- 5 **ПРИМЕНЕНИЕ СРЕДСТВ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ЭНЕРГОУЧЕТА
В АГРОПРОМЫШЛЕННЫХ КОМПЛЕКСАХ**
Забелло Е.П., д.т.н., проф., Дайнеко В.А., к.т.н., доц., Кирплук М.Р., к.т.н. (УО «БГАТУ», Минск, РБ) 282
- СИНТЕЗ РОБАСТНОЙ САУ С УПРЕДИТЕЛЕМ СМИТА ДЛЯ ОБЪЕКТОВ С
ПЕРЕМЕННЫМ ЗАПАЗДЫВАНИЕМ**
Карпович Д.С., к.т.н., Барашко О.Г., к.т.н., (УО «БГТУ», Минск, РБ) 284
- 6 **РОБОТОТЕХНИЧЕСКИЕ УСТРОЙСТВА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО
ПРИМЕНЕНИЯ**
*Королев В.А., к.т.н., доц., Суляев С.А., Лучин А.Н., Кожемякин С.А. (ГНУ ВИЭСХ
Россельхозакадемии, Москва, РФ) Воротников, С.А., к.т.н., доц., Польский В.А.,
к.т.н., доц., Можжаев К.О., Магазеев Д.М. (МГТУ им. Н. Э. Баумана, Москва, РФ)* 287
- 7 **СОГЛАСОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ КОНФИГУРАЦИИ ПАРКА АВТОМО-
БИЛЕЙ С ХАРАКТЕРИСТИКАМИ ПРОЕКТНОЙ СРЕДЫ В ПРОЕКТЕ
СОЗДАНИЯ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ СВЕКЛОПРИЕМ-
НОГО ПУНКТА**
*Боярчук В.М. к.т.н., проф., Крызул Р.Е. ассистент, Шолудько Я.В. к.т.н., доц., Миха-
лок М.А. к.т.н., доц. (Львовский национальный аграрный университет, г. Дубляны,
Украина)* 290
- 8 **ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ АГРЕ-
ГАТОВ КАК ФАКТОР ВНЕДРЕНИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНО-
ЛОГИЙ**
*Кротюк Ю.М., к.т.н., доц., Гривачевский А.Г., к.т.н., доц., Бакач Н.Г., к.т.н., доц.
(ОИПИ НАН Беларуси, РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хо-
зяйства») Минск, РБ)* 293
- 9 **ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ВНЕДРЕНИЯ ЧАСТОТНО-
РЕГУЛИРУЕМОГО ПРИВОДА**
Коровкина Н. П., к.п.н., доц., Пустовалова Н. Н., к.т.н., доц. (УО «БГТУ», Минск, РБ) 295
- 11 **ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НЕЛИНЕЙНЫХ
РЕГУЛЯТОРОВ**
*Гринюк Д.А., к.т.н., доц., Оробей И.О., к.т.н., доц., Сухорукова И.Г., ассистент
(УО «БГТУ», Минск, РБ)* 298
- 12 **АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА РАСХОДА ГАЗА ПТИЦЕФАБРИ-
КИ**
Лисовский В.В., к.т.н., доцент, Ролич О. Ч., к.т.н., доцент (УО «БГАТУ», Минск, РБ) 301
- 13 **АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА БАЛАНСИРОВАНИЯ РАЦИО-
НОВ ДЛЯ ДОЙНОГО СТАДА**
*Ролич О. Ч., к.т.н., доц., Галушко Е.В., к.т.н., доц., Сеньков А.Г., к.т.н., Н.Ф.
Бондарь, к.х.н., П.Г. Попов, аспирант (УО «БГАТУ», Минск, РБ)* 304
- 14 **АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА СТАБИЛИЗАЦИИ
УВЛАЖНЕНИЯ ЗЕРНА ПЕРЕД ПОМОЛОМ НА ОСНОВЕ
МОДЕРНИЗИРОВАННОГО ВЛАГОМЕРА «МИКРОРАДАР 113М»**
Лисовский В.В., к.т.н., доц. (УО «БГАТУ», Минск, РБ) 307
- 15 **СТЕНД ДЛЯ ОБКАТКИ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ**
Андруш В.Г., к.т.н. (УО «БГАТУ», Минск, РБ) 310
- 16 **МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВА-
НИЯ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ
ВОЗДУХА В ПТИЧНИКЕ**
Ролич О. Ч., к.т.н., доц., Порошилов Р.Б., магистрант (УО «БГАТУ», Минск, РБ) 313

17	ПРОГРАММНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВОМ <i>Ролич О.Ч., к.т.н., доц., Джунковский В.В., Малейко В.В., Савицкий Д.В., (УО «БГАТУ», Минск, РБ)</i>	315
18	ОСОБЕННОСТИ КОНТРОЛЯ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ВЛАЖНОСТИ ВОЗДУХА И ГАЗОВЫХ СМЕСЕЙ НА ОБЪЕКТАХ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА <i>Ковалев В.А., к.т.н., доц., Скочек И.И., ст. преподаватель (УО «БГАТУ», Минск, РБ), Кулаков А.Т., к.т.н., доц. (УО «БНТУ», Минск, РБ)</i>	318
19	МОДЕЛИРОВАНИЕ УСТРОЙСТВ ВВОДА-ВЫВОДА ДИСКРЕТНЫХ СИГНАЛОВ В МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ <i>Ставицкий П.И., Сей А.А., Матвеев И.П. к.т.н., доц. (УО «БГАТУ», Минск, РБ)</i>	320
20	СИНТЕЗ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРИ СЛУЧАЙНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ ПУТЕМ МОДЕЛИРОВАНИЯ НА ЭВМ <i>Сидоренко Ю.А., к.т.н., доц., Белохвост М.В., м.т.н. (УО «БГАТУ», Минск, РБ)</i>	322
21	РЕАЛИЗАЦИЯ ВРЕМЕННЫХ ФУНКЦИЙ В МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ <i>Цевирко Д.И., Коледюк М.Н., Матвеев И.П. к.т.н. (УО «БГАТУ», Минск, РБ)</i>	323
22	АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ОТКЛИКА ИНТАКТНОГО РАСТЕНИЯ НА ВОЗМУЩАЮЩИЕ ФАКТОРЫ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ <i>Герасимович Л.С. проф., д.т.н., Михайлов В.В. аспирант, (УО «БГАТУ», Минск, РБ)</i>	325
23	АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ УСТАНОВКА КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА В ПТИЧНИКЕ КАК ФАКТОР ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ <i>Пашкевич А. П., Якубовская Е.С. ст. преподаватель (УО «БГАТУ», Минск, РБ)</i>	329
24	СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СПОСОБОВ АВТОМАТИЧЕСКОГО ПОДДЕРЖАНИЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА В ПТИЧНИКЕ В ТЕПЛЫЙ ПЕРИОД ГОДА <i>Игнатчик Л.Л., Е.С. Якубовская (УО «БГАТУ», Минск, РБ)</i>	331
25	АВТОМАТИЗАЦИЯ РАСПИЛА НА ЛЕНТОЧНОЙ ПИЛОРАМЕ КАК СРЕДСТВО ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ <i>Гавриловец Д.А., Якубовская Е.С. (УО «БГАТУ», Минск, РБ)</i>	334
26	ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ ВВЕДЕНИЕМ ПОЛЕЗНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СВЯЗЕЙ В УСТРОЙСТВО УПРАВЛЕНИЯ <i>Павловский В.А. ст. преподаватель (УО «БГАТУ», Минск, РБ)</i>	336
27	ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩАЯ СИСТЕМА КОРМЛЕНИЯ СВИНЕЙ <i>Жур А.А., ст. преподаватель (УО «БГАТУ», Минск, РБ)</i>	338
28	МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА <i>Волкова Е.С. (УО «БГАТУ», Минск, РБ)</i>	340
29	ПОИСКОВАЯ АДАПТАЦИЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ПЕРИОДИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ <i>Сырец М.В. аспирант (УО «БГТУ», Минск, РБ)</i>	342
30	ОСОБЕННОСТИ СИНТЕЗА СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ С ОТКЛОНЯЮЩИМСЯ АРГУМЕНТОМ <i>Лапето А. В., аспирант (УО «БГТУ», Минск, РБ)</i>	343
31	СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ <i>Дворник Г.М. к.п.н., доц., (УО «БГТУ», Минск, РБ)</i>	346
32	РЕЗУЛЬТАТЫ РАЗРАБОТКИ ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ТЭСТИРОВАНИЯ СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ <i>Лисовский В.В., к.т.н., доц., Азизов П.М., Омельчук А.А. (УО «БГТУ», Минск, РБ)</i>	347

ДЛЯ ЗАМЕТОК

Научное издание

**ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ – ВАЖНЕЙШЕЕ УСЛОВИЕ
ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ АПК**

**МАТЕРИАЛЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ**

**24-25 ноября 2011 г.
г. Минск**

Ответственный за выпуск *И.В. Протосовицкий*
Научный редактор *М.А. Прищепов*
Технический редактор *А.И. Зеленькевич*

Подписано в печать 17.11.2011 г. Формат 60×84¹/₁₆. Бумага офсетная.
Ризография. Усл. печ. л. 20,46. Уч.-изд. л. 16,0. Тираж 100 экз. Заказ 1005.

Издатель и полиграфическое исполнение:
учреждение образования
«Белорусский государственный аграрный технический университет».
ЛИ № 02330/0552984 от 14.04.2010.
ЛП № 02330/0552743 от 02.02.2010.
Пр-т Независимости, 99-2, 220023, Минск.