

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СВЕТОДИОДНЫМ ОСВЕЩЕНИЕМ ЖИВОТНОВОДЧЕСКОГО ПОМЕЩЕНИЯ

Багаев К.И., Жилин А.С. – студенты, Грибанов А.А. – к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

В настоящее время энергосбережение является одним из приоритетных направлений политики государства в сфере энергетики. Среди основных технических решений проблемы энергосбережения, закреплённых в Федеральном законе Российской Федерации от 23 ноября 2009 г. N 261-ФЗ "Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации", необходимо выделить комплекс мероприятий в области светотехники, суть которого состоит в использовании современных экономичных энергосберегающих источников света. Так осветительная нагрузка составляет 35-40% от общего электропотребления животноводческих хозяйств. А с развитием светодиодных технологий стало возможным поменять устаревшие лампы накаливания на новые светодиодные светильники, что в значительной мере снизит электропотребление животноводческих предприятий. Однако простая замена одного типа ламп на другой без учёта специфики сельскохозяйственного производства окажет негативное воздействие на технологический процесс выращивания животных и выразится в снижении их продуктивности и ухудшении показателей роста молодняка. Для учёта особенностей функционирования светодиодных световых приборов и требований биологического характера необходимым является создание системы управления светодиодным освещением животноводческих помещений.

Животноводческие хозяйства предъявляют к освещению ряд специфических требований:

- так как животные содержатся в закрытых помещениях, то освещение должно повторять естественные циклы природы, такие как рассвет и закат, раз в сутки светильники должны постепенно в течение 15 минут гаснуть, потом через определённое время так же постепенно разгораться;

- животные в разные циклы роста должны получать различную освещённость, также световой день должен изменяться;

- многие корпуса работают автономно и технический персонал зачастую отсутствует в корпусе и может не заметить отсутствия освещения, а это может повлечь за собой проблемы у животных, для предотвращения таких ситуаций должна присутствовать сигнализация.

Основываясь на данных требованиях спроектирована система управления светодиодным освещением на основе программируемого микроконтроллера. Уровень освещённости в помещении предложено изменять за счёт варьирования значения напряжения в цепи питаемых светильников.

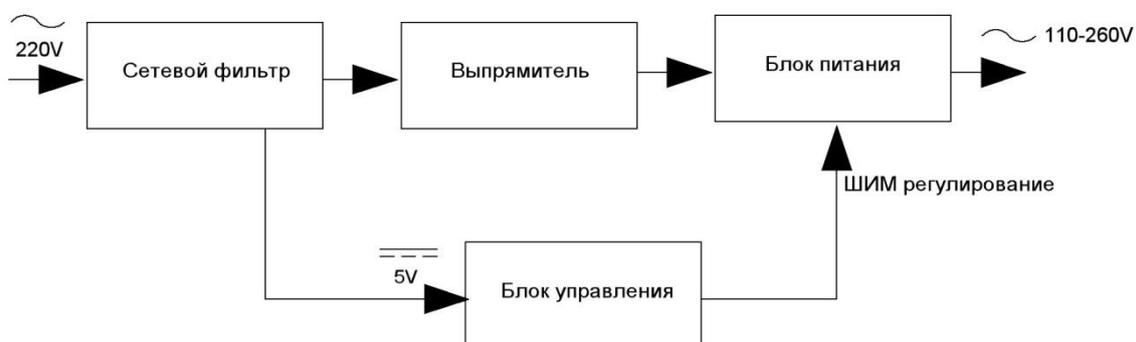


Рисунок 1 – Блок-схема блока управления светодиодным освещением

Приведённая на рисунке 1 блок-схема содержит в себе основные составляющие системы управления. Сетевой фильтр установлен для предохранения деталей блока управления от перегрузок по току, высокочастотных и импульсных помех, аномального напряжения (повышенного или пониженного относительно нормы). Далее установлен выпрямитель, от которого

го будет питаться непосредственно блок питания. Так как используемые светодиодные матрицы рассчитаны на непосредственное подключение к сети промышленной частоты, было решено использовать регулирование напряжения в цепи светильников, для изменения уровня освещенности в помещениях. Ток напряжением промышленной частоты в диапазоне 110-260 В будет получен из выпрямленного тока. Регулировать уровень напряжения будет блок управления, основой которого является микропроцессор.

На рисунке 2 представлена принципиальная электрическая схема системы управления светодиодным освещением.

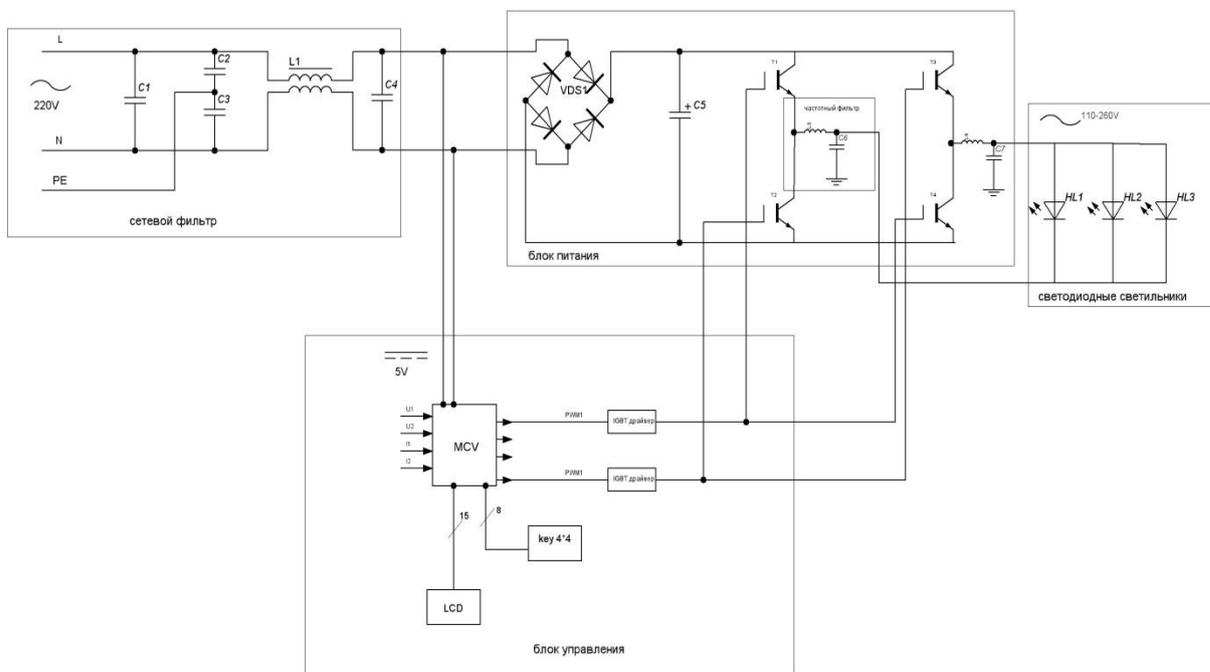


Рисунок 2 – Принципиальная электрическая схема системы управления светодиодным освещением

Блок питания разработан на основе IGBT модулей, состоящих из биполярных транзисторов с затворами. Данная технология значительно снизит цену, по сравнению с трансформаторной схемой, повысит надёжность блока питания. Использование данных модулей позволяет собирать блоки питания мощностью до 10 кВт, при максимальной потребляемой мощности светодиода 7 Вт. Изменение уровня напряжения будет осуществляться за счёт регулирования паузы между открытием и закрытием затворов биполярных транзисторов. Для снижения эффекта мерцания светодиодов, на выходе из блока питания частота напряжения будет достигать 50 кГц, частоту будет задавать микроконтроллер. В случае возникновения неисправности блока питания, будет предусмотрен переход на питание непосредственно от сети, а так же световой сигнализации для рабочего персонала. В случае длительного удаления рабочего персонала от животноводческих корпусов, имеется возможность подключения к блоку управления GSM модемов, которые будут оповещать о возникших неисправностях по средствам мобильной связи.

Система управления будет оборудована информационным ЖК дисплеем, а так же клавиатурой. Программное обеспечение даст возможность рабочему персоналу программировать различные циклы освещения, количество часов света в сутки, ручное регулирование освещенности. Смена дня и ночи в помещениях будет осуществляться постепенно (система «рассвет-закат»). Программирование циклов освещённости будет осуществляться с клавиатуры блока управления рабочим персоналом. Эта возможность сделает создаваемую систему управления универсальной для различных животноводческих производств.

На данный момент подобных систем управления с аналогичным принципом управления на рынке ещё нет. Это связано, прежде всего, с использованием в системе освещения новых

светодиодных матриц, которые уже рассчитаны на подключение к промышленной сети. До этого же большинство светодиодных светильников нуждались в питании постоянным током слабого напряжения. Так же стоит отметить, что производство ламп накаливания мощностью 100 Вт и выше прекращено, а значит спрос на данные светодиодные светильники, а вместе с ним и на системы управления будет расти среди предприятий, где выращивание животных ведётся за счёт искусственного освещения.

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ДИАГНОСТИКИ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ МЕТОДОМ ВОЛНОВЫХ ЗАТУХАЮЩИХ КОЛЕБАНИЙ

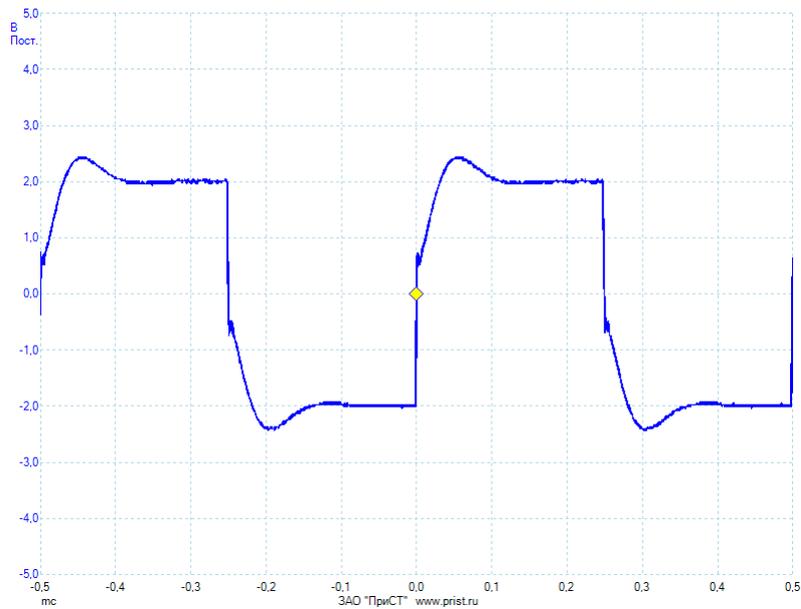
Ложенко А.Н., Рассомахин М.П. – студенты, Грибанов А.А. – к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Трансформаторы являются ключевым звеном в системе электроснабжения, поэтому их техническое состояние и исправность требуют к себе повышенного внимания. Основными причинами поломки трансформаторов, в большинстве случаев, являются дефекты, допущенные либо при изготовлении трансформатора, либо при его неправильной эксплуатации. Для диагностики подобных дефектов используют множество различных методов, среди которых можно выделить методы функциональной и тестовой диагностики. Методы функциональной диагностики являются предпочтительными, поскольку не требуют вывода трансформатора из работы. Однако их использование позволяет выявлять дефекты только на стадии развития. Для решения задачи выявления зарождающихся дефектов и их локализации лучше подходят методы тестовой диагностики, одним из которых является метод волновых затухающих колебаний.

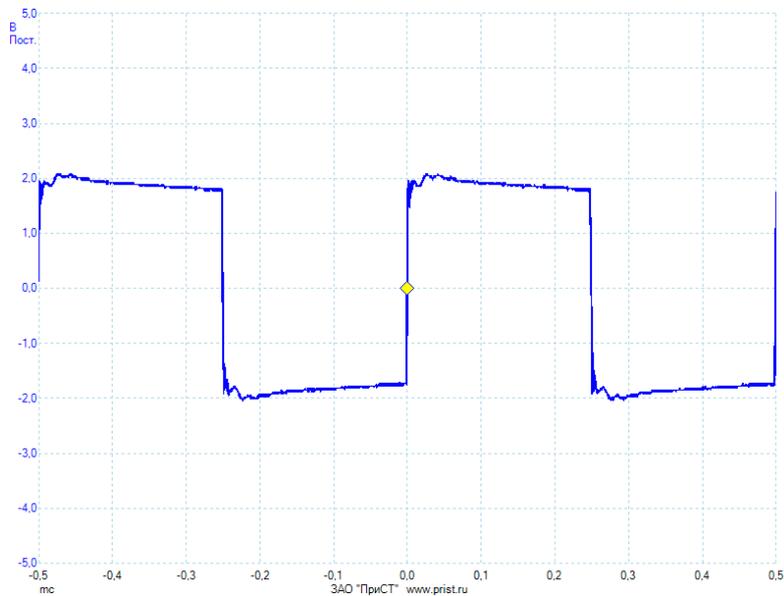
С помощью метода волновых затухающих колебаний можно диагностировать такие дефекты как: деформация обмоток, дефекты межвитковой изоляции, дефекты магнитопровода, и другие дефекты внутренних частей трансформатора. Общая диагностическая схема метода такова, что его использование отличается повышенной безопасностью, так как используются импульсы сверхнизкого напряжения. Тестовый прямоугольный импульс подаётся на один из выводов обмотки трансформатора. На любом другом выводе трансформатора фиксируется диагностический сигнал. Для анализа технического состояния обмотки может использоваться как осциллограмма сигнала, так и его спектральный состав, который может быть получен при использовании современных цифровых осциллографов. Благодаря использованию такого оборудования обеспечивается высокая точность обработки информации о техническом состоянии трансформатора.

Разрабатываемая методика диагностики силового трансформатора основывается на анализе спектрального состава диагностического сигнала. Основным вопросом, решаемым при проведении экспериментов, является установление взаимосвязи между сочетанием пары выводов, в которую входят вывод, принимающий тестирующий сигнал, и вывод, передающий на обработку диагностический сигнал, спектральным составом диагностического сигнала, видом и параметрами дефектов трансформатора.

На первом этапе экспериментов выявлены закономерности формы сигнала при различных сочетаниях выводов. При этом установлено, что при использовании для прохождения сигналов выводов обмоток фаз одного напряжения установившееся значение диагностического сигнала по окончании переходного процесса равно значению амплитуды тестирующего импульса, а при использовании для прохождения сигналов фазных выводов обмоток разных напряжений наблюдается уменьшение установившегося значения диагностического сигнала вдвое по сравнению с амплитудой тестирующего импульса (рисунок 1).



а)



б)

Рисунок 1 – Кривые переходного процесса в обмотках при диагностике обмоток одного (а) и разных (б) напряжений

Следующим этапом стало физическое моделирование дефектов межвитковой и корпусной изоляции трансформатора. Для этого между витками обмотки трансформатора, а затем и между витком и магнитопроводом искусственно создавалось замыкание. Сопротивление между витками изменялось с помощью реостата. Это позволило получить характерные спектрограммы для каждого вида дефектов.

Обработка и анализ полученных спектрограмм позволит получить значения диагностических частот и диапазоны их изменения для характерных дефектов трансформатора, на основе которых будет сформирована методика диагностики трансформаторов.

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ДИАГНОСТИКИ ПОДВИЖНЫХ ЧАСТЕЙ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ ЛИФТОВ НА ОСНОВЕ МЕТОДА ВОЛНОВЫХ ЗАТУХАЮЩИХ КОЛЕБАНИЙ

Святкин Р.В., Павлов С.А. – студенты, Грибанов А.А. – к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Современные лифты являются техническими объектами, к которым предъявляются особые требования с точки зрения безопасности и надёжности работы. В настоящее время в Барнауле имеется значительное число лифтов, находящихся в эксплуатации более 20 лет. Процесс обновления материальной базы, реконструкции и полной замены лифтов только начинается и стоит актуальная задача поддержания высокого уровня их надёжности.

Асинхронные электродвигатели являются основой системы электропривода пассажирских и грузовых лифтов. Поэтому их техническому состоянию должно уделяться особое внимание. Анализ статистики отказов и повреждений показывает, что по сравнению с другими отраслями наиболее частой их причиной является выход из строя подшипников и повреждение обмотки ротора, из-за которых лифт утрачивает способность совершать работу – поднимать и опускать грузы или людей. Поэтому своевременное выявление сформировавшихся и развивающихся дефектов в подшипниках и обмотке ротора является актуальным.

В настоящее время существуют методы, позволяющие диагностировать обрыв обмотки ротора, но для этого требуется выемка ротора из двигателя и использование специальных намагничивающей и индикаторной катушек. Визуальный осмотр для установления повреждения подшипников также требует разборки двигателя. В электромашинном помещении выполнять разборку электродвигателя не представляется возможным. Поэтому для проведения диагностических операций необходима замена электродвигателя на исправный и транспортирование снятого двигателя в мастерскую. Однако определение необходимости транспортирования электродвигателя по действующим техническим регламентам устанавливается после сравнительно длительного комплексного обследования всей системы электропривода лифта.

Для сокращения времени диагностики и комплексной оценки технического состояния электродвигателя предлагается использовать метод волновых затухающих колебаний (ВЗК), который в настоящее время используется для диагностики обмоток статора. Для повышения достоверности диагностики и установления вида дефектов предложено использовать спектральный анализ диагностического сигнала. Поскольку теоретически волновой затухающий колебательный процесс описан математическими моделями, то было сделано предположение, что параметры процесса могут зависеть не только от конструктивных параметров и параметров состояния изоляции, но и от параметров магнитных цепей электродвигателя. Основой для этого послужило то, что в случае выемки ротора из двигателя форма кривой переходного процесса существенно меняется.

Для создания методики диагностики подвижных частей электродвигателя проведён комплекс исследований, включавший в себя три основных эксперимента:

- исследование параметров ВЗК-процесса исправного двигателя при вращении и фиксации ротора в выбранных положениях;
- исследование параметров ВЗК-процесса при наличии эксцентриситета ротора;
- исследование параметров ВЗК-процесса при обрыве обмотки ротора.

В предлагаемой методике диагностики предусматривается выделение областей спектрального состава, в которых амплитудные значения отдельных частот при наличии данного дефекта существенно отличаются от значений при отсутствии дефектов, как это показано на рисунке 1. В результате исследований должен быть сформирован перечень диагностических частот, для которых будет определяться значение амплитуды в сравнении со значением для исправного двигателя.

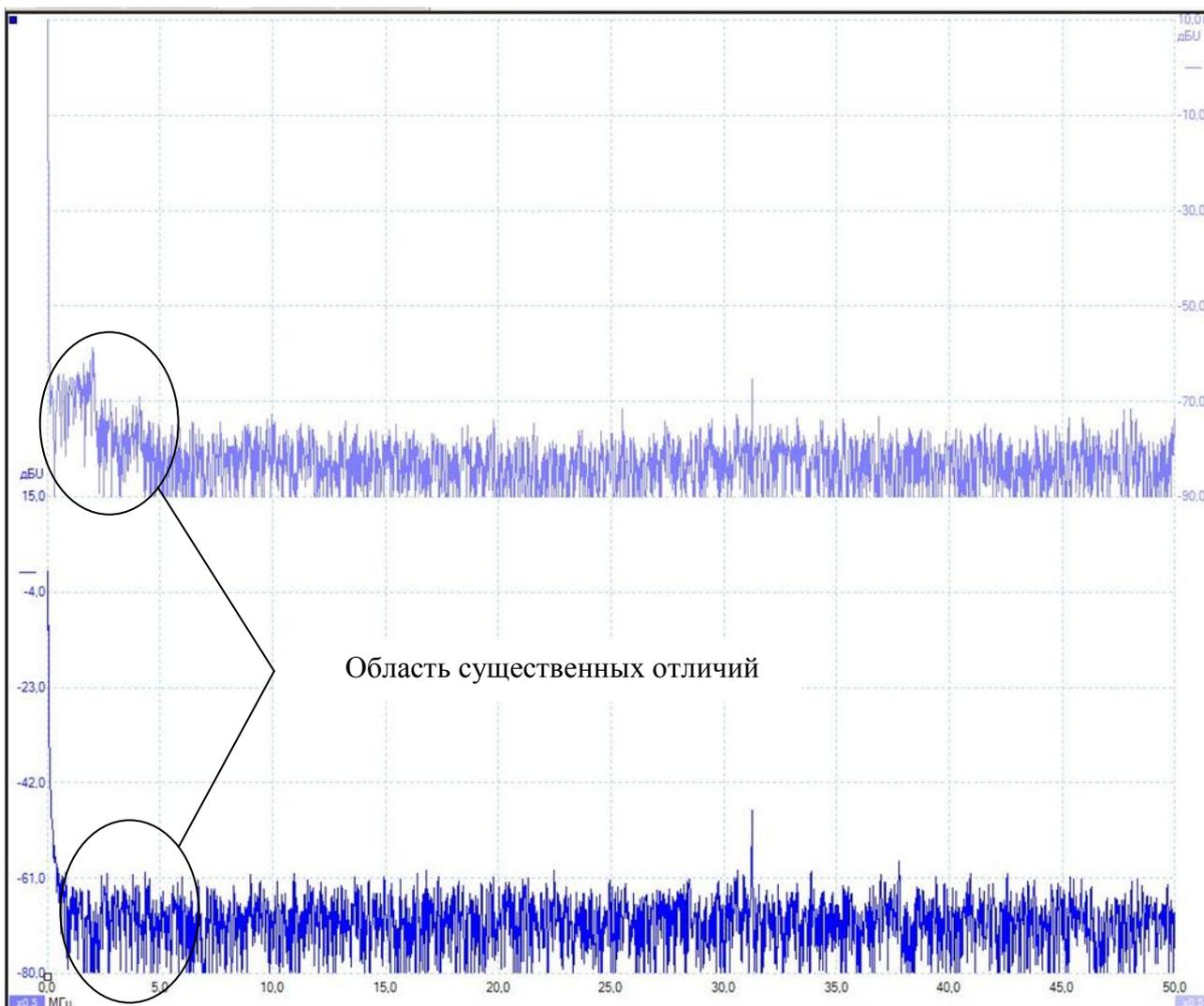


Рисунок 1 – Спектральный состав ВЗК-процесса при наличии эксцентриситета ротора (сверху) и при отсутствии эксцентриситета (снизу)

Внедрение методики диагностики подвижных частей на объектах лифтового хозяйства позволит использовать её в составе регламентированного комплекса работ по техническому обслуживанию электрооборудования и своевременно выявлять наличие развивающихся дефектов в электродвигателях, а также принимать меры по обеспечению надёжной и бесперебойной работы лифтов.

РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА АВТОМАТИЧЕСКОЙ СТАБИЛИЗАЦИИ НАПРЯЖЕНИЯ В СИСТЕМАХ ПИТАНИЯ ОТВЕТСТВЕННЫХ ЭЛЕКТРОПРИЕМНИКОВ ОАО «ХК «БАРНАУЛТРАНСМАШ»

Олюнин А.И., Черепанов И.А.- студенты, Попов А.Н.- к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Существенный рост в последние годы доли нелинейных, а также несимметричных и резкопеременных (ударных) нагрузок промышленных предприятий привел к существенному увеличению уровня электромагнитных помех в системах электроснабжения. Эти помехи, в зависимости от характера, интенсивности и продолжительности, неблагоприятно влияют на силовые электроустановки, системы автоматики, релейной защиты, телекоммуникации, а

также на высокоточное технологическое электрооборудование. В ряде случаев это приводит к снижению надежности электроснабжения, увеличению потерь электроэнергии, ухудшению качества и уменьшению количества выпускаемой продукции. Эти обстоятельства обуславливают практическую значимость повышения качества электроэнергии.

В рамках данной работы был взят в рассмотрение отдельный механический цех ОАО «ХК «Барнаултрансмаш», в котором производится выбранная в качестве примера деталь – корпус пускового клапана. В цеху находятся 60 токарных автоматов 1А240-6, три из которых участвуют в технологическом процессе производства корпуса пускового клапана, так же двадцать токарных полуавтоматов 1Б265П-6К, три из которых также участвуют в процессе производства рассматриваемой детали. Мощность электродвигателя привода главного движения для полуавтомата 1А240-6 составляет 13 кВт, полуавтомата 1Б265П-6К – 30 кВт. Анализ статистических данных показал, что при наличии отклонений напряжения на зажимах асинхронного двигателя изменяется частота вращения ротора, а также значения активных потерь и потребляемой реактивной мощности, это приводит к изменению экономических показателей, характеризующих работу электродвигателя. При положительных (отрицательных) отклонениях напряжения усиливается (ослабляется) электромагнитная связь между полями статора и ротора, что приводит к уменьшению (увеличению) скольжения и увеличению (уменьшению) частоты вращения ротора. Изменение частоты сопровождается изменением производительности.

Статистика свидетельствует о том, что брак данной детали в результате нестабильности напряжения происходит в среднем 80 раз в год на каждом из станков, участвующих в технологическом процессе её производства. Следует также принять во внимание что брак детали зачастую связан и с поломкой инструмента (резец, сверло, зенкер, развертка), поломкой приспособления (зажим детали, центровка) и выход из строя самого станка. Их стоимость соответственно увеличивает общие экономические потери предприятия. Инструмент и приспособления в силу своей доступности легко могут быть заменены, без особых временных затрат. Всё упирается лишь в их наличие на складе предприятия. Сложнее справиться с выходом из строя станка. Скачки напряжения особенно губительно влияют на работу станков с числовым программным обеспечением. Может быть сбита программа автомата, либо может потребоваться замена электроники. На большинстве предприятий установлено старое оборудование и его ремонт, либо замена могут стать проблемой.

Решать описанную проблему можно различными методами:

- подключением стабилизаторов;
- подключением источников бесперебойного питания;
- установкой инвертора;
- установкой устройства буферного накопителя;
- разделением нагрузок.

Как показывает практика, применение стабилизаторов становится совершенно необходимым в сетях с постоянно пониженным напряжением или для питания особо ответственных потребителей, где использование других средств поддержания качества электрической энергии не обеспечивает достаточной точности и качества выходного напряжения. Кроме того, стабилизаторы напряжения, в той или иной степени, стали ключевыми элементами других более сложных устройств, таких как бустерные источники бесперебойного питания или сетевые кондиционеры. Наиболее распространенными являются феррорезонансные стабилизаторы (например, как представленный на рисунке 1).

В связи с тем, что все выпускаемые на сегодняшний день устройства стабилизации напряжения обладают рядом существенных недостатков, в частности их стоимость (от 20000 руб. до 4000000 руб.) возникла необходимость в разработке нового варианта стабилизатора, который в свою очередь, сохраняя все технические характеристики, будет иметь меньшую цену, обеспечивая тем самым экономическую выгоду для предприятия.



Рисунок 1 – Феррорезонансный стабилизатор

Таким образом, внедрение разрабатываемого устройства на промышленных предприятиях с высокоточным производством и в частности ОАО «ХК «Барнаултрансмаш» позволит сократить экономические издержки при производстве, уменьшив размер брака выпускаемой продукции, обновить устаревшие устройства стабилизации на предприятии, повысить качество электроэнергии.

РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА УМЕНЬШЕНИЯ СТЕПЕНИ НЕСИНУСОИДАЛЬНОСТИ НАПРЯЖЕНИЯ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ ПРЕДПРИЯТИЙ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Фукс А.А., Рыбин А.В. – студенты, Попов А.Н. - к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

На современных промышленных предприятиях значительное распространение получили нагрузки, вольтамперные характеристики которых нелинейны. К их числу относятся тиристорные преобразователи, установки дуговой и контактной сварки, электродуговые сталеплавильные и рудотермические печи, газоразрядные лампы и др. Эти нагрузки потребляют из сети ток, кривая которого оказывается несинусоидальной, в результате возникают нелинейные искажения кривой напряжения сети, или несинусоидальные режимы.

В ходе проведения анализа выхода из строя оборудования, было выявлено что больше всего установленное оборудование подвержено влиянию несинусоидальности.

Поэтому, актуальностью работы является – защита чувствительного оборудования, таких как программируемые промышленные контроллеры многокомпонентного дозирования пищевых добавок, от несинусоидальности напряжения.

Проведенный в рамках данной работы анализ показал, что для защиты чувствительного оборудования будет целесообразно использовать фильтрокомпенсирующие устройства, т.к. их можно устанавливать непосредственно на защищаемый объект или группу объектов.

Фильтрокомпенсирующие устройства (ФКУ) предназначены для снижения гармонических искажений напряжения и компенсации реактивной мощности нагрузок потребителей в сетях электроснабжения промышленных предприятий и в электрических сетях.

На рисунке 1 представлена фильтрокомпенсирующая установка.

Фильтры высших гармоник состоят из конденсаторов, включенных последовательно с индуктивностью. Индуктивность выбирается такой величины, чтобы фильтр представлял собой низкоимпедансный последовательный резонансный контур на частоте гармоники. Таким образом, обеспечивается прохождение основной части гармонической составляющей тока через фильтр. Конденсаторы создают реактивную мощность на основной частоте.



Рисунок 1 – Фильтркомпенсирующая установка

Силовые фильтры высших гармоник имеет важное значение для оптимизации издержек предприятий промышленности, а также повышения стабильности их работы и снижения рисков. Использование силовых фильтров даёт возможность добиться более высоких промышленных показателей, а также использовать дополнительную нагрузку на сеть, что может оказаться достаточно важным при расширении. Силовые фильтры для предприятий в большинстве ситуаций имеют срок окупаемости менее года, что делает их использование экономически обоснованным и необходимым.

ПРИМЕНЕНИЕ ВАКУУМНЫХ СОЛНЕЧНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ ДЛЯ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ ЖИЛЫХ ДОМОВ И ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ

Волков В.С. - студент, Белицын И.В. - к.п.н., доцент
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Солнечный коллектор — устройство для сбора тепловой энергии Солнца, переносимой видимым светом и ближним инфракрасным излучением. В отличие от солнечных батарей, производящих непосредственно электричество, солнечный коллектор производит нагрев материала-теплоносителя.

Одним из самых популярных и самых универсальных видов альтернативной энергетики в мире являются солнечные коллекторы, с помощью которых потребитель получает тепло и горячую воду практически по нулевому тарифу.

А при сегодняшнем динамичном росте тарифов на энергоносители решение вопроса горячего водоснабжения и теплоснабжения практически любых объектов по назначению, принадлежности и объему за счет солнца более, чем актуально.

Как отмечает губернатор Алтайского края Александр Карлин: «Существуют две группы факторов, которые обуславливают особую актуальность темы энергосбережения и рационального использования энергоресурсов для экономики и социальной сферы края. Во-первых, мы энергодефицитный регион - почти половину электроэнергии сегодня мы получаем извне. Во-вторых, тарифы на электроэнергию у нас одни из самых высоких в Сибирском федеральном округе. Это создает трудности для развития экономики и дополнительным бременем ложится на краевой бюджет. Поэтому мы в числе регионов-пионеров занимаемся вопросами энергоэффективности. Огромный интерес для нас представляют возобновляемые и инновационные источники энергии».

Солнечная энергия - самый крупный энергетический источник на Земле. Количество тепла, поступающего на 1 кв. м поверхности Земли в год, оценивается в $3,16 \times 10^9$ КДж. Общее количество солнечной энергии в 20 тыс. раз превышает современное потребление энергии

мировым хозяйством.

Производство установок для использования альтернативной энергии солнца за последние 4 года увеличилось в мире в несколько раз. Предполагают, что к 2020 г. за счет солнечной энергии мировые потребности в электроэнергии будут удовлетворяться на 15-20%.

На сегодняшний день вводится в эксплуатацию более 3 млн. гелиосистем в год, и эта статистика получена не только за счет стран с теплым климатом. Свою эффективность солнечные коллекторы доказали даже в климатических условиях Аляски. Система солнечных коллекторов подходит для всех типов климата. В связи с использованием контроллеров система автоматически поддерживает самые оптимальные параметры циркуляции, имеет режим антизамерзания, обеспечивает комфортную заданную температуру. При отсутствии достаточной солнечной активности контроллер может включать дополнительный электронагреватель, установленный в теплоаккумуляторе.

Производительность системы зависит от параметров солнечного излучения в конкретном регионе. Интенсивность солнечной радиации нашего региона, где около 300 солнечных дней в году, позволяет достигнуть высоких показателей продуктивности солнечных коллекторов.

Технико-экономические расчеты по действующим солнечным системам показывают, что при существующих ценах на органическое топливо, увеличивающихся последние годы, срок окупаемости гелиоустановок с учетом эксплуатационных затрат составляет от 2 до 5 лет, в то время как срок их службы 25-30 лет. Таким образом, использование системы после срока её окупаемости дает возможность получать всю вырабатываемую солнечной установкой энергию бесплатно!

При этом гелиоустановки являются экологически чистым источником энергии, к которому можно, в отличие от традиционных котельных, применить термин «срок окупаемости затрат».

Область применения солнечных коллекторов:

- производственные комплексы любого направления и масштаба;
- сельскохозяйственные предприятия;
- учреждения здравоохранения: больницы, поликлиники, санатории, профилактории, центры здоровья и др.;
- спортивно-оздоровительные комплексы: бассейны открытые и закрытые, стадионы, туристические базы, зоны отдыха;
- детские учреждения: детские сады, школы, центры детского творчества, летние лагеря и др.;
- гостинично-туристические комплексы;
- торгово-развлекательные комплексы, небольшие автономные магазины;
- рестораны, кафе, столовые и другие пункты общественного питания;
- мобильные социально ориентированные пункты;
- частные дома, коттеджи, дачи;
- офисы;
- объекты железнодорожного транспорта, портов, МЧС и пр.;
- автомойки, автозаправочные станции, теплицы и еще многие разнообразные объекты.

Солнечные водонагреватели позволяют решить целый ряд вопросов:

- автономное горячее водоснабжение (круглогодичное или сезонное);
- поддержка полного или дежурного отопления для помещений любой площади;
- оптимизация существующих систем горячего водоснабжения и отопления;
- подогрев воды в закрытых или открытых бассейнах;
- обогрев теплиц;
- использование горячей воды в технологических целях.

Солнечные коллекторы с вакуумными трубками являются самыми эффективными и самыми надежными среди других типов солнечных коллекторов. Эти коллекторы лучше всего удовлетворяют умеренным температурным требованиям, для температуры нагрева 500 - 950 °С. Сол-

нечные коллекторы с вакуумными трубками имеют внутренний медный стержень, который находится в запечатанной вакуумной трубке «термосе», таким образом, тепловые потери очень низки даже в холодных климатических условиях России.

Благодаря отличной теплоизоляции вакуумные солнечные коллекторы работают очень эффективно при любых температурах окружающей среды. Преимущество вакуумных коллекторов перед плоскими наиболее очевидно при большей разнице температур теплоносителя в коллекторе и окружающей среды.

Солнечные тепловые установки на основе вакуумных коллекторов могут применяться как для целей горячего водоснабжения, так и для отопления дома. При этом в летнее время можно полностью получать горячую воду от солнечного нагревателя. В остальное время года за счет энергии солнца можно получать до 60% горячей воды. Часто возникают вопросы, насколько реально отапливать дом за счет энергии солнца. К сожалению, в европейской части России о значительной доле солнечного отопления в тепловом балансе говорить не приходится. Однако, солнечная отопительная установка на основе вакуумных солнечных коллекторов может с успехом справляться с задачей поддержания минимальной заданной температуры дома весной и осенью.

В зимнее время тоже можно рассчитывать на некоторую добавку тепловой энергии для отопления. Но она будет незначительна в декабре и январе. Поэтому обычно солнечную отопительную систему рассчитывают на работу в весенне-осенний период, а зимой она будет помогать вашей основной системе отопления (на газу, дровах, биотопливе, солярке и т.п.).

ВАКУУМНЫЙ СОЛНЕЧНЫЙ КОЛЛЕКТОР КАК СРЕДСТВО ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ

Сулов Д.В. – студент, Белицын И.А. – к.п.н., доцент
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

В условиях современного мира, при растущем потреблении электрической и тепловой энергии, при росте цен на энергоносители и оскудении их природных запасов заставляет искать новые способы получения энергии и уделять большее внимание разработке и применению альтернативных её источников. Одним из самых популярных и самых универсальных видов альтернативной энергетики в мире являются солнечные коллекторы, с помощью которых потребитель получает тепло и горячую воду практически по нулевому тарифу. Солнечная энергия - самый крупный энергетический источник на Земле. Количество тепла, поступающего на 1 кв. м поверхности Земли в год, оценивается в $3,16 \times 10^9$ КДж. Общее количество солнечной энергии в 20 тыс. раз превышает современное потребление энергии мировым хозяйством и потому поиск механизмов её использования является наиболее перспективным и заманчивым.

Итак, что же такое солнечный коллектор?

Солнечный коллектор — устройство для сбора тепловой энергии Солнца, переносимой видимым светом и ближним инфракрасным излучением. В отличие от солнечных батарей, производящих непосредственно электричество, солнечный коллектор производит нагрев материала-теплоносителя и потому годится не только для генерации электричества но и для обогрева зданий и сооружений, что немаловажно для холодных стран, таких как Россия.

Существует несколько разновидностей солнечных коллекторов: открытые, плоские и вакуумные.

Наиболее перспективным и эффективным на наш взгляд является применение вакуумных трубчатых коллекторов, обладающих рядом преимуществ: высокая надёжность, препятствие размножения бактерий в жидкости-теплоносителе за счёт высоких температур и вакуума, удобство и простота монтажа, высокая эффективность при любой температуре окружающей среды за счёт применения лучшего теплоизолятора – вакуума.

Таким образом, целью нашего исследования было изучить возможность и целесообразность применения солнечных вакуумных коллекторов для энергоснабжения жилых домов и общественных зданий.

Исходя из цели, был поставлен ряд задач:

- собрать экспериментальную установку (вакуумный солнечный коллектор)
- оценить его эффективность как генератора тепловой и электрической энергии
- провести технико-экономический анализ установки и сравнить результаты с традиционными средствами энергоснабжения жилых домов и общественных зданий.

Результатом исследования стал функционирующий вакуумный солнечный коллектор, имеющий не большую себестоимость и не требующий каких-либо дополнительных затрат в дальнейшем, но при этом генерирующий тепловую энергию. Была оценена его эффективность для использования в частных домах и проведено сравнение полученных данных с традиционными способами обогрева (газовые котлы, электрообогреватели, печи).

В дальнейшем мы планируем совершенствовать установку для улучшения её характеристик посредством увеличения разреженности вакуума для лучшей теплоизоляции, использование цилиндрического абсорбера для более полного использования солнечного излучения, а так же поиск способов повышения коэффициента поглощения солнечного излучения стенками абсорбера.

ОДНОПРОВОДНАЯ ПЕРЕДАЧА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

Шибанов Э.В. –магистрант, Белицын И.В. - к.п.н., доцент
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Сегодня электроэнергия традиционно передается по трем проводам (трехфазная система). Затраты на материалы для этого вида канализации электроэнергии (расходы на сооружение опор линий электропередачи, на провода) колоссальны. Это делает трехфазную систему передачи электроэнергии дорогостоящей. В данном дипломном проекте предлагается разработка резонансного метода однопроводной передачи электроэнергии.

Для резонансной технологии не нужны капиталоемкие воздушные линии электропередачи, являющиеся источником перерывов в энергоснабжении в результате гололеда, ураганов, пожаров и землетрясений. Резонансная технология позволяет строить недорогие, надежные и безопасные подземные и подводные однопроводные кабельные линии. Капиталовложения в строительство резонансных однопроводных кабельных линий при промышленном освоении технологии будут меньше в 2-3 раза, чем при строительстве воздушных линий. Причем, скорость строительства этих линий из-за отсутствия необходимости ведения большого объема строительного-монтажных работ будет практически равняться скорости траншеекопателей (3-9 км/час).

При передаче электроэнергии обычным способом 10-15% энергии теряется на нагрев проводов (джоулево тепло). Для однопроводной же передачи можно брать настолько тонкий провод, насколько это позволяют соображения прочности, например, 2-4 мм в диаметре. Если в современных цепях плотность передаваемого тока не превышает $6-7 \text{ А/мм}^2$, то по однопроводниковой она достигает 428 А/мм^2 при мощности в 10 кВт. Причем провод не нагревается, а джоулевы потери уменьшаются почти в сто раз. Во столько же раз, соответственно, уменьшается расход меди на провода. Мало того, провода могут быть сделаны из обычной стали: ведь их электропроводимость значения не имеет, их задача – указывать направление тока.

Преимущества резонансного метода передачи электрической энергии:

- в однопроводном кабеле невозможны короткие замыкания и однопроводный кабель не может быть причиной пожара;
- содержание алюминия и меди в проводах может быть снижено в 5 раз;
- стальные провода с медным покрытием 0,1 мм не имеет смысла воровать, чтобы сдать в металлолом;
- потери электроэнергии в однопроводной линии малы и электроэнергию можно передавать на большие расстояния;
- несанкционированное использование энергии затруднено.

Резонансный метод передачи электрической энергии по однопроводным линиям, или однолинейным проводящим каналам осуществляется емкостными токами повышенной частоты в режиме резонанса напряжений. У вывода вторичной обмотки трансформатора Тесла с высоким потенциалом электрический ток проводимости и магнитное поле линии равны нулю, а электрическое поле имеет наибольшее значение. В данном случае, электрическая энергия передается не с помощью токов проводимости, а с помощью емкостного реактивного тока в проводнике и тока смещения в пространстве, окружающем проводник, при минимальных потерях на сопротивлении линии.

В данной работе используется так называемый качер Бровина. Это также трансформатор Тесла, только в нем для возбуждения колебаний вместо разрядника используется мощный биполярный транзистор типа n-p-n.

Преимущества качера Бровина:

- отсутствие шума при работе;
- слабые помехи;
- стабильная работа схемы;
- отсутствие скачков потребляемого тока;
- небольшие габариты.

Принцип работы автогенератора следующий. Со вторичной обмотки сигнал подается на базу транзистора (рисунок 1). Делитель напряжения (сопротивление базы транзистора и катушка индуктивности) задает напряжение смещения, и сигнал получается как бы «приподнятый» над минусом. После усиления на коллекторе, на выходе получается сигнал, максимальное напряжение которого будет равно напряжению питания, деленному на два, а величина действующего напряжения будет численно равна отношению максимального напряжения к корню из двух.

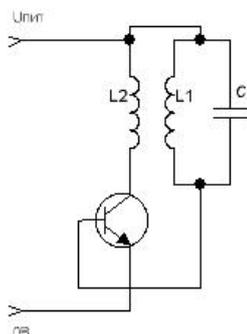


Рисунок 1 – Принципиальная схема автогенератора

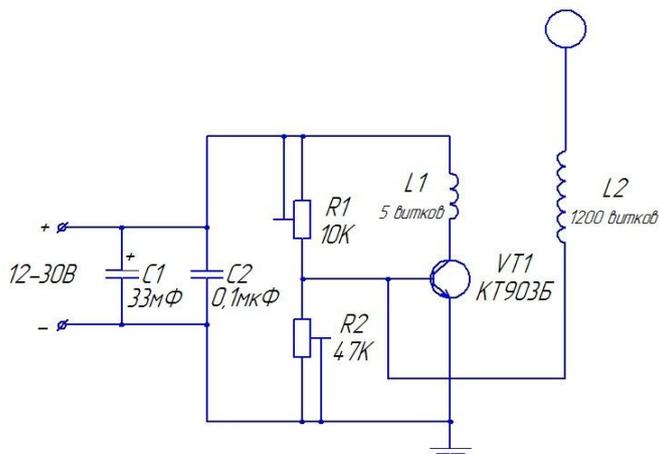


Рисунок 2 – Принципиальная электрическая схема качера Бровина

В качере Бровина на вход по питанию включен делитель напряжения (рисунок 2), а вторичная обмотка – это последовательный колебательный контур (конденсатором является земля). Питается данное устройство постоянным током напряжением 12-30В от лаборатор-

ного автотрансформатора с диодным мостом. Потребляемый ток схемы на стороне 220В, если ко вторичной обмотке ничего не подключено, равен 0,15А. Используемый в данной схеме транзистор – биполярный КТ903Б, типа n-p-n, $f_{гр}=120\text{МГц}$, $U_{кэ}=60\text{В}$.

Таблица 1 – Экспериментальные данные

U переменного тока на выходе ЛАТРа, В	Потребляемый из сети 220В ток I, А	Количество люминесцентных ламп ЛБ-20, шт.	Характер свечения ламп	Примечание
Лампы стоят на первом круге				
20	0,27	8	В первом круге лампы горят одинаково	Напряжение на вольтметре, который ни к чему не подключен, на расстоянии 2-го круга от вторичной обмотки, равно 1200В
	0,27	7	Яркость не изменилась	
	0,27	6		
	0,27	5		
	0,27	4		
	0,27	3		
	0,26-0,27	2		
	0,26	1		
0,25	0			
Лампы стоят на втором круге				
20	0,25	1	Лампы горят так же, как и на первом круге	На расстоянии l=5 см от 2-го круга напряжение на вольтметре больше, чем было до этого
	0,25-0,26	2		
	0,25-0,26	3		
	0,26	4		
	0,26	5		
	0,26	6		
	0,26	7		
	0,26	8		
	0,26	9		
	0,26	10		
	0,26	12		
	0,26-0,27	14		
0,27	16			
Лампы стоят на 2-ом круге, добавляем на первый круг (оба круга задействованы)				
20	0,27	16+1	Лампы во внешнем круге не горят	Перегоревшие лампы светятся хуже и даже некоторые не горят. При контакте руки с колбой лампы её яркость увеличивается без увеличения потребляемого тока. Если обвязать проволочкой выводы нити накала ламп и заземлить, яркость свечения ламп увеличится. При этом потребляемый ток увеличивается на 0,01А. Также происходит перераспределение светового потока по длине ламп.
	0,27-0,28	16+3		
	0,27-0,28	16+5		
	0,27	16+7		

Список литературы:

1. Стребков, Д. С. Исследование процессов передачи электрической энергии по однопроводным линиям [Текст] / Д. С. Стребков, А. И. Некрасов, С. В. Авраменко // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века, 2003. - № 7(54). - С. 45-47.
2. Стребков, Д. С. Резонансные методы передачи электрической энергии [Текст] / Д. С. Стребков, А. И. Некрасов. – М. : ГНУ ВИЭСХ, 2004. – 188 с.

ВЕТРОГЕНЕРАТОР КАК ИСТОЧНИК ОБОГРЕВА И ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО КОМПЛЕКСА

Оствальд А.К. – аспирант, Хомутов С.О. - д.т.н., профессор.
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Сельское хозяйство является интенсивно развивающейся отраслью народного хозяйства. Развитие сопровождается увеличивающимся потреблением энергии, в общем балансе которой значительную и быстро растущую долю занимает электрическая энергия.

При детальном рассмотрении структуры потребления электроэнергии сельскохозяйственными комплексами (СХК) заметим, что основная ее доля приходится на технологические процессы (рисунок 1). [2]

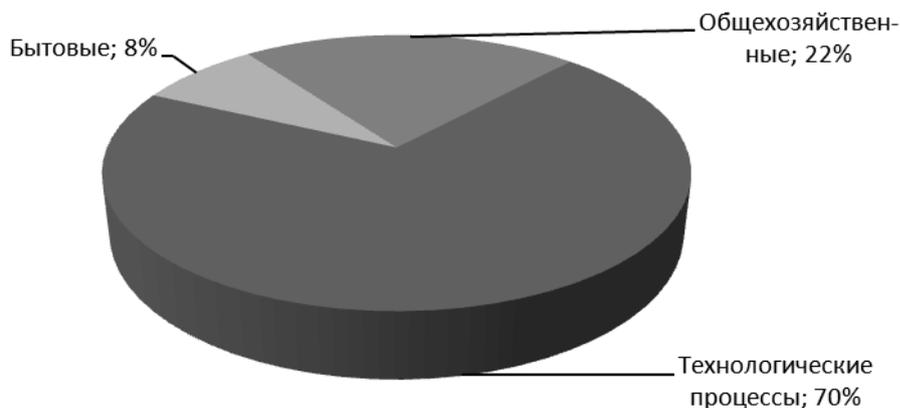


Рисунок 1 – Структура электропотребления СХК

В свою очередь технология на СХК включают в себя ряд типовых процессов:

- обогрев, охлаждение и создание микроклимата помещения;
- сушка и переработка сельскохозяйственных продуктов;
- водоподъем и водоснабжение горячей и холодной водой;
- создание искусственной световой среды и облучение животных и растений.

Актуальность использования ветроэнергетической установки (ВЭУ) как дополнительного источника электроэнергии обуславливается низкими требованиями к показателям качества электроэнергии для типовых технологических процессов СХК.

В настоящий момент отсутствует общедоступный комплексный подход в решение проблем экономии электроэнергии, обеспечения резервирования её источников и автономной работы технологических процессов СХК.

Одним из решений вышеперечисленных проблем является внедрение ВЭУ, которое связано с трудностями построения модели эффективного использования ветропарка. Назначением данной модели является формирование актуальных технико-экономических характеристик ветропарка с учетом специфики технологических процессов СХК, ветрового потенциала и ландшафта местности на которой располагается СХК, а главное, задач, которые необходимо решить с помощью внедрения ВЭУ.[1]

Поскольку на территории Алтайского края (таблица 1) и России в целом средняя скорость ветра находится в диапазоне от 1,3 до 6,5 м/сек, то у адаптированных к нашим услови-

ям ветродвигателей рабочий диапазон должен быть в пределах от 1 до 13 м/с, где сосредоточено 90% энергетического потенциала, так как распределение мощности ветра по его скоростям подчиняется универсальной кривой закона Максвелла. У существующих зарубежных и отечественных ветродвигателей этот диапазон в 2-3 раза выше. Что обуславливает низкую эффективность использования в СХК, так как их применение экономически целесообразно при средней скорости ветра более 6 м/с. [4]

Таблица 1 – Скорость ветра в Алтайском крае

Населенный пункт	Средняя скорость ветра, м/с	
	За отопительный период	За три наиболее холодных месяца
Барнаул	3,9	3,6
Беля	4,5	5,4
Бийск	3,7	3,6
Змеиногорск	3,7	3,7
Катанда	1,6	1,7
Кош-Агач	1,7	1,8
Онгудай	9,1	8,1
Родио	4,8	4,9
Славгород	5,2	5,2

При более детальном рассмотрении конструкции ВЭУ становится очевидным использование роторного ветродвигателя с крыльями незамкнутого контура и переменной геометрии, автоматически адаптирующихся к скорости ветра и выходной нагрузке. Это обеспечивает самостартующему роторному ветродвигателю высокую быстроходность и КПД при начале вращения со скоростью ветра 0,5 м/с и отдачи энергии в нагрузку со скорости 2 м/сек. (Рисунок 2). [3]

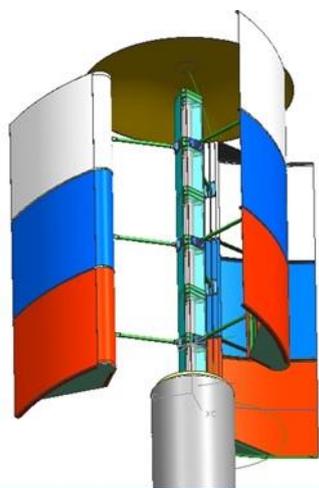


Рисунок 2 - Роторный ветродвигатель с крыльями незамкнутого профиля

Технико-экономическую привлекательность такой установки повышается за счет ротора с вертикальной осью вращения, что позволяет значительно удешевить конструкцию и облегчить доступ к основным агрегатам с целью технического обслуживания.

Тот факт, что потребность в обогреве и горячем водоснабжении СХК усиливается с наступлением холодов и сопровождается сильными ветрами в наиболее холодные месяцы. Обуславливает актуальность прямого преобразования ветровой энергии в тепло с высоким КПД и эффективностью

Список литературы:

1 Марченко О.В. Математическая модель энергосистемы с возобновляемыми источниками энергии/ О. В. Марченко //Известия РАН. Энергетика. - М, 2006. - N3. (Шифр И9/2006/3)

2 Попов С.П. Эффективность и масштабы использования возобновляемых источников энергии для изолированных потребителей/ С. П. Попов, И. Ю. Иванова, Т. Ф. Тугузова //Известия РАН. Энергетика. - М, 2006. - №3. (Шифр И9/2006/3).

3 Елистратов В.В., Кузнецов М.В. Теоретические основы нетрадиционной и возобновляемой энергетики. Ч.1. Определение ветроэнергетических ресурсов региона.– СПб.: СПбГПУ, 2004. – С. 60 – 66.

4 Безруких П.П. Использование энергии ветра. Техника, экономика, экология. – М.: Колос, 2008.- 196 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕСКОЛЬКИХ ВИДОВ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОБЕЗОПАСНОСТИ КРУПНЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КОМПЛЕКСОВ

Оствальд А.К. – аспирант, Хомутов С.О. – д.т.н., профессор
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Реализация инвестиционных проектов в Алтайском крае по строительству крупных сельскохозяйственных комплексов (СХК) сопряжена с проблемой выбора оптимального места расположения объекта строительства, так как наличие плодородных сельскохозяйственных угодий, зачастую, сопровождается отсутствием соответствующей инфраструктуры и износом инженерных сетей.

Как известно, энергобезопасность СХК во многом зависит от технической сочетаемости требований к надежности электроснабжения с потребностями в электроэнергии для технологических нужд отдельных сельскохозяйственных комплексов. При этом стоит отметить наличие принципиальных различий в организации одинаковых видов технологических процессов в зависимости от назначения СХК. К примеру, на птицеводческом сельскохозяйственном комплексе предъявляются более высокие требования к организации отопления и микроклимата, чем в животноводческих СХК. А для теплично-парниковых комплексов перебои в водоснабжении и обогреве могут привести к массовому недовыпуску продукции.

В случае, когда речь идет об энергосбережении на объектах СХК, основными технологическими процессами, пригодными для использования одного возобновляемого источника энергии (ВИЭ), являются: отопление, горячее и холодное водоснабжение, создание микроклимата. Более сложной с технической стороны задачей является повышение качества электрической энергии и энергобезопасности как отдельных технологических процессов, так и СХК в целом. В этих случаях необходимо рассмотреть возможность совместного использования нескольких видов ВИЭ, а также проанализировать уже существующие схемы гарантированного электроснабжения ответственных потребителей [1].

Как правило, к традиционным способам обеспечения бесперебойности электроснабжения относят использование генераторных установок (дизельные, газовые) и источников бесперебойного питания с аккумуляторными батареями. При этом, в рамках рассматриваемого вопроса, стоит отметить, что аккумуляторные батареи являются частью схемы электроснабжения объектов на базе возобновляемых источников энергии, и могут заряжаться от солнечной батареи, ветрогенератора и микроГЭС.

В свою очередь, в качестве топлива для генераторных установок может выступать биогаз, полученный в результате анаэробного сбраживания отходов СХК [2].

Таким образом, актуальность использования энергокомплексов на базе биогазовой и генераторной установок подтверждена возможностью решения сразу двух задач: эффективного электроснабжения и теплоснабжения сельскохозяйственных комплексов. Кроме того, особого внимания требует разработка рекомендаций по внедрению комбинированных энергокомплексов на базе ВИЭ с учетом многообразия факторов, сложившихся на конкретном СХК, что и будет сделано по окончании выполнения заявленной научно-исследовательской работы.

Список литературы:

1 Агабабов, В. С. Зависимость для определения эффективности работы бестопливной

энергогенерирующей установки в системе газоснабжения / В. С. Агабабов, А. М. Колосов, У. И. Смирнова // Тез. докл. пятнадцатой Междунар. науч.-техн. конф. студентов и аспирантов : в 3-х т. Т. 2. – М. : МЭИ, 2009. – С. 417-418.

2 Бергман, Р. Энергогенерирующие биогазовые установки / Р. Бергман, К. Е. Даенин, У. И. Смирнова, Ю. Ю. Хаймер // Энергосбережение – теория и практика : Труды пятой международной школы-семинара молодых ученых и специалистов. – М. : МЭИ, 2010. – С. 398-401.

ВИХРЕТОКОВЫЙ МЕТОД КОНТРОЛЯ ИЗОЛЯЦИИ АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ С УЧЕТОМ ОСОБЕННОСТЕЙ ИХ ЭКСПЛУАТАЦИИ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

Бобров В.В. – аспирант, Хомутов С.О. – д.т.н., профессор
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

В настоящее время в сельском хозяйстве получили наибольшее распространение низковольтные (на напряжение 380 В) асинхронные двигатели общего назначения мощностью от 0,5 до 75 кВт. Они способны автоматически изменять момент вращения в соответствии с изменением момента сопротивления на валу, относительно просты в конструкции и имеют низкую стоимость по сравнению с другими видами электродвигателей. Однако тяжёлые условия и специфика эксплуатации электродвигателей в сельском хозяйстве неизбежно ведут к снижению их надёжности и долговечности, даже во время эксплуатационной паузы наблюдается интенсивное негативное воздействие на электроизоляционную систему.

Эксплуатация находящихся в неудовлетворительном техническом состоянии электродвигателей приводит:

- к прямым финансовым потерям, связанным с непрогнозируемым выходом из строя оборудования и вызванным этим нарушением технологического процесса;
- к значительным (до 3-5%) затратам электроэнергии в связи с повышением электропотребления (при той же полезной мощности).

Внедрение в эксплуатацию средств и методов технической диагностики позволяет: определить ремонтпригодность и долговечность оборудования, предупреждать аварии, прогнозировать остаточный ресурс и значительно повлиять на надёжность и экономичность энергетических установок.

Но предприятия агропромышленного комплекса (АПК) испытывают острый недостаток (а иногда и полное отсутствие) технических средств диагностики и контроля. Нет также и специалистов, способных профессионально обслуживать электрооборудование. Особенно остро с этой проблемой сталкиваются множество небольших крестьянских и фермерских хозяйств, потери и недовыпуск продукции в которых из-за остановки оборудования может привести к полному разорению хозяйства.

До 90% от общего числа отказов электродвигателей происходит из-за межвитковых замыканий в обмотке статора, а в общем случае из-за повреждения изоляции прекращают свою работу около 85% электродвигателей [1]. При этом широко известно, что определить состояние междувитковой изоляции без использования разрушающих методов диагностики намного сложнее, чем, к примеру, междуфазной или корпусной, что, естественно, требует специальной подготовки и навыков, а, следовательно, значительно повлиять на сокращение затрат в сельском хозяйстве, связанных с выходом из строя электродвигателей, не представляется возможным.

В связи с этим целесообразна разработка новых методов диагностики, либо применение эффективных методов, ранее не использовавшихся в диагностике электродвигателей. К одному из таких методов относится метод вихретокового контроля.

Вихретоковые методы основаны на анализе взаимодействия внешнего электромагнитного поля с электромагнитным полем вихревых токов, наводимых возбуждающей катушкой в электропроводящем объекте контроля. Плотность вихревых токов в объекте зависит от гео-

метрических и электромагнитных параметров объекта, а также от взаимного расположения измерительного вихревого преобразователя (ВТП) и объекта. В качестве преобразователя используют обычно индуктивные катушки (одну или несколько). Синусоидальный (или импульсный) ток, действующий в катушках ВТП, создает электромагнитное поле, которое возбуждает вихревые токи в электропроводящем объекте. Электромагнитное поле вихревых токов воздействует на катушки преобразователя, наводя в них ЭДС или изменяя их полное электрическое сопротивление. Регистрируя напряжение на зажимах катушки или их сопротивление, получают информацию о свойствах объекта и о положении преобразователя относительно него.

Особенность вихретокового контроля в том, что его можно проводить без контакта преобразователя и объекта. Их взаимодействие происходит обычно на расстояниях, достаточных для свободного движения преобразователя относительно объекта (от долей миллиметра до нескольких миллиметров). Поэтому этими методами можно получать хорошие результаты контроля даже при высоких скоростях движения объектов.

Получение первичной информации в виде электрических сигналов, бесконтактность и высокая производительность определяют широкие возможности автоматизации вихретокового контроля.

Одно из преимуществ вихретокового контроля состоит в том, что на сигналы преобразователя практически не влияют влажность, давление и загрязненность газовой среды, радиоактивные излучения, загрязнение поверхности объекта контроля непроводящими веществами.

До сих пор вихретоковые методы использовались преимущественно для контроля качества электропроводящих объектов: металлов, сплавов, графита, полупроводников, а также для дефектоскопии, определения размеров и структуроскопии материалов и изделий [2].

При использовании метода вихретокового контроля в диагностике электродвигателей, возбуждающей катушкой являются обмотки электродвигателя.

В реальных машинах в спектре напряженности магнитного поля наряду с основной гармоникой имеется бесконечное число гармоник поля. Зная форму подведенного напряжения, можно определить гармонический состав магнитного поля.

В ходе подробного изучения была выведена зависимость магнитного поля в точке, равноудаленной от полюсов обмотки статора, от параметров электромашины и разработан оптимальный диагностический параметр [3].

Использование метода диагностики и прогнозирования асинхронных двигателей по их внешнему магнитному полю позволит внедрить технологию обслуживания электродвигателей «по состоянию».

Суть технологии обслуживания «по состоянию» состоит в том, что обслуживание и ремонт выполняются в зависимости от реального текущего технического состояния (ТС) электродвигателя, контролируемого в процессе эксплуатации без каких-нибудь разборок и ревизий на базе контроля и анализа соответствующих параметров.

Таким образом, вопросы диагностики тесно связаны с прогнозированием состояний электрических машин, следовательно, появляется возможность разработать оптимальный режим работы для рассматриваемого электродвигателя, а в случае его отказа минимизировать материальный ущерб. Поскольку процессы, обуславливающие развитие постепенных отказов, являются случайными величинами, более общий характер носит стохастический подход к прогнозированию ТС.

Использование своевременной эффективной, простой и недорогой диагностики электродвигателей в совокупности с прогнозированием сроков отказа позволяет оптимизировать их использование, а, следовательно, повысить эффективность работы предприятия АПК в целом.

Список литературы:

1. Хомутов С.О. Повышение эффективности восстановления и ремонта изоляции электродвигателей в агропромышленном комплексе: Дис ... канд. техн. наук. - Барнаул, 1999.

2. Сафарбаков, А. М., Лукьянов, А. В., Пахомов, С. В. Основы технической диагностики : учеб. пособие для студентов / А. М. Сафарбаков. – Иркутск: Изд-во ИГУПС, 2006. – 215 с.

3. Бобров, В. В., Братухин, И. Ю., Веденев, В. Н., Хомутов С. О. Внешнее магнитное поле асинхронного двигателя как отголосок поля в зазоре [Текст] : Сборник трудов Международной научно-практической конференции «Электроэнергетика в сельском хозяйстве» - Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2009

ОЦЕНКА ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

Абушкевич Е.А., Пашинский В.Ю. – студенты, Сташко В.И. – к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Сельское хозяйство - ведущая отрасль экономики Алтайского края. В основном бюджет пополняется за счет этой отрасли производства. Сельское хозяйство включает как и выращивание зерновых и других культур, так и животноводство.

Современные сельскохозяйственные предприятия с автоматизированными и полуавтоматизированными технологическими линиями — крупные потребители электрической энергии. В них работают около 10 млн. электродвигателей.

Наибольшее распространение благодаря своей простоте и дешевизне имеют асинхронные электродвигатели с короткозамкнутым ротором. Чем выше уровень механизации производства, тем выше требования, предъявляемые к надежности оборудования. Короткозамкнутый асинхронный двигатель считается самой надежной электрической машиной. Вместе с тем на практике наблюдается сравнительно высокий процент их выхода из строя. Высокая аварийность электрооборудования наносит большой ущерб производству.

Электродвигатели, трансформаторы и другое электрооборудование работает в усложненных условиях: при резких колебаниях температуры и высокой влажности воздуха (на зернотоках, летних пастбищах, в теплицах и т. д.); в агрессивной и влажной среде (животноводческие фермы и др.) и т. д. Большинство электрооборудования характеризуется низкой степенью использования по времени как в течение суток, так и на протяжении года. Многие машины и аппараты работают в кратковременном или повторно-кратковременном режиме (доеение, раздача кормов, уборка навоза и т. д.). В процессе кратковременной работы оборудования изоляция не подсушивается, а постепенно увлажняется, что приводит к снижению ее сопротивления и увеличению возможности пробоя. Кроме того, влажная, агрессивная среда и перепады температуры ускоряют старение изоляции и уменьшают ее сопротивление. В подавляющем большинстве случаев отказы двигателей происходят из-за повреждения обмоток 85-95%, 2...5% двигателей отказывают из-за повреждений подшипников. Основные отказы обмоток приходятся на межвитковые замыкания 93%, пробой изоляции 2%, пробой межфазной изоляции 5%. Это распределение показывает, что основное внимание в асинхронных двигателях со всыпной обмоткой должно быть уделено межвитковой изоляции.

Необходимо создать региональную систему обеспечения надежности, которая должна включать в себя:

- регулярный мониторинг (контроль) технического состояния оборудования;
- поиск дефектов и повреждений;
- оценку остаточного ресурса оборудования;
- определение и планирование рациональных сроков проведения ремонтов с учетом их текущего состояния.

Главным звеном будет являться Региональный центр обеспечения надежности. Первоначальная информация о количестве электродвигателей, условиях эксплуатации, сезонности использования, материально-технической базе и т.д. будет поступать в Региональный центр через Интернет, почту или телефон. После анализа первоначальной информации Региональный центр будет выдавать рекомендации о покупке диагностических приборов в зависимости от материального состояния сельхозпредприятия.

Для мелких сельхозпредприятий будет рекомендовано купить мегаомметр, спиртовой термометр и периодически измерять сопротивление обмоток и их температуру и передавать эту информацию диагностическому центру.

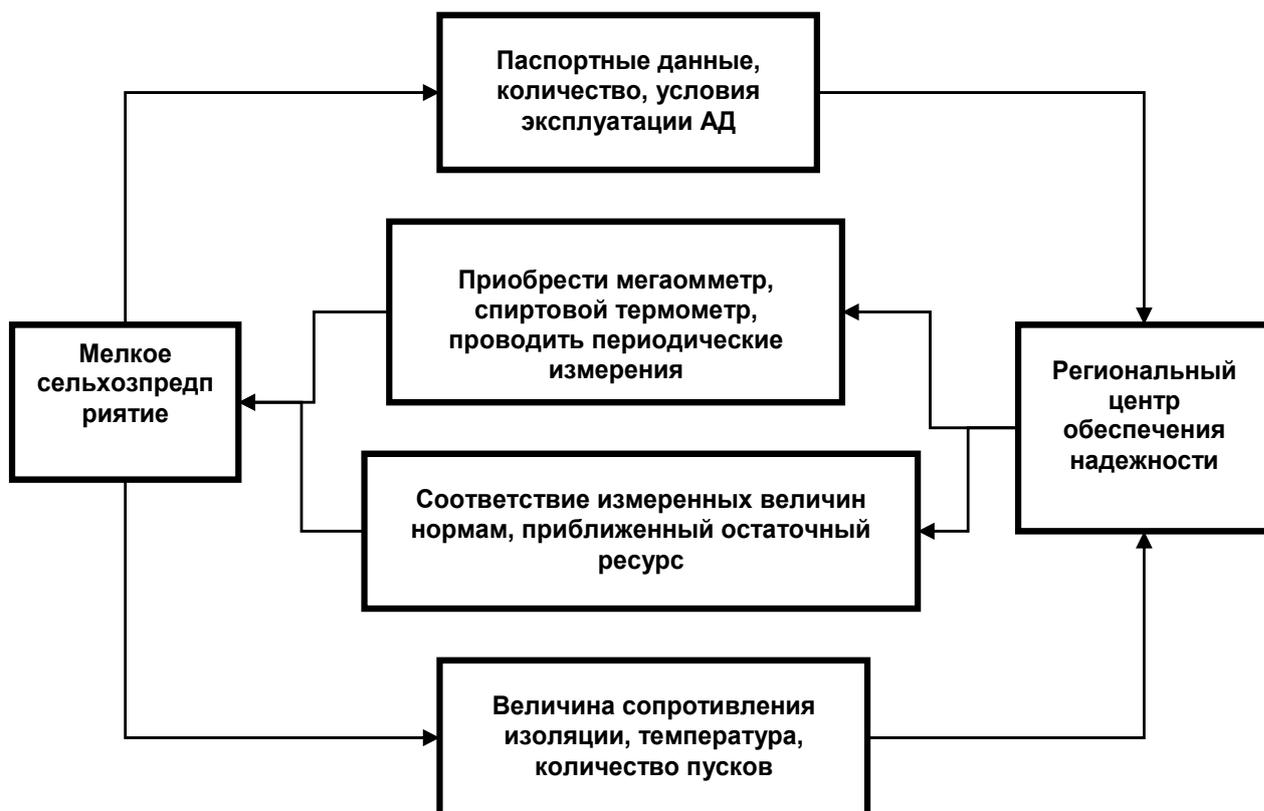


Рисунок 1 – Схема функционирования системы «Мелкое сельхозпредприятие – Центр»



Рисунок 2 - Схема функционирования системы «Средние сельхозпредприятия – Центр»

Для средних сельхозпредприятий будет рекомендована покупка относительно недорогих современных приборов для диагностики изоляции АД, таких, например как АWA IV. Это полностью автоматизированная переносная система – оптимальное решение для комплексного испытания изоляции двигателей. Прибор проводит все основные электрические испытания: импульс напряжения, индекс поляризации, коэффициент абсорбции, испытание повышенным напряжением, измерение сопротивления изоляции, сопротивление обмоток и диагностику повреждения обмоток.

Для крупных сельхозпредприятий будет рекомендовано купить сложное оборудование для комплексной диагностики АД, например, вибродиагностические стенды, приборы для диагностики на основе спектра потребляемого тока, тепловизоры и др.

С помощью этих приборов можно обнаружить практически все возможные неисправности. После приобретения этих приборов сельхозпредприятия проводят диагностику электродвигателей и передают информацию Региональному центру. Региональный центр создает базу данных о каждом АД. Чем полнее информация об АД, тем точнее будут рекомендации по обслуживанию и оценке остаточного ресурса.

Таким образом, повысится надежность электрооборудования в сельском хозяйстве, что приведет к увеличению выпуска сельхозпродукции и уменьшит ее себестоимость.

РЕГИОНАЛЬНАЯ СИСТЕМА ПОДДЕРЖАНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

Татьянченко Н.В., Катовщиков А.В. - магистранты, Сташко В.И. – к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

С развитием рыночных отношений на предприятиях промышленности и сельского хозяйства возрастает экономическая ответственность за нарушение нормального режима работы электротехнического оборудования. Поэтому все более актуальными становятся вопросы поддержания и повышения эксплуатационной надежности и долговечности электрооборудования.

Состояние технологического оборудования на предприятиях в значительной мере определяется состоянием его электрооборудования. Одним из условий нормального функционирования является отсутствие неисправностей в электрических цепях, длительная и безаварийная работа электродвигателей. Остановки отдельных механизмов и полное прекращение производственного процесса наносит предприятию ущерб, связанный с заменой или ремонтом электродвигателей, с браком и недовыпуском продукции. Существенную часть времени при проведении ТО составляют работы, связанные с осмотром и ремонтом электрического оборудования. Однако имеющаяся в распоряжении обслуживающего персонала система определения технического состояния позволяет лишь обнаруживать неисправности, которые явились причинами уже случившихся отказов оборудования, но не предупреждать их возникновения. Отсутствие современного диагностического оборудования и методик автоматизированного определения технического состояния электрооборудования приводит к увеличению трудозатрат, обусловленных поиском неисправностей, предопределяет направленность ТО на устранение последствий отказов оборудования, а не на ликвидацию возможных причин их возникновения.

На наш взгляд, создание региональных центров диагностики (РЦД) позволит значительно повысить надежность электрооборудования на предприятиях, вне зависимости от экономических возможностей предприятия, его мощности, формы собственности и т.д. РЦД позволит проводить мероприятия по диагностике электрооборудования и выдаче соответствующих рекомендаций, по прогнозированию возможных отказов оборудования и выявляющие неисправности на всех этапах эксплуатации. Такой подход переведет процесс ТО на качественно новый уровень и дает возможность перейти от планово-предупредительного характера ремонтов к ремонтам по текущему состоянию оборудования.

В связи с изложенным, нами ставится задача по улучшению технического состояния электрооборудования путем разработки и внедрения программного комплекса на базе РЦД,

обеспечивающего реализацию диагностических мероприятий, направленных на локализацию, прогнозирование и предотвращение неисправностей электрооборудования на региональном уровне.

Предприятие, в соответствии с договорными обязательствами, передает в РЦД информацию о неисправном электрооборудовании. По этому же договору, который заключен между предприятием и центром, выдаются соответствующие рекомендации по повышению эксплуатационной надежности электрооборудования. Процесс передачи заключается в обмене входными и выходными потоками информации между центром и предприятиями посредством возможных видов связи.

Информация, которой обмениваются предприятия с РЦД, делится на два основных потока: Входной поток информации – данные о типе оборудовании, режимах работы, состоянии, диагностические данные и т.д., и выходной поток – рекомендации по поддержанию надежности электрооборудования на требуемом уровне.

Реализация РЦД как некоего хозяйствующего субъекта, наиболее эффективна, на наш взгляд, будет на основе создания специализированного информационного ресурса в интернете. Развитие современных информационных технологий и коммуникаций позволяет сегодня с минимальными затратами создать сайт, доступный фактически из всех, в том числе и большинства сельских, населенных пунктов Алтайского края.

Таким образом, к сайту РЦД получают доступ все заинтересованные предприятия, физические лица и простые пользователи сети Интернет. Вместе с тем, наиболее полезным для РЦД будет сотрудничество с несколькими типами предприятий. Все они представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Типы предприятий, сотрудничающих с РЦД

№	Тип предприятия	Количество электродвигателей
1	Мелкое хозяйство	от 1 до 10
2	Среднее хозяйство	от 10 до 50
3	крупные хозяйства	от 50 и более

Входная информация (от предприятий), поступая в диагностический центр попадает во входной модуль (программный продукт), находящийся на сервере. Входной модуль принимает информацию и после необходимой предварительной обработки передает её далее. На следующем этапе, уже подготовленная информация поступает в базу данных БД-1 и базу данных БД-2. В первой базе данных хранится информация о её поставщике, и её основных параметрах (время поступления, способ отправки, тип данных и т.д.). Во вторую базу данных заносится информация об электрооборудовании, его параметрах, диагностические и прочие данные касающиеся его технического состояния.

Кроме того, в системе имеется еще и третья база данных (СБД), в которой хранятся справочные и другие данные, необходимые РЦД для математических расчетов оценки технического состояния электрооборудования. В частности, например, для расчетов сопротивления межвитковой изоляции по методу ВЗК (волновые затухающие колебания), в СБД находятся справочные данные всех наиболее широко распространенных асинхронных двигателей.

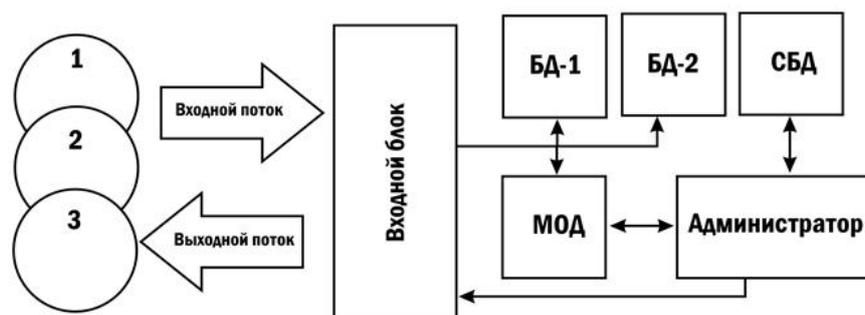


Рисунок 1 – Принцип работы регионального центра диагностики

Функционирует РЦД на основе Интернет-ресурса (сайта) следующим образом. Входной блок получает информацию от предприятий (от заказчика). Информация обрабатывается и поступает в базы данных БД-1 и БД-2, а также в блок математической обработки данных (МОД) Администратор системы контролирует работу МОД, и в зависимости от полученных (исходных) данных принимает решение о выдаче полученных расчетным путем рекомендаций в выходной поток данных, либо решение о дальнейшей работе с полученной информацией. В последнем случае, поступающая в РЦД информация, может представлять интерес для научных исследований в области диагностики технического состояния электрооборудования.

ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ ДЛЯ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ ЖИЛЫХ ДОМОВ И ЗДАНИЙ В АЛТАЙСКОМ КРАЕ

Водова Р.В., Черных И.С. – студенты, Гутов И.А. – к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Поиск альтернативных источников энергии — одно из основных направлений развития электроэнергетики в XXI веке. Сегодня энергия, вырабатываемая альтернативными источниками, широко используется во всем мире. В удаленных районах, где нет централизованного электроснабжения, они используются для электро- и теплоснабжения домов, для подъема воды и др. Эти системы часто используют аккумуляторные батареи для хранения выработанной электроэнергии. Другая область применения – это электро- и теплоснабжение офисов и других зданий и объектов или генерация электричества для сетей централизованного электроснабжения.

Альтернативный источник энергии (АИЭ) - устройство или сооружение, создающее электрическую и тепловую энергию без использования нефти, газа и угля.

На рисунке 1 представлена структура производства энергии альтернативными источниками в России и мире [7].

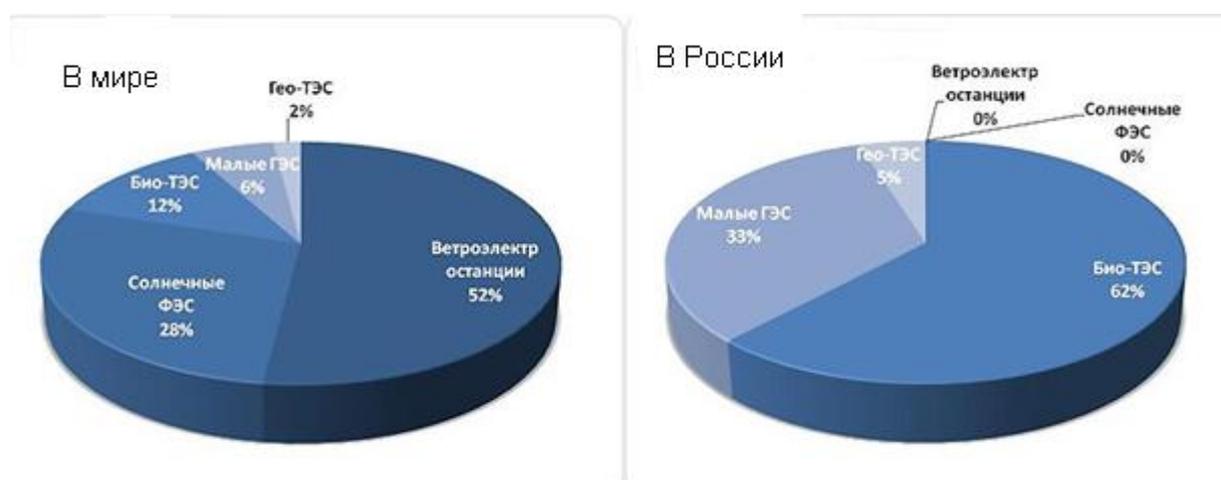


Рисунок 1 – Структура производства энергии альтернативными источниками

Исходя из специфики Алтайского края, рассматривается 3 вида альтернативных источников энергии: солнечная радиация, ветровая энергия, биогаз.

В таблице 1 представлена сравнительная характеристика источников энергии.

Из таблицы 1 видно, что использование альтернативных источников энергии более затратно, чем традиционных. К тому же, альтернативные источники энергии имеют свои недостатки, что сокращает область их применения. В настоящее время главным недостатком является большой срок окупаемости.

Но несмотря на все выше изложенное, развитие альтернативной энергетики необходимо, т.к. наблюдается непрерывный рост тарифов и истощение нефтегазовых ресурсов.

Таблица 1 – Сравнительная характеристика источников энергии (по материалам [1, 4, 5])

Источник / Показатель	Установка «Дизель – генератор»	Солнечная батарея	Солнечный коллектор	Ветрогенератор	Биогазовый реактор
Стоимость, руб.	300000	от 15000	от 17000	от 200000	от 230000
Объем / площадь		10 м ² на 1кВт	1 м ² на 4 кВт		2 – 3 м ³
Срок службы, лет	до 30	30 – 50		15 – 20	20 – 30
Зависимость от расценок на электроэнергию и топливо	Расходы увеличиваются ежегодно с ростом цен на топливо	Не зависит от расценок на электроэнергию			
Достоинства	Обеспечивает бесперебойность энергоснабжения; запуск 1 – 5 сек	Простота конструкции; отсутствие вращающихся частей; малый удельный вес; простота в эксплуатации		Экологически чистый вид энергии; эргономика; возобновляемая энергия; лучшее решение для труднодоступных мест	Наиболее доступный вид альтернативного топлива (для фермеров); простота конструкции; утилизация отходов; в любом регионе
Недостатки	Срок службы зависит от режима эксплуатации	Регулярное очищение от грязи; применение опасных веществ при изготовлении; высокая стоимость; проблема утилизации		Непостоянность; условно низкий выход электроэнергии; высокая стоимость; опасность для птиц и летучих мышей; шумовое загрязнение	Взрывоопасный процесс; использование урожая не по прямому назначению; ограниченная область применения, обычно используется в сельской местности
Срок окупаемости, лет	10	25 – 30	25 – 30	28 – 30	2 – 3

Отдельно можно рассмотреть такой вид АИЭ, как биогаз, т.к. его производство не зависит от погодных условий и места расположения.

Для сельской местности Алтайского края возможно использование биогазовых реакторов. В среднем на частное подсобное хозяйство приходится примерно 10 т отходов в год (отходы растениеводства и животноводства). Механизм получения биогаза следующий: в установку (яма или емкость со змеевиком) загружается 1,5 т навоза, смешивается с 3,5 т отходов (сгнившая листва, ботва и т.п.) Добавляется вода в таком количестве, чтобы получилась влажность примерно 60-70%. Установка закрывается. Используя змеевик, смесь нагревается до 35°С. Затем смесь начинает бродить и при отсутствии поступления воздуха температура поднимается до 70°С. Процесс производства занимает около 2 недель. Для повышения КПД процесса в смесь добавляются замедляющие вещества и стимулирующие добавки. В сутки можно получить около 40 м³ газа. Биогаза, полученного из 10 т отходов, хватит на год. Отхо-

ды, полученные в результате работы установки, - прекрасное удобрение для огорода. Таким образом, это безотходное производство [4].

Наиболее экономически эффективной является комбинированная система солнечных коллекторов, электронагрева, ветрогенератора и биогаза. За 20 лет система «солнечный коллектор – ветрогенератор» получается в 2,5 раза дешевле дизельной и почти в два раза дешевле чисто электрической. Эти меры по снижению расходов эффективны только при повышении теплоизоляции здания. Поэтому в зданиях, где устанавливается система солнечного отопления, необходимо проводить энергоаудит и оптимизацию теплоэффективности [5].

В целом, ветры в Алтайском крае наблюдаются незначительные. Особенное затишье в крае бывает зимой. С ноября по март сильных ветров почти не случается. В марте скорость ветра начинает заметно возрастать, в апреле - мае значения становятся пиковыми. Затем, в июле - августе, ветер снова стихает, и к сентябрю начинается новая волна повышения скорости ветров. В целом, сила ветра на территории Алтайского края невелика, а главное – неравномерна. Средняя скорость составляет менее 3 м/с, чего, конечно, недостаточно для того, чтобы говорить о целесообразности использования энергии ветра в качестве альтернативной. Однако есть районы, где средняя скорость ветра выше и составляет порядка 5 м/с. В летние месяцы на территории края часты северные ветры. Часты также ветра юго-западного и западного направления. Эти, последние, в 20-45% случаев имеют скорость более 6 м/с. Таким образом, получается, что использование энергии ветра можно считать целесообразным только на части территории края. При этом следует помнить, что ветрогенераторы не в состоянии обеспечить постоянное поступление энергии потребителю. Поэтому с учетом непостоянства ветра в Алтайском крае ветрогенераторы могут использоваться в качестве дополнительного источника энергии [1, 2].

Таким образом, для Алтайского края целесообразно использовать комбинированные системы. Основными АИЭ для Алтайского края являются солнечная радиация и биогаз. В качестве вспомогательного ресурса возможно использование энергии ветра. Сочетание данных источников энергии позволит снизить срок окупаемости. Рекомендуется использовать аккумуляторные батареи из-за неравномерности солнечных и ветровых ресурсов. На данном этапе развития энергетики наблюдается тенденция снижения стоимости установок для производства АИЭ, что позволит расширить область их применения.

Список литературы:

1. <http://www.vetrogenerator.ru/index.16.gif>
2. <http://alternativenergy.ru/tehnologii/194-alternativnyy-dom.html>
3. http://esco-ecosys.narod.ru/2008_2/art122.htm
4. <http://www.rosbiogas.ru/biogaz-dlja-otopenija-doma.html>
5. <http://www.solarhome.ru/pv/index.htm>
6. <http://www.ros-energy.ru/oborudovanie/wind.html>
7. <http://www.advis.ru/images/1C2DD4D9-35A9-E54E-BB31-3C045AF635983.jpg>

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЙ АВТОНОМНЫЙ ДОМ В УСЛОВИЯХ СИБИРИ

Тимофеева В.Н. - студент, Гутов И.А. - к.т.н., доцент

Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Районы Сибири характеризуются рядом факторов: малонаселенность отдельных территорий, суровые климатические условия, значительные перепады температур, удаленность от промышленных и индустриальных центров. В таких условиях необходимо обеспечить индивидуальный план развития энергетики. Это подразумевает более широкое использование возобновляемых источников энергии: энергии солнца, ветра, геотермальных источников и т.д.

Энергию ветра в Сибири использовать не эффективно, так как зарубежный опыт создания объектов ветроэнергетики показывает, что экономически целесообразно строить ветря-

ные электростанции там, где скорость ветра большую часть года не менее 5 м/с, т.е. на побережьях. Поэтому необходимо наиболее полно использовать энергию солнца.

В настоящее время растут цены на энергоносители и, как следствие, растет цена на электричество и тепло. Расходы на отопление составляют более 50% коммунальных платежей. Поэтому наиболее эффективным решением является снижение теплопотерь здания через ограждающие конструкции: пол, стены, крышу, двери и окна. Решив эту проблему, можно снизить затраты на коммунальные платежи в два раза.

Обычно, показателем энергоэффективности объекта служит потери тепловой энергии с квадратного метра ($\text{Вт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$). В среднем эта величина составляет 100-120 $\text{Вт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$. Энергосберегающим считается здание, где этот показатель ниже 40 $\text{Вт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$. Для европейских стран этот показатель еще ниже - порядка 10 $\text{Вт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$ [1].

Энергоэффективный дом – здание, основной особенностью которого является малое энергопотребление и почти полная энергонезависимость.

Нулевой дом, или пассивный дом – энергоэффективное здание, энергопотребление которого составляет около 10% от удельной энергии на единицу объема, потребляемой большинством современных зданий. Незначительное отопление требуется лишь в период отрицательных температур. В идеале пассивный дом является независимой энергосистемой, вообще не требующей расходов на поддержание комфортной температуры воздуха и воды [2].

Архитектурная концепция пассивного дома базируется на принципах: компактности, качественного и максимально эффективного утепления, отсутствия мостиков холода в материалах и узлах примыканий, правильной геометрии здания, зонировании, ориентации по сторонам света. Из активных методов в пассивном доме обязательным является использование системы приточно-вытяжной вентиляции с рекуперацией [1].

Отопление пассивного дома должно происходить благодаря теплу, выделяемому живущими в нём людьми и бытовыми приборами. При необходимости дополнительного «активного» обогрева, желательным является использование альтернативных источников энергии. Горячее водоснабжение также может осуществляться за счёт установок возобновляемой энергии, например, солнечных водонагревателей, устанавливаемых на крыше. Решать проблему охлаждения / кондиционирования здания также предполагается за счет соответствующего архитектурного решения, а в случае необходимости, дополнительного охлаждения - за счет альтернативных источников энергии, например, геотермального теплового насоса [1].

Для электроснабжения пассивного дома также можно использовать альтернативные источники энергии, например, солнечные батареи.

Кремний является основным материалом для производства фотоэлементов. Однако, процесс очистки кремния очень трудоемкий и затратный, поэтому чистый кремний стоит дорого, следовательно, солнечные модули тоже. Сейчас ведется поиск более дешевых аналогов, которые бы не уступали кремнию по КПД. Из представленных на рынке разработок особый интерес представляют голографические солнечные батареи, разработанные Американской компанией Prism Solar Technologies. Солнечные фотоэлектрические модули, отличаются низкой стоимостью одного ватта выходной мощности и целым рядом привлекательных технических моментов. Батарея нового типа представляет собой чередующиеся полоски: полоска голограммы – полоска фотоэлектрической батареи и так далее [3]. На рисунке 1 представлен 25-ваттный модуль от Prism Solar.

Отличительная особенность новой солнечной панели — плоский голографический концентратор (Holographic Planar Concentrator — НРС). Это голографическая плёнка, зажатая между двумя слоями стекла. На плёнке при помощи лазера выполнены невидимые для глаза "узоры" интерференции, рассчитанные определённым образом. Дело в том, что эта голограмма поглощает из солнечного спектра те частоты, которые наиболее сильно воздействуют на фотоэлектрическую батарею, а далее – плёнка отражает нужные волны дальше. Нужные лучи, за счёт многократного отражения от голограммы и от внутренней поверхности наружного стекла, концентрируются и направляются на участки между голограммами, где с обратной стороны стеклянного "бутерброда" закреплены фотоэлектрические панели [3].



Рисунок 1 - Первый прототип солнечной голографической батареи [3]

Prism Solar утверждает, что преимущества технологии НРС включают в себя:

- низкие затраты на материал, так как используется меньше кремния. На 50-72% меньше кремния обеспечивает эффективную, но недорогую солнечную батарею;
- узкие фотоэлектрические фотоэлементы дают лучший результат электрических потоков, повышая эффективность преобразования;
- гарантированный минимум 80% мощности после 25 лет;
- панели работают при более низкой температуре;
- возможность собирать свет от задней и передней панели;
- голографические тонкие пленки собирают свет с различных углов падения света, повышая производительность в течение всего дня (известного как "пассивное слежение»);
- лёгкость и минимальная толщина;
- селекция света по частотам ("тепловая" часть спектра на фотоячейки не попадает), что приводит к высокому КПД фотоэлектрических преобразователей без их перегрева;
- не требуется охлаждение;
- отсутствие механизма поворота.

Таким образом, голографические солнечные батареи, разработанные Prism Solar, могут быть использованы в северных регионах земного шара. Эти солнечные батареи могут захватить падающий свет в утренние и вечерние часы, а также отраженный свет в любое время, значительно увеличивая их эффективность.

Для энергоэффективных жилых домов и зданий в Сибири необходимо соблюдать следующие технические требования:

- теплоизоляция с коэффициентом теплопередачи не более 0,15 Вт/(м² К);
- стыковые и переходные соединения без утечки тепла;
- механический способ вентиляции с рекуперацией тепла, степень рекуперации не ниже 75%;
- южное направление основного фасада (допустимое отклонение +/-30°) и большие оконные проемы, направленные на юг;
- отсутствие затененных участков с целью обеспечения пассивного накопления солнечной энергии;
- применение тройного остекления и суперизолирующих оконных рам;
- компактность формы сооружения.

Конструкция и основные элементы системы энергоснабжения энергоэффективного автономного дома представлены на рисунке 2.

Основным архитектурным решением здания является высокий уровень герметичности ограждающих конструкций, их усиленная теплоизоляция [4].

Для отопления используется приточно-вытяжная вентиляция с очисткой впускаемого воздуха и рекуперацией тепла. Нагрев приточного воздуха, максимальная мощность 1кВт.

Свежий воздух с улицы поступает в воздушный фильтр, фильтруется, проходит в грунтовый теплообменник, расположенный в земле, ниже уровня промерзания почвы. Там воздух зимой - нагревается, летом - охлаждается, поступает в рекуператор, в котором происходит

теплообмен с уже использованным воздухом, который затем удаляется наружу. Температура входящего воздуха получается комфортной, приблизительно 17°C , при необходимости он подогревается радиатором. По системе труб воздух поступает в помещения.

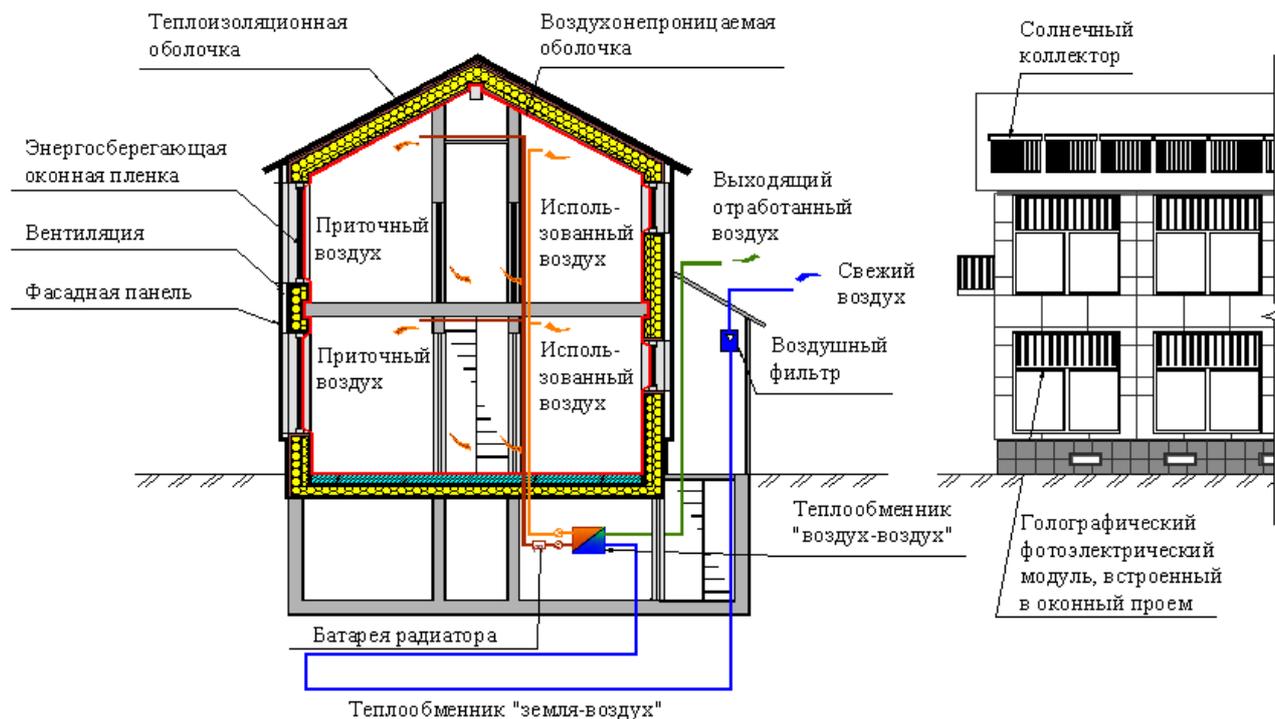


Рисунок 2

Солнце является дополнительным источником тепла. В разрабатываемом проекте будет использоваться «тепличный эффект». Основные помещения с большими окнами ориентированы на юг. Солнечная радиация, главным образом видимая часть солнечного спектра, проникает через ориентированное на солнце остекление окон дома, аккумулируется на бетонной плите пола, покрытой черной керамической плиткой. Все остальные части помещения окрашены в светлые тона, они отражают поступающий на них солнечный свет на темную бетонную плиту. За день пол нагревается и отдает свое тепло в ночное время, когда солнце уже садится. Второстепенные помещения: прихожие, кладовки, гардеробные, коридоры, лестничные клетки расположены вдоль северной стороны и имеют маленькие окна. Поскольку нагретая поверхность пола вторично излучают энергию в интерьер дома, температура воздуха в нем повышается, но теплота не проникает назад через остекление, таким образом, результатом является уловленная солнечная энергия.

Чтобы сократить теплопотери через большие окна в ночное время, будем использовать окна с тройным остеклением с покрытием экономичных и изменяющих излучение пленок (телопоглощающих и теплоотражающих), располагаемых с разных сторон остекления окна. Через воздуховоды нагретый воздух поступает в помещения, расположенные вдоль северной стороны.

Стандарты строительства пассивного дома требуют определенного соотношения A/V (площадь ограждающей поверхности, или проще, «оболочки» здания делится на суммарный объем помещений, в результате чего получаем коэффициент площади ограждающей поверхности сооружения). Этот показатель должен быть как можно меньше. Цель этого расчета заключается в том, что каждое здание в течение отопительного сезона теряет через свою внешнюю ограждающую поверхность ценное тепло. В тоже время геометрически компактные формы здания имеют самый низкий показатель тепловых потерь, так как большой внутренний объем помещений ограничен минимальной площадью внешней поверхности.

Такому дому не страшны неожиданные перебои с электроснабжением зимой. При температуре за окном -15°C пассивный дом остывает всего на 1°C за сутки [4].

Даже в условиях холодного климата температура внутри дома остается высокой, что обеспечивается хорошей теплоизоляцией. Таким образом, удастся избежать низких температур и перепадов температур [5].

Солнечные плоские вакуумные коллекторы, установленные на крыше, обеспечат водопотребление в полном объеме.

Для электроснабжения будут использованы голографические солнечные батареи, разработанные Prism Solar Technologies.

В конце этого года Prism Solar намерена начать серийный выпуск своих голографических батарей по весьма привлекательной цене $\$2,4$ за ватт, что примерно в 1,5-2 раза дешевле самых массовых на рынке "обычных" батарей на основе кристаллического кремния (примерно $\$3,2-4$ за ватт) [3].

Более того, второе поколение голографических батарей компания обещает сделать ещё дешевле – $\$1,5$ за ватт (они появятся через несколько лет).

Одним из решающих факторов в строительстве энергоэффективного пассивного дома является квалифицированное выполнение всех вышеперечисленных технических требований и качественная реализация проекта.

Достоинства энергоэффективного пассивного дома [4]:

- экономичность за счет низкого энергопотребления;
- экологичность - дому нужны только электроэнергия и вода, вредные выбросы в атмосферу отсутствуют;
- автоматическая поддержка комфортной для человека температуры;
- энергонезависимость - такой дом можно возвести вдалеке от газовых и тепловых сетей.

К недостаткам можно отнести длительный срок окупаемости.

По себестоимости пассивный дом несколько дороже обычного. В нем нет котла и системы отопления – это фактор снижения затрат. Тем не менее, существуют расходы на дополнительное утепление, герметизацию и рекуперацию. Впрочем, за 20 лет развития технологии стоимость пассивного дома резко снизилась, сегодня превышение составляет всего 5–10% [6].

Список литературы:

1. Пассивный дом. Wikipedia. [Электронный ресурс]: - Режим доступа к журналу: [http://ru.wikipedia.org/wiki/Пассивный дом](http://ru.wikipedia.org/wiki/Пассивный_дом). - Заглавие с экрана. - Дата обращения: 12.03.2012.
2. Что такое нулевой или пассивный дом [Электронный ресурс]: - Режим доступа к журналу: <http://www.ekopower.ru/?p=919#more-919>. - Заглавие с экрана. - Дата обращения: 28.02.2012.
3. Голографические солнечные батареи препарируют свет перед потреблением [Электронный ресурс]: - Режим доступа к журналу: <http://www.membrana.ru/articles/tech...03/222900.html>. - Заглавие с экрана. - Дата обращения: 12.10.2010.
4. Что такое пассивный дом? [Электронный ресурс]:- Режим доступа к журналу: konstryktorov.net/alternativnaya...passivnyi-dom/konstryktorov.net.- Заглавие с экрана.- Дата обращения: 28.02.2012.
5. Пассивный солнечный дом: Простой метод проектирования [Электронный ресурс]: - Режим доступа к журналу: <http://hosm.ru/info/passivehouse.html>. - Заглавие с экрана.- Дата обращения: 28.02.2012.
6. Энергия свечей, человека и земли [Электронный ресурс]: - Электронный журнал. - Алексей Шукин.- специальный корреспондент журнала «Эксперт».- Режим доступа к журналу: http://expert.ru/expert/2009/38/energiya_svechei.- Заглавие с экрана.- Дата обращения: 28.02.2012.

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОЙ АППАРАТУРЫ ПЕРЕДАЧИ И ПРИЕМА КОМАНД РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ И ПРОТИВОАВАРИЙНОЙ АВТОМАТИКИ НА СТАНЦИЯХ И ПОДСТАНЦИЯХ ЕДИНОЙ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ РОССИИ

Малетин А.В. – студент, Гутов И.А. – к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Надежность и живучесть единой национальной (общероссийской) электрической сети (ЕНЭС) России в значительной степени зависит от технического уровня, оснащенности и состояния эксплуатации средств (локальных устройств и комплексов) противоаварийной автоматики (ПА).

За период с 2007 по 2009 гг., процент правильной работы ПА на объектах ЕНЭС оставался приблизительно на одном, достаточно высоком уровне (99,4%) при общем увеличении случаев работы ПА за этот период. Однако, в предшествующий период с 2004 по 2006 гг. включительно процент правильной работы ПА составлял 99,6-99,8%. То есть, за последние годы процент правильной работы устройств ПА несколько снизился, что можно объяснить увеличением количества устройств выработавших свой срок службы (доля новых микропроцессорных устройств незначительна) и реорганизацией системы технического обслуживания устройств релейной защиты и автоматики проводившейся в период с 2007-2009 гг. За первое полугодие 2010 года процент правильной работы устройств ПА вырос до 99,6% против 99,4% за тот же период 2009 года. Однако, следует отметить, что в первом полугодии 2010 г. возрос процент ложных действий ПА по причинам старения оборудования по сравнению с тем же периодом 2009 года. Общее количество устройств ПА установленных на энергообъектах ОАО «ФСК ЕЭС» на 01 января 2010 года составило 6680 штук [1].

Статистика правильных и ложных действий аппаратуры ПА представлена на рисунке 1.

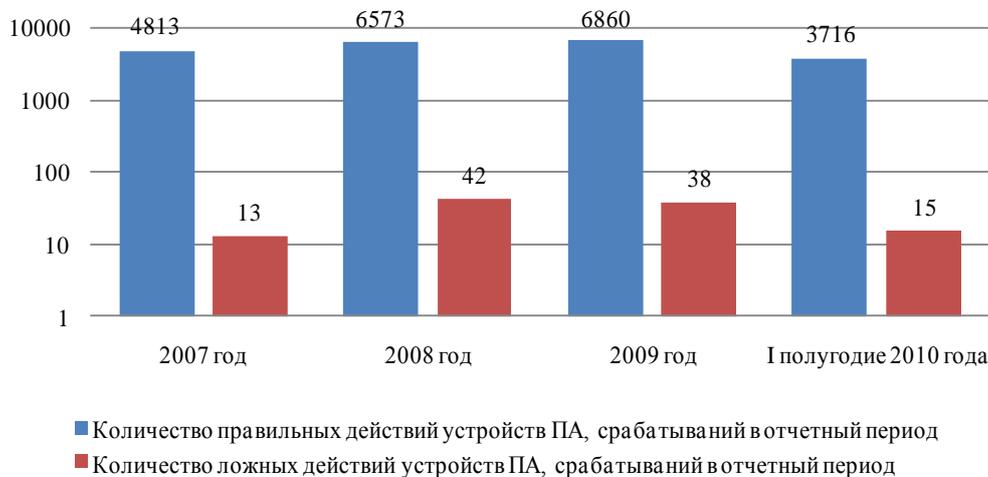


Рисунок 1 – Статистика правильных и ложных действий устройств противоаварийной автоматики

В настоящее время в электроэнергетике все большее распространение получают средства связи, устройства релейной защиты, основанные на микропроцессорной базе. Современные информационные технологии так же не обходят стороной, так на многих подстанциях ЕНЭС устанавливаются современные АТС ip-телефонии, вместо старых релейных, место высокочастотной (ВЧ) связи занимает связь по волоконно-оптической линии связи (ВОЛС), все подстанции объединяются в локальную сеть. При реконструкции и сооружении объектов электроэнергетического комплекса страны обязательным становится условие внедрения на этих объектах систем автоматического управления технологическими процессами (АСУ ТП).

В связи с вышесказанным, в современных условиях к аппаратуре передачи команд релейной защиты (РЗ) и ПА предъявляются следующие требования:

- совместимость со стандартными протоколами обмена информацией по ГОСТ и МЭК, возможность интеграции в АСУ ТП;
- высокая надежность работы и соответствие требованиям по электромагнитной совместимости, ГОСТ Р 51317.4, МЭК 61000.4;
- отсутствие необходимости производства пуско-наладочных работ;
- возможность передачи сигналов команд по ВОЛС;
- возможность передачи сигналов команд по ВЧ связи;
- применение современной элементной базы, оснащение средствами самоконтроля и диагностики, наличие гальванической развязки по цепям управления и сигнализации;
- возможность настройки основных электрических, временных, частотных характеристик с клавиатуры блока управления аппаратом или персонального компьютера непосредственно на месте установки, а так же удаленно по системе АСУ ТП;
- высокая ремонтпригодность за счет полной взаимозаменяемости блоков и плат одного назначения, без подстройки, вне зависимости от исполнения по частоте.

Дополнительно так же возможна интеграция следующих технических и программных средств:

- возможность передачи сигналов телемеханики и телесигнализации;
- возможность передачи данных межмашинного обмена;
- возможность настройки речевой связи: "абонент-абонент", "удаленный абонент - АТС".

В настоящее время в энергетике применяются следующие виды аппаратуры, указанные в таблице 1, там же приведена их сравнительная характеристика.

Проанализировав данные, приведенные в таблице 1 можно сделать вывод о соответствии аппаратуры передачи команд предъявляемым в настоящее время требованиям.

Наиболее полное соответствие имеет аппаратура АК «Тритон», ETL-600, FOX-515, PowerLink, между тем аппаратура иностранного производства имеет возможность работы либо с каналом ВОЛС, либо с ВЧ-каналом, в то время как аппаратура АК «Тритон» при прочих равных или даже лучших характеристиках имеет модификации, приспособленные для работы с обоими видами связи. Вышеозначенная аппаратура является комплексными устройствами связи, позволяющими совмещать в одном канале цифровые и аналоговые комплексы, создавать сети передачи данных.

Однако в практике не всегда нужен полный набор функций, таких как дуплексный режим работы, передача сигналов телемеханики и телесигнализации. Зачастую необходима совместимость с более старыми системами передачи и приема команд в условиях, когда по разным концам линии находятся приемники, имеющие разных собственников. В данном случае достаточной является установка приемников и передатчиков типа АКА «Кедр» и АКАП-М. При прочих равных условиях аппаратура АКА «Кедр» выигрывает за счет более широкого диапазона рабочих частот, большего количества совместимой аппаратуры, большего количества передаваемых команд, простоты в обслуживании и доступности рабочей документации для обслуживающего персонала. Передача команд в аппаратуре АКАП-М и АКА «Кедр» основана на хорошо зарекомендовавшей себя и надежной в отечественной энергетике системе ШОУ.

Проанализировав информацию статистики, можно сделать вывод, что большинство аппаратуры было установлено в период от двадцати до сорока лет назад, это аппаратура типов ВЧТО, АНКА-АВПА. Увеличивающееся число отказов оборудования по причине его старения говорит о том, что аппаратура выработала свой физический и моральный ресурс.

Однако, подход к решению данной проблемы выражающийся простой заменой старой аппаратуры на новую является недостаточным. Вместе с приемниками и передатчиками так же стареет изоляция контрольных кабелей, заземляющие устройства объектов. Схема организации питания, прокладки контрольных кабелей, отсутствие у большинства существующих кабелей экранирующей оболочки не соответствует современным требованиям МП аппаратуры по электромагнитной совместимости. Что может привести к новым ещё более серьезным отказам оборудования.

Таблица 1 – Сравнение характеристик аппаратуры передачи команд РЗ и ПА

Показатель	ВЧТО-М	АНКА-АВПА	АКАП-М	АКА «Кедр»	АК «Три-Тон»	FOX-515	EPL-600	PowerLink
Диапазон рабочих частот, кГц	40-500	36-600	28-600	24-1000	24-1000	Нет	24-1000	28-500
Максимальное количество передаваемых команд	5	14	16	32	32		24	
Дуплексный режим работы	Нет	Нет	Нет	Нет	Да	Да	Да	Да
Возможность интеграции в АСУ ТП	Нет	Нет	Да	Да	Да	Да	Да	Да
Передача сигналов команд по ВОЛС	Нет	Нет	Нет	Да	Да	Да	Нет	Нет
Передача сигналов команд по ВЧ связи	Да	Да	Да	Да	Да	Нет	Да	Да
Оснащение средствами самоконтроля и диагностики	Нет	Нет	Да	Да	Да	Да	Да	Да
Возможность настройки основных электрических, временных, частотных характеристик с клавиатуры блока управления аппаратом или персонального компьютера непосредственно на месте установки	Нет	Нет	Да	Да	Да	Да	Да	Да
Возможность передачи сигналов телемеханики и телесигнализации	Нет	Да	Да	Да	Да	Да	Да	Да
Возможность передачи данных межмашинного обмена	Нет	Нет	Нет	Нет	Да	Да	Да	Да
Возможность наладки речевой связи: «абонент-абонент», «удаленный абонент – АТС»	Нет	Нет	Нет	Нет	Да	Да	Да	Да
Непрерывный автоматический контроль исправности ВЧ тракта	Да	Да	Да	Да	Да	Нет	Да	Да
Совместимость с другой аппаратурой	Нет	Нет	АНКА-АВПА	АНКА-АВПА, ВЧТО, АКПА, АКАП	Нет	Нет	Нет	Нет
Данные производителя	Украина, г. Одесса, завод «Нептун»		Россия, Барнаул, СКБ «Восток»	Россия, г. Екатеринбург, ООО «Урал-энерго-сервис»		Швеция, Фирма АВВ		Германия, Фирма SIEMENS

Частично проблему ЭМС может решить применение на входах аппаратуры оптронной развязки по цепям, а так же по цепям питания применения блоков питания созданных по схеме широтно-импульсной модуляции (ШИМ схема).

В современной аппаратуре отечественного производства учтены усложненные условия работы на энергообъектах. В аппаратуре типа АКА «Кедр» и АК «ТриТон», практически по всем цепям внешних связей применяется оптронная развязка, питание аппаратуры организовано от сети постоянного тока с применением ШИМ схемы, это позволяет избежать проблем большинство которых связано с несоответствием электромагнитной обстановки на объекте размещения. Аппаратура иностранного производства зачастую лишена этого.

Таким образом, решение проблемы устаревания аппаратуры ПА требует комплексного подхода к решению задачи. Всестороннего исследования цепей питания, цепей связи с другой аппаратурой по месту установки каждого аппарата, применения главным образом отечественной техники учитывающей условия и опыт эксплуатации на объектах энергетики.

Список литературы:

1. Программа мероприятий по снижению случаев неправильной работы устройств ПА на объектах ЕНЭС [Текст]: приложение к приказу ОАО «ФСК ЕЭС» от 03.09.2010 №638

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СВЕТИЛЬНИКОВ «ВОЛНА» ЛСПО 4x58 ДЛЯ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ ПРИ ОСВЕЩЕНИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

Самохин Н.В. - студент, Гутов И.А. - к.т.н., доцент

На сегодняшней день одной из главных проблем энергетики является повышение энергоэффективности современных промышленных предприятий, в частности повсеместный переход на "энергосберегающее" освещение.

Промышленными предприятиями тратится около 12 - 15% электроэнергии на освещение. С помощью современных технологий можно сэкономить до 60 - 70% электроэнергии, заодно улучшая качество освещения. Специалисты видят два выхода: замена ламп накаливания и ртутных газоразрядных ламп, основные из них ДРЛ - 250 и ДРЛ - 700, которые применяются для освещения цехов предприятия, на энергосберегающие люминесцентные лампы с применением электронной пускорегулирующей аппаратуры (ЭПРА) или переход на светодиодное освещение.

Задачей данной работы является обоснование внедрения на котельном заводе города Барнаула новых высокоэффективных систем освещения на базе светильников «Волна» ЛСПО 4 x 58 с ЭПРА, которые используются для цехового освещения, с целью снижения потребления электроэнергии и при этом безопасных для здоровья работников завода.

В светильниках «Волна» ЛСПО применяется отражатель светового потока в виде двух крыльев, имеющий запатентованную изогнутую форму кривой линии, строго заданной запрограммированного профиля. Он увеличивает световой поток в направлении излучения на 25% и более.

Технические характеристики основных осветительных устройств, применяемых на котельном заводе, и новых внедряемых приведены в таблице 1.

Для оценки экономического эффекта рассмотрим использование РСП 05 700 ртутных ламп, светодиодных ламп L-Banner 96 и люминесцентных ламп «Волна» ЛСПО - 4x58 в одном из цехов котельного завода - сварных барабанов. Данные для расчета экономического эффекта приведены в таблице 2. Исходными данными являются высота цеха 24 метра, длина 144 метра и ширина 60 метров, общая площадь помещения 8640 квадратных метров. В результате расчетов срок окупаемости светодиодных ламп L-Banner 96 составляет 5,9 лет, люминесцентных ламп «Волна» ЛСПО – 4 x 58 - 1 год

Таблица 1 - Технические характеристики осветительных устройств

Характеристики	Люминесцентная лампа «Волна» ЛСПО - 4x58	Светодиодная лампа L-Banner 96	Лампа накаливания 500 Вт	РСП 05 700 ртутная лампа ДРЛ-700
Напряжение и частота, В/Гц	220/50			
Устойчивость к перепадам напряжения в сети, В	160 до 300 в течении 1 часа	160 до 260	160 до 230	160 до 230
Срок службы, час	20000	50000	1000	8000
Мощность, Вт	220	160	500	700
Световой поток, Лм	20800	13248	8400	41000
Индекс цветопередачи, Ra	90	75	95	50
Коэффициент мощности	0,9	0,95	0,98	0,9
Электромагнитные помехи	минимальные	нет	нет	минимальные
Работают при температурах окружающей среды, °С	-30 до +50	- 60 до +50 требуют дополнительное охлаждение	-60 до +50	-30 до +50
Излучение, наличие токсических веществ	люминофорные напыления, ртуть, свинец	нет	нет	UV-излучение, люминофорные напыления, ртуть, свинец.
Требования к утилизации	только специальная утилизация	нет	нет	только специальная утилизация
Стробоскопический эффект	отсутствует	отсутствует	минимальный	высокий
Стоимость, рублей	3900	26000	-	3200
Экономическая эффективность, рублей/лм	0,187	1,96	-	0,078
Эксплуатационные расходы	средние	низкие	высокие	средние
Ударопрочность	низкая (стекло)	высокая	низкая (стекло)	низкая (стекло)

Светодиодные лампы отличаются повышенными характеристиками прочности и стойкости. При использовании светодиодной лампы отсутствуют шум, пульсация, пусковые броски тока. Светодиодные лампы обладают прекрасными показателями экологической безопасности ввиду того, что они не содержат ртути и других вредных для человеческого организма и окружающей среды веществ.

Не смотря на это, вопрос практического применения остается открытым в виду нижеперечисленных недостатков:

- высокая цена, в 50-100 раз больше, чем у обычной лампы накаливания;
- падение светового потока до 35% в течение первых 15000 часов работы;
- низкая предельная температура: мощные осветительные светодиоды требуют внешнего радиатора для охлаждения, радиатор не только удорожает конструкцию и увеличивает объём

светильника;

- для питания одиночного светодиода от питающей сети необходим низковольтный источник питания постоянного тока;
- высокий коэффициент пульсаций светового потока;
- спектр отличается от солнечного;
- светодиодные лампы дают весьма направленный свет, что оказывает ослепляющий эффект;
- чувствительность к частым включениям и выключениям.

Таблица 2 - Расчет экономического эффекта

Показатели	Люминесцентная лампа «Волна» ЛСПО - 4x58	Светодиодная лампа L-Banner 96	РСП 05 700 ртутная лампа ДРЛ-700
Количество светильников, шт	84	133	216
Освещение на рабочих местах, люкс	260	260	260
Потребляемая мощность, Вт	220	160	700
Годовой фонд рабочего времени, час	4500	4500	4500
Расчетное потребление электрической энергии всеми светильниками за год, кВт	83160	96760	680400
Стоимость электроэнергии, руб.	1,96		
Сумма расходов на электроэнергию, потребляемую системой освещения в год, рублей	162993,6	187689,6	1333584
Сумма расходов на электроэнергию, потребляемую системой освещения за пять лет, руб.	814968	938448	6667920
Срок службы лампы, час	20000	50000	8000
Стоимость светильника, руб.	3900	26000	3200
Суммарная стоимость светильников, руб.	327600	3458000	691200
Стоимость лампы, руб	86	-	600
Выход из строя ламп за пять лет, шт.	336	0	605
Эксплуатационные расходы, руб.	18900	0	37152
Стоимость утилизации ламп, руб.	8400	0	15125
Затраты на приобретение ламп на пять лет работы светильников, руб	28896	0	363000
Итого, руб.	1198764	4396448	7702397

Основными достоинствами светильника «Волна» ЛСПО 4 x 58 являются:

- отсутствие стробоскопического эффекта;
- малая себестоимость;
- длительный срок службы; высокая светоотдача;
- значительно меньшее потребление электроэнергии;
- стойкость к перепадам напряжения в сети;
- низкая теплоотдача; высокий КПД;
- освещение близко к естественному;
- простота конструкции.

Недостатки светильника «Волна» ЛСПО 4x58 заключаются в следующем:

- утилизация люминесцентных ламп, но данная проблема решается, по данным СМИ в городе Барнауле на данный момент работают четыре пункта приема люминесцентных ламп;
- низкая прочность и стойкость к механическим повреждениям;
- ограниченная единичная мощность;
- не приспособлены к работе при температуре воздуха ниже $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- дополнительные потери энергии в пускорегулирующей аппаратуре.

В настоящее время применение светодиодных ламп не выгодно по многим вышеуказанным причинам. В дальнейшем усовершенствование характеристик и снижение цены даст возможность внедрения их в различные сферы деятельности. На данный момент более актуальным является использование светильников «Волна» ЛСПО 4x58 для энергосбережения при освещении производственных помещений, учитывая их технические характеристики, экономический эффект и относительную безопасность для человека.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЧАСТИЧНЫХ РАЗРЯДОВ В КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЯХ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ИХ ПОВРЕЖДЕНИЙ

Богомаз А.Н – магистрант, Попов А.Н. – к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Застройка городов обуславливает необходимость соответствующего развития распределительных электрических сетей, которые являются важнейшими элементами системы электроснабжения любого населенного пункта. Занимая промежуточное положение между центрами питания и потребителями, они предназначены для передачи и распределения электрической энергии среди всех потребителей, расположенных на территории города.

С помощью распределительных сетей осуществляется электроснабжение жилых домов, общественно - коммунальных учреждений, мелких, средних, а иногда и крупных промышленных потребителей. Через городские потребительские сети в настоящее время передается до 40 % вырабатываемой в стране электрической энергии. Важнейшим вопросом эксплуатации распределительных сетей является установление требуемого уровня надежности электроснабжения потребителей.

Длительным сроком эксплуатации, значительно превышающий нормативные величины, тяжелый температурный режим, высокая плотность застройки и благоустройство – являются усугубляющими факторами аварийности в эксплуатации распределительных сетей.

Главным недостатком кабельных линий, снижающим их надежность, является относительно частая их повреждаемость, длительный выход из строя. Последнее обусловлено, прежде всего, сложностью выявления места дефекта кабельной линии. По данным эксплуатации в общей цепи электроснабжения кабельные линии повреждаются в 2-3 раза чаще, чем другие элементы (коммутационная аппаратура, трансформаторы и т.д.) и дают почти половину из общего числа случаев нарушения электроснабжения. При этом на выявление и ликвидацию одного повреждения затрачивается от 50-70 ч до 6-9 суток. Этим цифрам соответствуют и зарубежные статистические данные.

Длительность выхода из строя кабельных линий при повреждениях приводит к снижению надежности электроснабжения ответственных потребителей, которые в этом случае получают питание только по резервным линиям. При отсутствии резервных линий и их повреждениях, потребители остаются без питания на длительное время. Причины повреждений линий могут быть разделены: на заводские дефекты - 15%, дефекты прокладки - 7-15%, дефект монтажа — до 40%, дефекты эксплуатации — 30-38% (в том числе повреждения, возникающие при земляных работах на трассах кабелей). По конструктивным элементам кабельных линий повреждения разделяют на самом кабеле (60%), и повреждения в соединительных муфтах и концевых разделках (40%). Однофазные повреждения по данным ряда исследователей могут составлять до 75% от общего числа повреждений.

Требование о снижении аварийности по причине развития быстро прогрессирующих процессов, приводит к необходимости иметь достоверную информацию о текущем состоянии изоляции кабелей. Объективные данные о техническом состоянии силовых кабелей в условиях эксплуатации можно получить современными диагностическими методами.

Диагностика силовых кабельных линий на сегодняшний день может осуществляться двумя способами: разрушающим и неразрушающим. Применение разрушающих методов испытания изоляции кабельных линий, например, повышенным постоянным напряжением вызывает сокращение их ресурса, так как в проблемных местах изоляции идут ионизационные процессы (частичные разряды), разрушающие изоляцию. Испытание изоляции кабельных линий повышенным постоянным напряжением целесообразно проводить при вводе их в эксплуатацию и после ремонта, а также при отсутствии средств неразрушающего контроля. Испытания изоляции кабельных линий повышенным постоянным напряжением в процессе эксплуатации, особенно после длительной эксплуатации, способствуют досрочному выходу их из строя.

Определение технического состояния изоляции кабельных линий целесообразно производить неразрушающими методами испытаний. Применение таких методов не травмирует изоляцию, т. е. не сокращает ресурс кабелей и муфт. Использование неразрушающих методов диагностики позволяет не только получать информацию о текущем состоянии изоляции силовых КЛ, не травмируя ее изоляцию, но и локализовать имеющиеся проблемные места.

Из разработанных методов можно выделить следующие неразрушающие методы диагностики силовых КЛ напряжением до 35 кВ, которые широко используются за рубежом:

- метод измерения и локализации частичных разрядов в кабельных линиях;
- метод измерения и анализа возвратного напряжения в изоляции силовых кабелей;
- метод измерения тока релаксации в изоляции СПЭ-кабелей;
- метод измерения диэлектрических характеристик изоляции кабелей;
- метод импульсной рефлектометрии для предварительной локализации низкоомных повреждений в силовых КЛ и импульсно-дуговой метод для предварительной локализации высокоомных повреждений в КЛ (с использованием рефлектометров и устройств стабилизации дуги);
- метод контроля целостности оболочки силовых кабелей и определения места неисправности в ней.

Разработанные за рубежом методы и соответствующее оборудование ориентированы, главным образом, на проведение испытаний и диагностики кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена, которые преимущественно используются в распределительных кабельных сетях зарубежных стран.

Применительно к силовым кабелям с бумажной пропитанной изоляцией, которые остаются основным типом кабелей в кабельных сетях России напряжением до 35 кВ включительно, одним из наиболее эффективных методов, которые могут использоваться для неразрушающей диагностики, являются метод измерения и локализации частичных разрядов изоляции кабелей. Этот метод позволяет определить: распределение и величину частичных разрядов по длине линии; количество частичных разрядов в проблемных местах; зависимость уровня частичных разрядов от напряжения; напряжение возникновения ЧР; напряжение гашения ЧР; тангенс угла диэлектрических потерь; электрическую емкость.

В данной работе будет построена математическая модель метода измерения и локализации частичных разрядов в кабельных линиях, которая позволит установить зависимость параметров, характеризующих точность определения места повреждения от параметров излучаемого диагностирующего сигнала. Выявленная зависимость даст нам возможность своевременно и оперативно обнаруживать возникновение зарождающихся и сформировавшихся повреждений в кабельных сетях, тем самым предупреждать аварийные ситуации и сокращать время поиска мест повреждения в кабельных линиях. В результате снижается время перерывов в электроснабжении потребителей электроэнергии, повышается надежность и бесперебойность электроснабжения потребителей.

нию на март полупиковая и пиковая нагрузка БЭ составляет 200 МВт. Также следует отметить, что частично это покрывается суточным изменением режима работы Барнаульской ТЭЦ-3 в пределах 50 МВт.

В свою очередь предполагалось, что Барнаульская ГТ-ТЭЦ (установленная мощность 36 МВт) будет оказывать системные услуги по регулированию графика электрических нагрузок в ремонтных схемах и в часы максимума нагрузки, однако текущее и перспективное повышение цен на газ и политика руководства станции не способствовали реализации этой идеи.

Некоторое решение проблемы неравномерности графиков электрических нагрузок обеспечивают следующие методы:

- экономические - стимулированием потребителей к переносу части своей электрической нагрузки на внепиковые часы. Для крупных потребителей это оформляется как оказание системных услуг, для бытовых – введением тарифов, дифференцированных по зонам суток.

- административные – воздействием административных органов на величину потребления электрической энергии крупных потребителей в часы максимума;

- технические (режимные) – обеспечение выработки электроэнергии пиковой области графика электрических нагрузок высокооборотными электростанциями со снижением неравномерной работы электрических сетей.

Эти методы были проанализированы в данной работе. Рассмотрен мировой опыт и область их применения. Для БЭ рассмотрены перспективы введения тарифа для населения, дифференцированного по двум зонам суток. Рассмотрен вариант применения газотурбинной электростанции установленной мощностью 100 МВт, определен режим её работы, рассчитан центр электрических нагрузок.

ДИАГНОСТИКА ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ СРЕДСТВАМИ ИНФРАКРАСНОЙ СПЕКТРОСКОПИИ

Шатилов И.А., Плеханов П.Н. – студенты, Сташко В. И. – к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Надежность современных систем производства и распределения электроэнергии в значительной мере определяется безотказностью работы оборудования электроустановок.

Аварийные повреждения часто сопровождающиеся разрушением оборудования приводят к нарушению электроснабжения и большому экономическому ущербу у потребителя.

Поддержание необходимой степени надежности оборудования в процессе его эксплуатации обеспечивается системой технического обслуживания, ремонта и диагностики. Необходимость совершенствования системы и традиционных методов эксплуатационного контроля электрооборудования определяется их недостаточной эффективностью и потребностью вывода оборудования из работы.

В этом отношении применение средств инфракрасной техники для оценки теплового состояния оборудования обеспечивает получение оперативной информации на работающем оборудовании.

Как известно все тела имеющие температуру выше абсолютного нуля ($-273,15\text{ }^{\circ}\text{C}$), являются источниками электромагнитного излучения, возникающего за счет тепловой энергии (теплового излучения).

Электромагнитное излучение, возникающее за счет внутренней энергии излучающего тела, зависящая только от температуры и оптически свойств этого тела, называется тепловым излучением.

Материалы непрерывно испускают и поглощают электромагнитное излучение. Процесс излучения связан с возбуждением молекул внутри вещества, в результате чего возникают излучательные переходы электронов.

Спектр излучения произвольно делят на области по признаку функциональных особенностей источников или приемников излучения. Инфракрасный диапазон волн расположен между видимым и радио-диапазоном и занимает область от 0,75 до 750 мкм.

Применение инфракрасного излучения (ИК-излучения) имеет и свои ограничения. Они обусловлены главным образом тем, что в отличие от радиоволн, ИК-излучения претерпевают значительное затухание вследствие поглощения и рассеяния. Рассеяние ИК-излучения происходит на взвешенных в атмосфере частицах пыли, воды. Атмосферные газы (водяной пар и углекислый газ) поглощают ИК-излучения в некоторых областях спектра. Принцип работы приборов ИКТ основан на преобразовании инфракрасного излучения тел, к которому нечувствителен человеческий глаз, в видимое.



Рисунок 1 - Тепловизор

Термография – перевод инфракрасного изображения в видимое для возможности анализа и принятия решения. Это научный способ получения термограммы — изображения в инфракрасных лучах, показывающего картину распределения температурных полей.

ИК-приборы по принципу действия могут быть разделены на пассивные и активные.

В пассивных ИК-приборах используется собственное ИК-излучение объектов или отраженное от них излучение естественных источников. Большинство ИК-приборов относится к этой группе приборов.

В активных ИК-приборах используются различные встроенные искусственные источники ИК-излучения, освещающие исследуемые объекты.

Тепловизор – устройство для визуального наблюдения тепловых полей объектов за счет преобразования инфракрасного излучения нагретых тел, к которому нечувствителен человеческий глаз, в видимое изображение на экране тепловизора.



Рисунок 2 - Пирометр

При проведении инфракрасного обследования электрооборудования существенное значение имеет выявление и устранение систематических и случайных погрешностей, оказывающих влияние на результаты измерения.

Систематические погрешности заключены в конструкции измерительного прибора и зависят от его выбора в соответствии с требованиями к совершенству измерения (разрешающей способности, поля наблюдения и т.п.).

Случайными погрешностями, возникающими при проведении ИК-диагностики, могут являться: воздействие солнечной радиации, излучательная способность и др.

ИК-диагностику желательно проводить при отсутствии солнца, в облачную погоду или ночью, предпочтительно перед восходом солнца, при минимальном воздействии ветра (до 3 м/с), в период максимальных токовых нагрузок.

Факторы влияющие на ИК-диагностику.

1. Влияние атмосферы. Энергия инфракрасного излучения ослабляется при прохождении сквозь атмосферу за счет:

- поглощения газами, составляющими атмосферу;
- рассеяния на частицах, находящихся в атмосфере.

Окна прозрачности, в которых поглощение инфракрасного излучения очень слабое, находятся в интервалах волн 1,2-1,3; 1,5-1,8; 2,1-2,5; 3-5; 8-13 мкм. Последнее окно (8-13 мкм) соответствует по длинам волн максимуму теплового излучения тел при окружающей температуре.

2. Солнечное излучение. Солнечная радиация нагревает контролируемый объект и при наличии участков (узлов) с хорошей отражательной способностью, создает впечатление о наличии высоких температур в местах измерения.

3. Ветер. Если ИК-диагностика осуществляется на открытом воздухе, необходимо принимать во внимание возможность охлаждения ветром контролируемого объекта (контактного соединения). Так, превышение температуры, измеренное при скорости ветра 5 м/с будет примерно в 2 раза ниже, чем измеренное при скорости ветра 1 м/с.

4. Токовая нагрузка. Температура токоведущего узла (контактного соединения) зависит от нагрузки и прямо пропорциональна квадрату тока, проходящего через контролируемый участок. Поэтому желательно проводить ИК-диагностику, в период максимальных нагрузок. Если нагрузка будет маленькой или вообще отсутствовать, то обнаружить дефектный узел не получится.

5. Атмосферные осадки. Дождь, туман, мокрый снег в значительной степени охлаждают поверхность объекта, измеряемого с помощью ИК-прибора и в определенной мере рассеивают инфракрасное излучение каплями воды. Инфракрасный контроль допускается проводить при небольшом снегопаде с сухим снегом или легком морозящем дожде, как исключение.



Рисунок 3 - Спектральное пропускание атмосферы

ПЛАНИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ НА ОСНОВЕ МЕТОДА SSA

Старикова Ю. В. – магистрант, Сташко В. И. – к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Электроустановки высокого напряжения, которые включают в себя воздушные линии электропередач (ВЛЭП) высокого и сверхвысокого напряжения (свыше 220 кВ) являются источником электромагнитного поля (ЭМП).

Электромагнитное поле ВЛЭП стало важным экологическим, социальным и техническим фактором, требующим всестороннего изучения. Поэтому цель современных исследований может быть сформулирована как всестороннее изучение явлений, связанных с появлением временных изменений и пространственной структурой ЭМП создаваемое ВЛЭП, с их экспериментальной проверкой, для разработки объективных и достоверных критериев влияния ЭМП на окружающую среду и технические объекты.

В нашем случае объектом исследования электроустановки высокого напряжения, а предметом исследования электромагнитное поле создаваемое ВЛЭП. Выходными параметрами является характеристики эллиптически поляризованного электрического и магнитного поля, а именно, действующие и максимальные значения напряженностей электрического и магнитного поля, как за один период колебания тока промышленной частоты, так и вдоль большей полуоси эллипса поляризации, а также коэффициент поляризации.

Для достижения поставленной цели необходимо решить широкий круг задач. Первостепенной задачей является разработка моделей, методики, алгоритма определения выходных параметров ЭМП ВЛЭП, которая максимально точно учитывала особенности электроустановок высокого напряжения. Они могут разрабатываться безотносительно к внешним воздействиям, но взаимосвязь внешних воздействий с компонентами ВЛЭП должны быть установлены заранее, тогда когда еще не известны конкретные конструктивные решения электроустановки.

Для более точных расчетов, моделирования и прогнозирования электромагнитной обстановки вблизи широкого класса излучающих технических средств – электрических установок необходима модель прогнозирования электрических нагрузок имеющий вероятностный характер.

В общем случае модели и законы изменения внешних воздействий также могут быть найдены независимо от конкретной электроустановки, на которую они воздействуют. Согласно разработанной классификации внешних воздействий на электроустановки, часть из них носит вероятностный характер (метеорологические характеристики и нагрузочные электрические характеристики). Исходя из этого, возникает необходимость в определении моделей и законов распределения случайных величин и процессов, которыми и являются эта часть.

Для создания моделей нагрузочных электрических характеристик такой подход не является оптимальным из-за недостаточной глубины данных о токовых нагрузках электрических сетей. Динамическое стохастическое моделирование позволяет осуществлять прогноз на перспективу до 5 - 7 лет. Существующие в настоящее время методы прогнозирования временных рядов могут использоваться для прогнозирования энергопотребления, однако наибольшей точностью обладают G-методы, их точность в большой мере зависит от исходных данных.

Одним из G методов является сингулярный спектральный анализ. В его основе лежит трансформация ряда в матрицу и ее сингулярное разложение. После идентификации компонент сингулярного разложения происходит их группировка, приводящая к разложению исходного ряда на аддитивные компоненты, такие как тренд, колебания (периодики) и шум. В зарубежной литературе метод наиболее известен под названием SSA (Singular Spectrum Analysis), он возник из теории динамических систем. В России метод получил название «Гусеница» и первоначально был основан на статистических аналогиях с методом главных компонент.

Для того чтобы можно было использовать метод «Гусеница»-SSA для моделирования электрической нагрузки с максимальной эффективностью необходимо привести его краткий алгоритм (более подробно он описан в [14, 15]). Рассмотрим вещественнозначный временной ряд $F_N = (f_0, \dots, f_{N-1})$ длины N , $N > 2$.

Алгоритм можно разбить на две части: первая часть - вложение, сингулярное разложение; вторая - группировка и диагональное усреднение. Первые часть в совокупности называются разложением, вторая – восстановлением. Основным параметром алгоритма служит так называемая длина окна L , $1 < L < N$. Результатом является разбиение временного ряда на аддитивные составляющие.

Разложение. Первый шаг, вложение, состоит в формировании из ряда траекторной матрицы \mathbf{X} размером $L \times K$, $K = N - L + 1$, следующим образом. Будем последовательно брать из ряда отрезки длины L и составим из них траекторную матрицу $\mathbf{X} = [X_1 : \dots : X_K]$, где

$$X_j = (f_{j-1}, \dots, f_{j+L-2})^T. \text{ Далее проводится сингулярное разложение матрицы } \mathbf{X} :$$

$$\mathbf{X} = \mathbf{X}_1 + \mathbf{X}_2 + \dots + \mathbf{X}_d, \quad \mathbf{X}_i = \sqrt{\lambda_i} U_i V_i^T,$$

где $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_d > 0$ – упорядоченные ненулевые собственные числа матрицы $\mathbf{X}\mathbf{X}^T$,

$\mathbf{U}_i \in \mathbf{R}^L$ – соответствующие им собственные вектора, а $\mathbf{V}_i \in \mathbf{R}^K$: $V_i = \lambda_i^{-1/2} \mathbf{X}^T U_i \in \mathbf{R}^K$ будем называть факторными векторами.

Восстановление. На третьем шаге проводится группировка компонент разложения. Разбив $\{1, \dots, d\}$ на m непересекающихся подмножеств I_j , получим

$$\mathbf{X} = \mathbf{X}_{I_1} + \mathbf{X}_{I_2} + \dots + \mathbf{X}_{I_m}, \quad \mathbf{X}_{I_j} = \sum_{k \in I_j} \mathbf{X}_k.$$

Последним шагом является восстановление рядов $F_N^{(j)}$ по сгруппированным матрицам \mathbf{X}_{I_j} . Элемент ряда $f_n^{(j)}$ получается с помощью усреднения вдоль антидиагонали элементов матрицы \mathbf{X}_{I_j} с индексами a и b такими, что $a + b = n + 2$. Таким образом, получаем разбиение ряда

$$F_N = F_N^{(1)} + \dots + F_N^{(m)}.$$

Самым неформализуемым шагом является шаг группировки. Вся информация о каждой из компонент \mathbf{X}_i содержится в собственном числе λ_i , а также в собственном U_i и факторном V_i векторах. Собственный и факторный вектора называют сингулярными векторами, а совокупность $(\sqrt{\lambda_i}, U_i, V_i)$ – собственной тройкой.

Соответственно для того, чтобы выделить какую-то составляющую ряда или отделить сигнал от шума, необходимо найти соответствующие искомым составляющей компоненты разложения, сгруппировать их и восстановлением получить искомым ряд. Условия, при которых такое разложение и выделение возможно, а также принципы и теоретические постулаты, на которые опирается идентификация, описаны в работах [14, 15]. Таким образом, одним из основных параметров алгоритма влияющих на точность прогноза является длина окна.

Как было показано выше, большое значение при применении метода спектрального сингулярного анализа играет длина окна. Априорно мы знаем о цикличном изменении потребляемой электрической энергии в течение суток, поэтому для дальнейшего анализа были выбраны следующие длины окна и количество главных компонент:

- для варианта I - 12 (соответствует половине суточного цикла), 10;
- для варианта II - 24 (соответствует суточному циклу), 9;
- для варианта III - 48 (соответствует двум суткам), 9;
- для варианта IV - 168 (соответствует недельному циклу), 9.

Согласно методу спектрального сингулярного анализа было произведено разложение,

восстановление, аппроксимация и прогнозирование электропотребления на следующие сутки 01.02.2009 для выбранных вариантов. Результаты прогнозирования в показаны на рисунке 1.

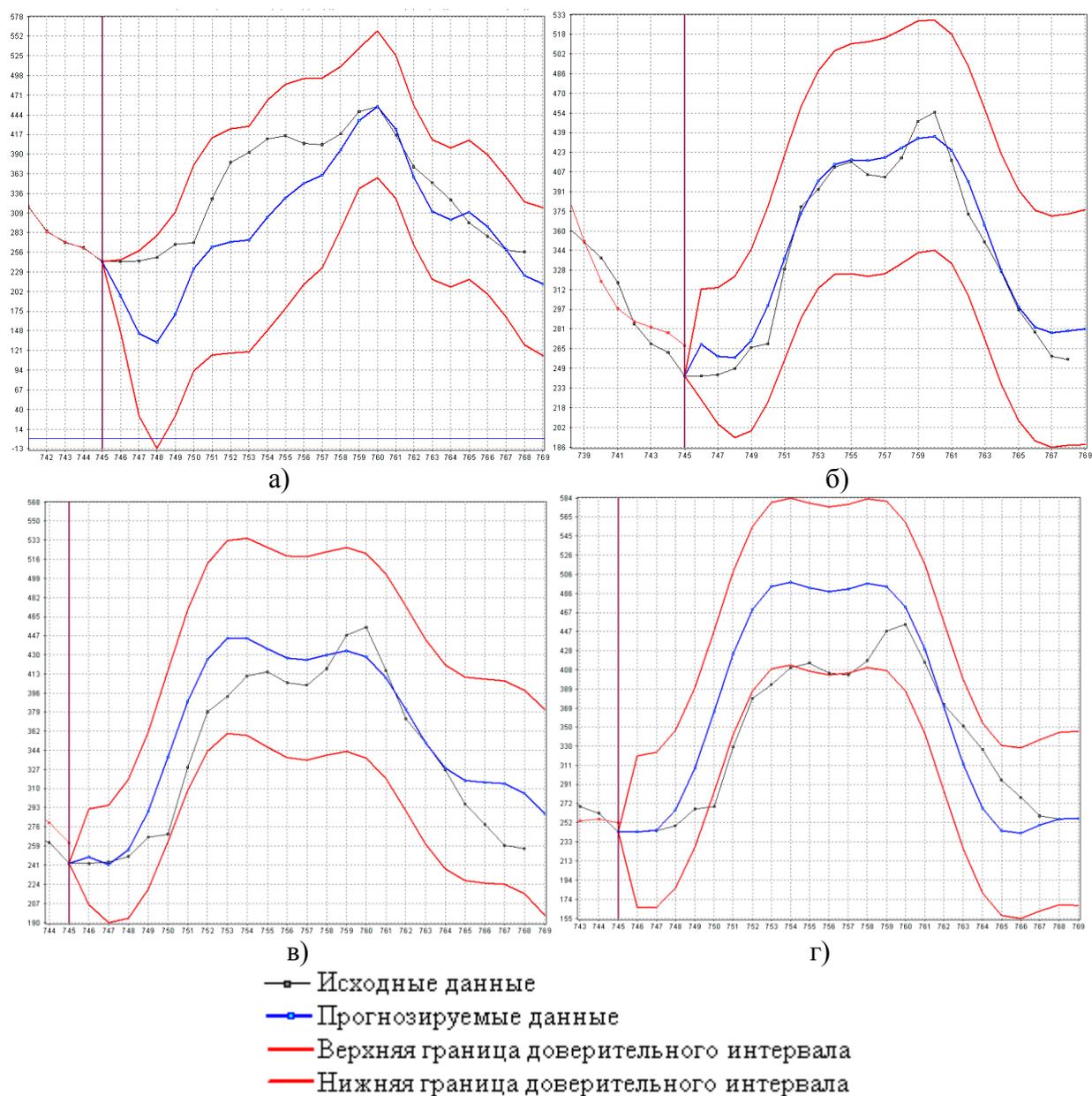


Рисунок 1 – Прогноз электропотребления:
 а) для варианта I; б) для варианта II; в) для варианта III; г) для варианта IV

Анализируя прогноз электропотребления с фактическим потреблением, можно сделать вывод, что наиболее точным является прогноз с длиной окна равной 24, в этом случае средняя относительная погрешность составляет 3,22 % и лежит по отдельным прогнозируемым часам в диапазоне от 0,1 % до 8,3 %.

Наихудшие результаты прогнозирования наблюдаются при длине окна 12 и 168, в этом случае средняя погрешность превышает 15 %, что не может считаться удовлетворительным результатом, однако даже такой прогноз находится в границах доверительного интервала.