

- поддержку эффективного энергообеспечения и инновационного развития (реинжиниринга) производственного, социально-культурного и жилищно-коммунального секторов агрогородков;

- создание научно обоснованной нормативной базы энергопотребления и энергоресурсосбережения агрогородков и др.

ЛИТЕРАТУРА

1. Экономика организаций и отраслей агропромышленного комплекса. Под общей ред. докт. экон. наук академика В. Г. Гусакова. – Минск: Белорусская наука, 2007. – 891 с.
2. Герасимович Л. С. Системный анализ агроэнергетики: авторский курс лекций / Л. С. Герасимович. – Минск: Технопринт, 2004. – 127 с.
3. Герасимович Л. С. Особенности энергообеспечения агрогородков/ Л. С. Герасимович и др. Перспективы и направления развития энергетики АПК: материалы научно-практической конференции 22 – 23 ноября 2007 г. – Минск: БГАТУ, 2007. – с. 46 – 49.
4. Герасимович Л. С. Комплексное энергообеспечение агрогородков Могилевской области / Л.С.Герасимович и др. Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі, 2009, №1, - с.99 – 105.
5. Якушев А.П. Прогнозирование и энергетическое планирование: учебное пособие/ А.П.Якушев. – Минск, БГТУ, 2008. – 136 с.
6. Маклаков С.В. ВРwin Erwin CASE-средства разработки информационных систем: книга / С.В.Маклаков. – М: Диалог-МИФИ, 2001. –304с.
7. <http://gnatukvi.ru/ind.html>.
8. Свидетельство РФ об официальной регистрации программы для ЭВМ №200761334 Загр.25.07.2007, Программное обеспечение «Автоматизированный расчет энергосберегающих проектов» (АРЭП), авторы П.А. Косточенко (RU), Л.С. Герасимович (BY), В.В. Кошелев, В.В.Ширишова (BY).

УДК: 621.311

СПОСОБЫ СНИЖЕНИЯ УРОВНЕЙ ВЫСШИХ ГАРМОНИК В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Збродыга В.М., Янукович Г.И., канд. техн. наук, профессор, Сердешнов А.П., канд. техн. наук, профессор

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

С развитием техники и технологий происходит активное внедрение в производство и быт населения электроприемников на базе нелинейных полупроводниковых элементов (устройства силовой электроники, компьютерная техника, частотно регулируемый электропривод, бытовые электроприборы). Такие электроприемники являются генераторами токов высших гармоник и снижают качество электроэнергии в питающей сети, что негативно влияет на работу всех элементов системы электроснабжения. Нелинейные электроприемники имеют большие перспективы роста количества и мощности. Например, в такой экономически развитой стране как США, согласно данным работы [1], с 1980 года по 2005 год удельный вес мощности нелинейных нагрузок возрос в десятки раз (рисунок 1). Для Республики Беларусь в ближайшем будущем также ожидаема подобная тенденция. Например, авторами установлено, что в сельхозпредприятиях Бобруйского района удельный вес мощности нелинейных электроприемников возрос с 2,2% в 1970 году до 5,2% в 2008 году (рисунок 2) и имеет дальнейшие перспективы роста, что позволяет прогнозировать дальнейшее увеличение уровней высших гармоник в системах электроснабжения предприятий. Следовательно, потребуются разработка мероприятий по улучшению качества напряжения.

Удельный вес
мощности, %

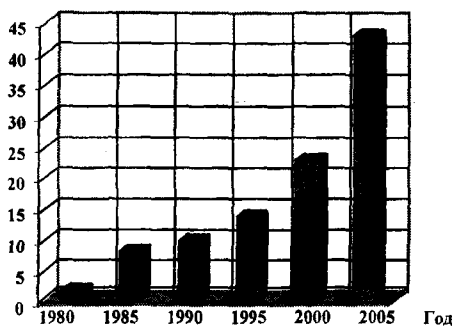


Рисунок 1 – Динамика роста удельного веса
нелинейных нагрузок в США

Снижение уровня высших гармоник обеспечивается путем применения специальных корректирующих устройств: 1) линейных дросселей; 2) пассивных фильтров высших гармоник; 3) разделительных трансформаторов; 4) специальных магнитных синтезаторов; 5) активных фильтров высших гармоник.

Простейшим способом снижения уровня генерируемых нелинейными нагрузками высших гармоник тока в сеть является последовательное включение линейных дросселей, которые имеют

малое значение индуктивного сопротивления на основной частоте и значительные величины сопротивлений для высших гармоник, что приводит к их ослаблению.

Применение последовательно включенных линейных дросселей в ряде случаев не обеспечивает желаемого эффекта. Тогда целесообразно применение пассивных резонансных LC-фильтров, настроенных на определенную гармонику. Такие фильтры нашли широкое применение в системах с источниками бесперебойного питания (UPS). Различают следующие разновидности пассивных фильтров: 1) нескомпенсированный LC-фильтр; 2) скомпенсированный LC-фильтр; 3) нескомпенсированный LC-фильтр с коммутатором. К недостаткам силовых резонансных фильтров относится сложность выбора номинальных параметров фильтровой конденсаторной батареи и реактора, которые должны обеспечивать нормы допустимой нагрузки этих элементов в условиях, когда через них протекают не только токи основной частоты, но и токи высших гармоник. Снижение уровней гармоник при помощи резонансных фильтров требует больших затрат, так как для обеспечения эффективности этого мероприятия необходима установка фильтров высших гармоник начиная с самой меньшей канонической гармоники. Неправильное включение фильтров высших гармоник приводит к резонансным явлениям, что влечёт за собой аварии в системах электроснабжения. Выход из строя фильтра низшего порядка приводит к аварии на резонансных фильтрах более высокого порядка.

В мировой практике для повышения качества напряжения используют специальные устройства, синтезирующие свое выходное напряжение (магнитные синтезаторы). Магнитный синтезатор подключается последовательно с нелинейной нагрузкой и обеспечивает защиту от провалов и выбросов напряжения, импульсных и высокочастотных помех, наличия высших гармоник, вызывающих искажения синусоидальности формы напряжения, но это устройство достаточно сложное и дорогостоящее.

Современный уровень развития силовых полупроводниковых систем

Удельный вес
мощности, %

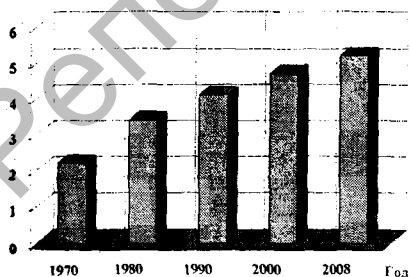


Рисунок 2 – Динамика роста удельного веса
нелинейных нагрузок в сельскохозяйственных
Бобруйского района

позволяет для снижения уровня высших гармоник использовать активные фильтры, построенные на модулях IGBT (биполярный транзистор с изолированным затвором). Это многофункциональные устройства, которые также позволяют компенсировать реактивную мощность электросетей, восстанавливать симметрию напряжений и токов трехфазной системы. Активные фильтры гармоник подключаются параллельно нагрузке. Принцип их действия основан на анализе гармоник тока нелинейной нагрузки и генерировании в распределительную сеть таких же гармоник тока, но с противоположной фазой. При этом высшие гармонические составляющие тока нейтрализуются в точке подключения фильтра, не распространяются в сеть и не искажают напряжения первичного источника энергии, который обеспечивает только основную гармонику тока нагрузки. В отличие от резонансных фильтров, активные фильтры подавляют все неосновные составляющие токов сетей в определенном диапазоне частот, в том числе неканонические и низкочастотные составляющие. Силовые активные фильтры для систем с мощными нелинейными электроприемниками могут быть выполнены многотактными, многоуровневыми, каскадными. Недостатком всех типов активных фильтров является то, что на частотах широтно-импульсной модуляции и выше активный фильтр является генератором гармонических составляющих и для их подавления требуется использование RC-цепи.

В экономически развитых государствах мира в распределительных сетях с нелинейными нагрузками относительно небольшой мощности для уменьшения высших гармоник применяются так называемые активные кондиционеры гармоник (АКГ), представляющие собой разновидность активных фильтров. АКГ может быть установлен в любой точке распределительной сети и компенсирует высшие гармоники от одной или нескольких нелинейных нагрузок. При этом различают локальный (индивидуальный), глобальный (общий), многоуровневый (распределенный), каскадный (последовательное включение) и мультикомпенсационный способы снижения гармоник. Недостатком АКГ является то, что он компенсирует гармоники не выше 25-й.

В системах электроснабжения с нелинейными нагрузками для снижения несинусоидальности напряжения можно применять разделительные трансформаторы со схемой соединения обмоток «треугольник-звезда», «звезда-зигзаг», «звезда-звезда с симметрирующим устройством», которые снижают уровень гармоник, кратных трем. При этом возрастают потери в трансформаторах, что требует увеличения их мощности или применения специальных трансформаторов, которые имеют дополнительную теплоемкость, позволяющую выдерживать нагрев высшими гармониками тока [2]. Кроме того, специальная конструкция такого трансформатора позволяет свести к минимуму потери на вихревые токи и потери из-за паразитной емкости.

В качестве разделительного трансформатора в сельских электроустановках (в составе трехфазных полупроводниковых преобразователей и регуляторов) авторы считают целесообразным применение трансформатора со специальной схемой соединения обмоток У/Д с зигзагом, который компенсирует магнитные потоки высших гармоник в своем магнитопроводе [3]. При этом компенсация будет практически полной, так предлагаемая схема сочетает в себе компенсирующие свойства схем соединения обмоток «зигзаг» и «треугольник», и исключает проникновение высших гармоник в питающую сеть.

В частности, может применяться схема трехфазного выпрямителя [4] с использованием вышеуказанного трансформатора в зарядных устройствах, сварочных агрегатах, установках обеззараживания сельскохозяйственных сред, частотных регуляторах электропривода. Причем, частотное регулирование электроприводов переменного тока позволяет уменьшить расход электроэнергии, повысить КПД и производительность, а также снизить массогабаритные размеры приводного двигателя.

В тех случаях, когда необходимо плавное регулирование напряжения на нагрузке, точное управление режимом нагрузки, высокое быстродействие, применяются тиристорные источники питания. Они могут быть использованы в животноводстве и растениеводстве для питания и управления электрическими и тепловыми режимами электротермических

установок: установок обеспечения микроклимата в помещениях, электрических водонагревателей и котлов, установок для сушки зерна и сена, электропечей сопротивления ремонтного производства. В составе трехфазного тиристорного регулятора также целесообразно применение разделительного трансформатора со схемой соединения обмоток У/Д с зигзагом для снижения уровня высших гармоник в питающей сети.

ЛИТЕРАТУРА

1. Влияние нелинейных электропотребителей на условия эксплуатации электроустановок зданий// Colan [Электронный ресурс]. – 2005. – Режим доступа: <http://www.colan.ru/support/artview.php/htm>. – Дата доступа: 06.06.2008.
2. K-Factor Transformers and Nonlinear Loads/ Liebert Corporation. – Liebert Corporation, 1997. – 4 p.
3. 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 // Афишыны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 1998. - №3(18). - С. 216-217.
4. Трёхфазный преобразователь переменного напряжения в постоянное: патент 4506 Респ. Беларусь, МКП7 Н 02М 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 // Афишыны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2002. - №2(33). - С. 169.

УДК 621.311

ОПЕРАТИВНЫЕ РАСЧЁТЫ ТЕХНИЧЕСКИХ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В ОСНОВНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ ЭНЕРГОСИСТЕМ

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

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

Расчёты технических потерь электроэнергии в электрических сетях регулярно выполняются для контроля эффективности деятельности энергетических предприятий в области экономии топливно-энергетических ресурсов. Отчётными периодами в Объединённой энергетической системе (ОЭС) Беларуси являются месяц, квартал и год. Оперативные расчёты технических потерь электроэнергии выполняются при эксплуатации электрических сетей за более короткие периоды времени — от суток, декады до месяца. Оперативные расчёты технических потерь электроэнергии позволяют выявлять очаги потерь, неучтённых потребителей и факты хищения электроэнергии. Исходной информацией для оперативных расчётов технических потерь электроэнергии являются графики нагрузок потребителей и межсистемных перетоков мощности, а также топология схемы электрической сети с историей всех переключений за расчётный период времени.

К основным электрическим сетям энергосистем относятся сети 35 кВ и выше имеющие как разомкнутую, так и сложноразомкнутую топологию. Наиболее точным и оперативным источником режимных данных в основных электрических сетях является телемеханика. Каналы телеизмерений контролируют режимные параметры наиболее важных элементов схем основных электрических сетей: шин генераторного напряжения всех электростанций, передающих и приёмных концов линий 220 кВ и выше.

Линии 35-110 кВ оснащаются системой телеизмерений в ограниченном объёме. Как правило, это: линии 35-110 кВ, связывающие между собой электрические сети с разной балансовой принадлежностью; местные линии 110 кВ оборудованные системой телеизмерений со стороны присоединения к шинам среднего напряжения