

гателя, номинальное напряжение и коэффициент мощности, а также максимальную мощность нагрузки и условия перегрузки. В общем случае при проектировании системы рекуперации выбирают приводы рекуперации и моторный с равными номинальными токами. В многоприводных конфигурациях привод рекуперации должен быть достаточного габарита для подачи суммарной пиковой мощности, требуемой для всех нагрузок моторных приводов с учетом потерь в приводах. Если привод рекуперации не сможет рекуперировать полную мощность от моторного привода в шину звена постоянного тока, он отключится по превышению напряжения нашине постоянного тока.

Список использованной литературы

1. www.controltechniques.com – Руководство по рекуперации. Дата доступа: 22.10.2025.
2. Рекуперация электроэнергии с помощью блока торможения и матричного преобразователя частоты. – ИСУП – №2(104) – 2023 – С. 54–57.

УДК 621.365.683.9

Рутковский И.Г., к.т.н., Слыши И.А., студент
*Белорусский государственный аграрный технический университет,
г. Минск*

ЭЛЕКТРОТЕПЛОВАЯ ОБРАБОТКА ТЕРМОЛАБИЛЬНЫХ СРЕД СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Для тепловых нужд, как в промышленных технологических процессах, так и в коммунально-бытовом секторе широко используется электрическая энергия. В современном сельскохозяйственном производстве электронагрев широко применяется для пастеризации и стерилизации, подогрева и сушки различных сред, для создания необходимых температурных режимов животным и растениям. Он является незаменимым элементом современных технологий производства сельскохозяйственной продукции. При этом потребление тепловой энергии во многих с.-х. технологических процессах достигает 60 %...80 % по сравнению с другими видами энергии. Кроме того потребление электрической энергии в сельском хозяйстве для тепловых нужд возрастает в связи с ее известными преимуществами.

ствами: возможностью обеспечения более высокой точности поддержания температуры обрабатываемой среды, улучшением санитарно-гигиенических условий труда, равномерностью и избирательностью нагрева обрабатываемой среды, меньшими трудозатратами и меньшей пожароопасностью электронагревательных установок (ЭНУ) при эксплуатации, что важно при постоянном снижении числа работающих в сельскохозяйственном производстве, а также возможностью многофункционального использования и автоматизации ЭНУ [1].

Особенность сельского хозяйства заключается в рассредоточенном характере производства, наличии термочувствительных биологических объектов, необходимости тепловой обработки разнообразных термолабильных сред. Поэтому в сельскохозяйственном производстве требуется большое количество низкопотенциальной энергии, значительные затраты на ее транспортирование, а также наличие технических средств, обеспечивающих качественное проведение тепловой обработки [2].

Применяемые на практике технологии нагрева термолабильных сред сельскохозяйственного назначения, которые основаны на внешнем подводе тепловой энергии посредством промежуточных теплоносителей (воды, металла, масла) для нагрева молока, соков, мелассы, корнеклубнеплодов и прочего, не эффективны из-за высокой неравномерности нагрева обрабатываемой среды по объему, сложности регулирования температуры и высокой энергоемкости.

Основным требованием, предъявляемым к электронагреву термолабильных сред, является обеспечение равномерного распределения температуры в объеме нагреваемой среды. В противном случае происходит выпадение осадка и пригарание обрабатываемой среды, карамелизация сахаров, денатурация белков, отложение молочного камня на контактной поверхности теплообмена и пр. Устранение этих недостатков в ЭНУ возможно при переходе к объемному вводу энергии в обрабатываемую среду.

Для ЭНУ большой мощности, целесообразно применение электродных электронагревателей (ЭЭН), обеспечивающих объемный ввод энергии в нагреваемую среду [3, 4]. Электротепловая обработка различных токопроводящих сред с помощью ЭЭН отличается высоком КПД, простотой конструкции ЭНУ, их ремонтопригодностью, пожаробезопасностью и относительно невысокой

стоимостью, что предполагает широкое практическое применение. Однако выраженная зависимость удельного сопротивления обрабатываемой среды от температуры нагрева может привести к превышениям допустимых значений плотности тока, лавинообразному росту отложений на электродах и нежелательному электрохимическому воздействию на обрабатываемую среду. Для предотвращения этого требуется принятие дополнительных мер по обеспечению равномерности нагрева, что усложняет конструкцию, расчет и эксплуатацию таких установок. Сложность протекающих в них электротепловых процессов затрудняет применение существующих аналитических методик расчета. Требуется использование современных численных методов расчета, что позволит усовершенствовать конструкцию ЭЭН, исключить превышение допустимых значений плотности тока и уменьшить нежелательные электрохимические процессы на электродах.

Особенно актуально применение ЭЭН при обработке сельскохозяйственных термолабильных сред, у которых интенсивность нагрева ограничивается допустимой температурой и распределением плотности тока в среде межэлектродного пространства. Кроме того, процессы термообработки термолабильных сред, как правило, быстры. Чтобы обеспечить нагрев обрабатываемой среды в соответствии с требованиями технологического процесса, современные ЭНУ оснащаются сложными терморегуляторами, которые обеспечивают реализацию необходимого закона регулирования. Для упрощения системы автоматического регулирования целесообразно использовать электродных электронагревателей-датчиков (ЭЭН-Д). Их применение исключает влияние теплоемкости промежуточного теплоносителя и датчика температуры, кроме того, позволяет получить информационный сигнал, характеризующий средненеинтегральную температуру в межэлектродном пространстве ЭЭН-Д [3, 4].

В заключение необходимо отметить, что ЭЭН-Д обеспечивает заданное распределение плотности тока в обрабатываемой среде межэлектродного пространства, позволяет контролировать термообработку и исключить аварийные режимы.

Список используемой литературы

1. Электротехнология / В.А. Карасенко, Е.М. Заяц, А.Н. Баран, В.С. Корко – Минск : Колос, 1992.

2. Прищепов, М.А. Основы термозависимого резистивного электронагрева в технологических процессах сельско-хозяйственного производства / М. А. Прищепов. – Минск : БАТУ, 1999. – 295 с.
3. Прищепов, М.А. Усовершенствованные электродные электронагреватели текущих термолабильных сред с секционированными и зонированными электродными системами / М.А. Прищепов, И.Г. Рутковский. – Минск : БГАТУ, 2025. – 224 с.
4. Прищепов, М.А. Повышение качества обработки термолабильных сред в электродных электронагревательных установках / М.А. Прищепов, И.Г. Рутковский // Перспективы и направления развития энергетики АПК : матер. Междунар. науч.-техн. конф. / БГАТУ. – Минск, 2006. – С. 69–71.

УДК 537.868.3

**Крылова Н.Г., к.ф.-м.н., доцент, Крутов А.В., к.т.н., доцент,
Ковалев В.А., к.т.н., доцент, Дворник Г.М., к.п.н., доцент
Белорусский государственный аграрный технический университет,
г. Минск**

**КОНСТРУКТИВНЫЕ И МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ
К ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИМ СЕНСОРАМ
ДЛЯ МОНИТОРИНГА УДЕЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ
МОЛОКА**

Объемы производства молока в Республике Беларусь составляют свыше 9 млн. тонн в год, что предъявляет высокие требования к контролю его качества. Качество молокопродукции напрямую зависит от здоровья животных. Наиболее негативное влияние оказывают различные болезни коров, которые приводят к снижению молочной продуктивности, изменению состава и свойств молока, что в конечном итоге снижает его конкурентоспособность. При заболевании маститом в молоке увеличивается количество соматических клеток, pH, концентрация белков, в том числе альбумина. Одновременно снижается содержание жира, лактозы и казеина. Важным диагностическим признаком является увеличение удельной электропроводности в маститном молоке до 1,3 См/м при норме 0,46 См/м, что обусловлено изменением ионного состава, в первую очередь, увеличением концентрации ионов хлора и натрия [1]. Такое молоко непригодно для переработки и употребления.