

СЕКЦИЯ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

ПЕРЕЧЕНЬ ДОКЛАДОВ

ПРИМЕНЕНИЕ СВЕТОДИОДНЫХ СВЕТИЛЬНИКОВ В НАРУЖНОМ ОСВЕЩЕНИИ

Пацко М.Н.
Научный руководитель - к.т.н., доцент Козловская В.Б.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В УПРАВЛЕНИИ ОСВЕЩЕНИЕМ

Ахундова Ю. Д.
Научный руководитель – к. т. н., доцент Козловская В.Б.

НАДЕЖНОСТЬ СВЕТОДИОДНЫХ ИСТОЧНИКОВ СВЕТА

Дубатовка А.Д.
Научный руководитель – к.т.н., доцент Козловская В.Б.

ВЫБОР АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ ДЛЯ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ С СОБСТВЕННЫМИ ГЕНЕРИРУЮЩИМИ ИСТОЧНИКАМИ

Капустинский А.Ю.
Научный руководитель – к.т.н., доцент Радкевич В.Н.

ВЛИЯНИЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКИ НА ЦЕНООБРАЗОВАНИЕ НА РЫНКЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Коваленко А. П.
Научный руководитель – старший преподаватель Колосова И. В.

КАБЕЛЬНЫЕ ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ КАК ИСТОЧНИКИ И ПОТРЕБИТЕЛИ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ

Коледа-Сакович Д.Г.
Научный руководитель – к.т.н., доцент Радкевич В.Н.

СПОСОБЫ УЛУЧШЕНИЯ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ПРИ РАБОТЕ СВАРОЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Малиновская А.Л.
Научный руководитель – старший преподаватель Колосова И.В.

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ИНТЕРВАЛЫ ТОКОВ КАБЕЛЕЙ С ИЗОЛЯЦИЕЙ ИЗ СШИТОГО ПОЛИЭТИЛЕНА

Алехнович Д.С.
Научный руководитель – к.т.н., доцент Радкевич В.Н.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОСТОЯННОГО ТОКА ПРИ ТРАНСПОРТИРОВКЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Амицба К.В.
Научный руководитель – ассистент Протасеня М.Л.

ДОСТОИНСТВА И НЕДОСТАТКИ СПОСОБОВ УПРАВЛЕНИЯ НАРУЖНЫМ ОСВЕЩЕНИЕМ

Мазуркевич М.В., Шинкович А.А.
Научный руководитель – старший преподаватель Калечиц В.Н.

ВЕТРОВАЯ ЭНЕРГИЯ КАК НЕИССЯКАЕМЫЙ ИСТОЧНИК ЭНЕРГИИ

Анищик О.Р, Стаскевич П.И.
Научный руководитель – ассистент Михайлова Я.В.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СВЕТОДИОДНЫХ И ИНДУКЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ПРОМЫШЛЕННОМ ОСВЕЩЕНИИ

Гринкевич В.А., Рогацевич Е.А.
Научный руководитель – м.т.н. Михайлова Я.В.

ДОСТОИНСТВА И НЕДОСТАТКИ СВЕТИЛЬНИКОВ С ЭПРА ДЛЯ НАРУЖНОГО ОСВЕЩЕНИЯ

Панасюк Е.М.
Научный руководитель – старший преподаватель Калечиц В.Н.

АНАЛИЗ РЕЖИМОВ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ

Жук К.А.
Научный руководитель – старший преподаватель Сацукевич В.Н.

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ НА ПРЕДПРИЯТИИ.

Павлович Е.В.
Научный руководитель – к.т.н., доцент Константинова С.В.

УДК 621.3

ПРИМЕНЕНИЕ СВЕТОДИОДНЫХ СВЕТИЛЬНИКОВ В НАРУЖНОМ ОСВЕЩЕНИИ

Пацко М.Н.

Научный руководитель - к.т.н., доцент Козловская В.Б.

Для электрического освещения улиц общегородского назначения в основном применяются лампы типа ДНаТ и светодиодные лампы. Произведем светотехнический расчет участка улицы длиной 1км для двух типов ламп. Согласно [2], освещенность улицы должна быть не менее 15лк.

Таблица 1- Исходные данные для расчета

	ДНаТ	СД
Тип лампы	ЖКУ16-150-001: ШБ (с/стеклом)	GALAD Победа LED-100- ШБ1/K50
Р, Вт	150	100
Световой поток, лм	15000	9500
Стоимость, руб	168,00	232,00
Срок службы, ч	10000	87600

Зададимся следующими параметрами:

Принимаем шаг установки опор $h = 30\text{м}$, двусторонняя расстановка опор (на 1км принимаем количество опор = 66 шт).



Рисунок 1. Внешний вид лампы ДНаТ



Рисунок 2. Внешний вид светодиодной лампы

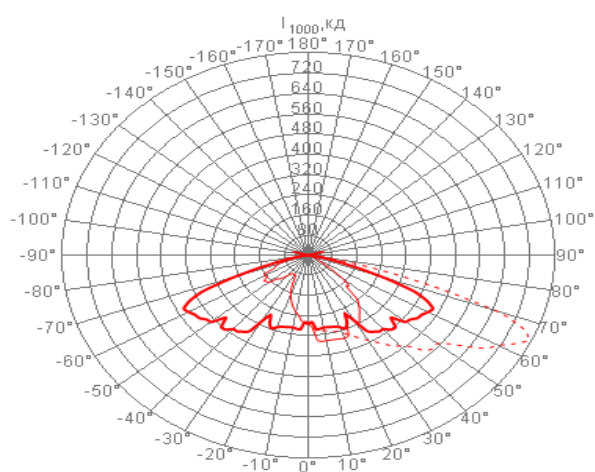


Рисунок 3. КСС лампы ДНаТ

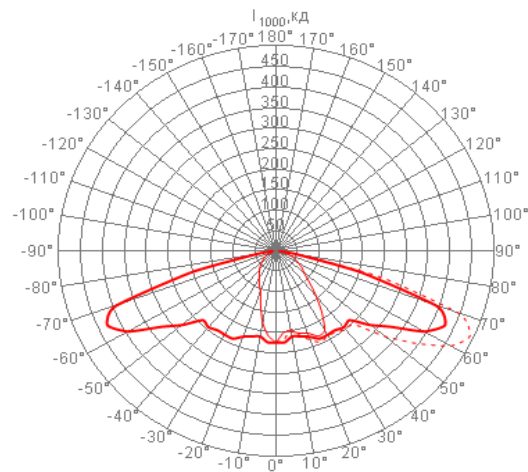


Рисунок 4. КСС светодиодной лампы

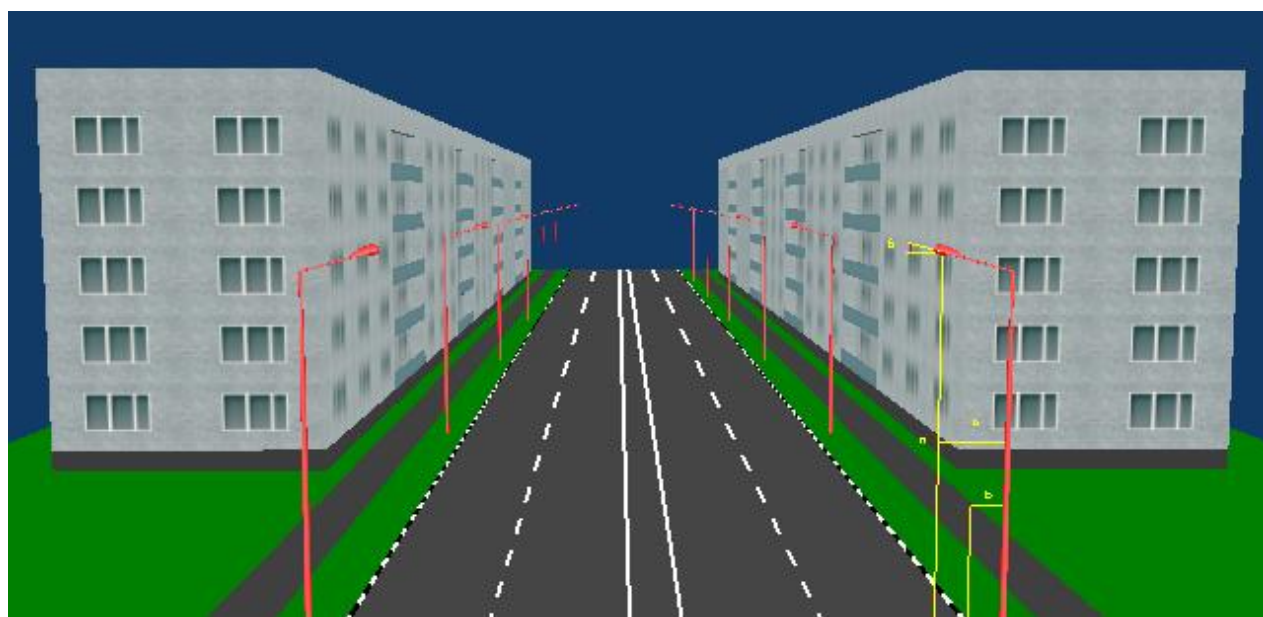


Рисунок 5. Схема расположения опор на участке улицы

По итогам светотехнического расчета, средняя освещенность улицы лампами ДНаТ составила $E_{ср} = 17,8 \text{лк}$, а при использовании светодиодных ламп $E_{ср} = 17,5 \text{лк}$.

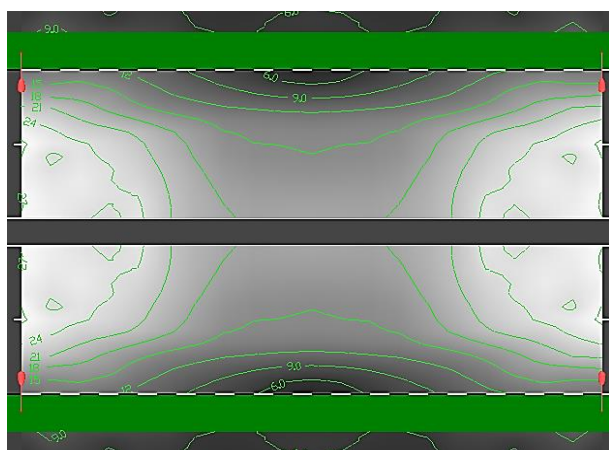


Рисунок 6. Распределение освещенности между опорами (лампы ДНаТ)

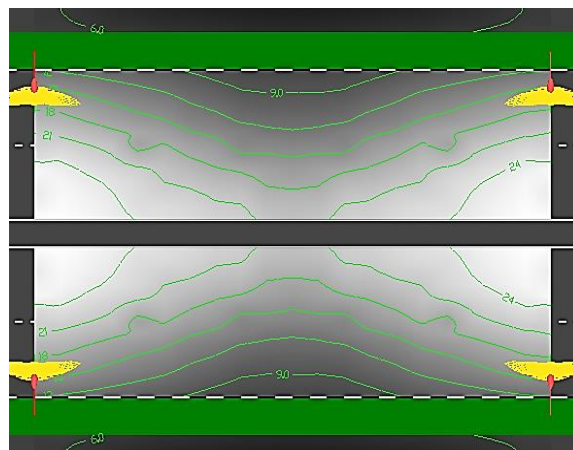


Рисунок 7. Распределение освещенности между опорами (светодиодные лампы)

Для оценки эффективности использования одного из источников света необходимо провести сравнение экономических показателей.

Определим расход электроэнергии за год, за время службы СД (87600 часов) и срок окупаемости светодиодной лампы по [3]:

Годовой расход электроэнергии на освещение:

$$W_o = P_{po} \cdot T_{maxo}, \quad (1)$$

Расчетная нагрузка освещения:

$$P_{po} = K_{co} \cdot \sum_{i=1}^n K_{пРАi} \cdot P_{номi}, \text{ кВт} \quad (2)$$

Годовое число часов использования максимума осветительной нагрузки наружного освещения $T_{maxo} = 3600$ ч. Произведем сравнение экономических показателей источников света.

Таблица 2-Годовой расход электроэнергии на освещение

	ДНаТ	СД
Wго, кВт·ч	39204	23760

Тариф на ЭЭ согласно [4] $a=0,25858$ руб/кВт·ч, исходя из этого, стоимость работы лампы ДНаТ мощностью 150 Вт составит 0,04 рубля, а светодиодной лампы – 0,027 рублей за час.

Срок окупаемости светодиодной лампы:

$$T_{ок} = \frac{232 - 168}{0,04 - 0,027} = 4923 \text{ч},$$

где 232 и 168 - стоимость, соответственно светодиодной лампы и лампы ДНаТ, руб.

Обращая внимание на срок службы источников света, можно заметить, что за заявленное время работы светодиодной лампы, примерно 9 раз потребуется замена каждой лампы ДНаТ.

Таблица 3-Расчетные экономические показатели ламп за год

	ДНаТ	СД
Стоимость ЭЭ, руб	10529,41	6381,46
Стоимость ламп, руб	11088,00	15312,00
Σ , руб	21617,41	21693,46

Таблица 4-Расчетные экономические показатели ламп за 87600 часов

	ДНаТ	СД
Стоимость ЭЭ, руб	2305940,90	155282,21
Стоимость ламп, руб	99792,00	15312,00
Σ , руб	2405732,90	170594,21

Исходя из приведенных выше показателей, можно заметить, что за время заявленного срока службы СД, расходы при использовании ламп ДНаТ значительно превышают расходы при использовании светодиодных источников света (в 14 раз), следовательно, использование светодиодных источников света в наружного освещении более чем целесообразно.

Литература

1. Козловская В.Б., Радкевич В.Н., Сацукевич В.Н. Электрическое освещение: учебник – Минск: Техноперспектива, 2011. – 543 с.
2. ТКП 45-2.04-153-2009 Естественное и искусственное освещение. Строительные нормы проектирования – Минск: Министерство архитектуры и строительства РБ, 2010. – 104с.
3. Энергетика: научно-технический и производственный журнал / Б.М. Хрусталева [и др.]; под общ. ред. Б.М. Хрусталева. – Минск: энергетика, 2008. – 94с. (коллективный автор)
4. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://minenergo.gov.by/wp-content/uploads/jelektro.pdf>
5. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://galad.ru/catalog/outdoor/street/zhku-rku-gku16-lider/zhku16-150-001-lider/>
6. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://galad.ru/catalog/outdoor/street/pobeda/galad-pobeda-led-100-shb1-k50/>

УДК 621.3

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В УПРАВЛЕНИИ ОСВЕЩЕНИЕМ

Ахундова Ю. Д.

Научный руководитель – к. т. н., доцент Козловская В.Б.

В настоящее время многие известные производители светотехники предлагают дополнительную комплектацию к светильникам и прожекторам, позволяющую снизить потребление электроэнергии, а также автоматизировать зажигание ламп при воздействии определенных внешних возмущений.

В общем понятии датчик — средство измерений, предназначенное для выработки сигнала измерительной информации в форме, удобной для передачи, дальнейшего преобразования, обработки и (или) хранения, но не поддающейся непосредственному восприятию наблюдателем.

В сфере светотехники под термином «датчик» подразумевается конструктивно обособленная часть измерительной системы, воспринимающая информацию, и, следовательно, обладающая самостоятельностью для выполнения этой задачи и определенными метрологическими характеристиками. Иначе говоря, является частью системы автоматического управления приборами наружного освещения.

По входному сигналу различают следующие виды датчиков:

Датчик движения

Датчик присутствия

Акустический датчик

Интеллектуальный датчик

Датчик освещенности

Датчик движения представляет собой бесконтактный датчик, фиксирующий перемещение объектов и используемый для контроля за окружающей обстановкой или автоматического запуска требуемых действий в ответ на перемещение объектов.

Работа датчика движения основана на анализе волн различных типов, поступающих на датчик из окружающей среды. В зависимости от типа используемой волны датчики движения делятся на:

Инфракрасные

Микроволновые

В зависимости от того, инициирует ли сенсор сам эти волны и анализирует их после отражения или только получает волны из внешнего мира, датчики делятся на:

Активные,

Пассивные

Комбинированные, когда одна часть датчика посылает волны, а отделённая от неё вторая получает их.

Большинство существующих датчиков движения представляет собой комбинацию этих критериев, причём датчики одного типа волн как правило используют один механизм их создания и обработки. Наиболее распространены:

Пассивные инфракрасные датчики, самые доступные и распространенные датчики движения

Активные микроволновые датчики

Комбинированные инфракрасные датчики.

Действие *инфракрасного датчика* основано на анализе теплового (инфракрасного) излучения. Пассивный инфракрасный датчик при этом не испускает никакого излучения сам, а только анализирует входящие тепловые лучи.

Внутри датчика располагаются два чувствительных элемента, фиксирующих уровень инфракрасного излучения. Перед каждым установлена линза Френеля, которая фокусирует

на нём падающие на датчик инфракрасные лучи. Простейший датчик сконструирован так, что окружающее пространство "разделено" между двумя линзами, каждая из которых проецирует тепловое излучение из своей зоны ответственности на "свой" чувствительный элемент. В обычных условиях поступающее на обе части датчика излучение примерно одинаково. Когда появляется тепловой объект (человек), он сначала попадает в поле зрения только одной части датчика, так что показания двух чувствительных элементов начинают различаться - и датчик делает вывод, что имело место движение.

В реальных условиях датчик с двумя линзами был бы слишком груб, поэтому на практике в датчиках устанавливают не одну пару линз, а несколько десятков. Они легко заметны на поверхности - это ячеистая структура полупрозрачного окошка, за которым и располагаются чувствительные элементы. Для экономии места и материалов датчик конструируют так, что все линзы фокусируют входящее излучение только на двух чувствительных элементах. Таким образом окружающее пространство разделено на зоны ответственности между парами линз, каждая из которых способна фиксировать движение в своей зоне.

Микроволновой датчик преобразует микроволновое излучение в электрический импульс, сообщаящий светильнику команду на включение. Этот вид датчика реагирует на микроволновые излучения.

Микроволновое излучение, сверхвысокочастотное излучение (СВЧ-излучение) - электромагнитное излучение, включающее в себя дециметровый, сантиметровый и миллиметровый диапазоны

радиоволн, частоты микроволнового излучения изменяются от 300 МГц до 300 ГГц (длина волны от 1 м до 1 мм). Данное определение относит к микроволнам как УВЧ диапазон (дециметровые волны), так и КВЧ диапазон (миллиметровые волны), когда как в радиолокации микроволновым диапазоном принято обозначать волны с частотами от 1 до 100 ГГц (с длинами волн от 300 до 3 мм). В обоих определениях микроволновое излучение включает в себя СВЧ диапазон.

Микроволновое излучение малой интенсивности используется в средствах связи, преимущественно портативных — рациях, сотовых телефонах (кроме первых поколений), устройствах Bluetooth, Wi-Fi и WiMAX.

Датчик присутствия представляет собой более чувствительную версию датчика движения, в основе обоих датчиков лежат одни и те же механизмы. Однако к примеру, если в инфракрасном датчике движения используются несколько десятков пар линз, которые таким образом делят окружающее пространство на несколько десятков зон, то в датчике присутствия применяются несколько сотен пар линз. Таким образом каждая пара отвечает за небольшой участок пространства, что позволяет ей фиксировать даже небольшие движения, вплоть до движения пальцев по клавиатуре.

Акустический датчик. В качестве механизма обнаружения используется механическая, или акустическая, волна. Когда волна распространяется внутри материала или по его поверхности, любые изменения характеристик траектории распространения волны влияют на скорость или амплитуды волны. Частота и фазовые характеристики показывают изменение скорости волны.

Светильник, укомплектованный таким датчиком включается при уровне шума более 60 ДБ. При снижении уровня шума ниже 60 ДБ выключается через 60 секунд.

Интеллектуальные датчики. Этот тип датчика может выдавать более точные показания благодаря применению числовых вычислений для компенсации нелинейности чувствительного элемента или температурной зависимости. Такой датчик способен работать с большей разновидностью разных типов чувствительных элементов, а также комбинировать два или более измерений в одно новое измерение. И, наконец, интеллектуальный датчик позволяет производить настройку на другие диапазоны измерений или полуавтоматическую калибровку, а также осуществлять функции внутренней самодиагностики, что упрощает техническое обслуживание. Наряду с усовершенствованием работы, дополнительные

функциональные возможности интеллектуальных устройств снижают размерность обработки сигналов системой управления и приводят к тому, что несколько разных приборов заменяются прибором одной модели, что дает преимущество как в самом производстве, так и в стоимости обслуживания.

Датчики освещенности. Чаще всего они изготавливаются на основе фотодиода, фоторезистора или фототранзистора. В обоих случаях принципиальная схема работы одна и та же. На клеммы датчика должны подходить фазный и нулевой проводники. В датчике имеется также третий вывод, подающий сигнал на линию освещения. Датчик подключен к усилителю сигнала, который соединен с силовым реле, подающим питание на приборы освещения.

В зависимости от освещенности изменяется сопротивление чувствительного элемента. Чем меньше освещенность, тем больше его сопротивление. При достижении заданной величины напряжения датчик выдает сигнал на усилитель, который приводит в действие реле. Это реле замыкает цепь приборов освещения. Вследствие этого на них подается питание, и включается свет.

При наступлении светлого времени суток уровень освещенности повышается. В результате датчик размыкает контакты реле, которое выключает питание приборов освещения, и свет выключается.

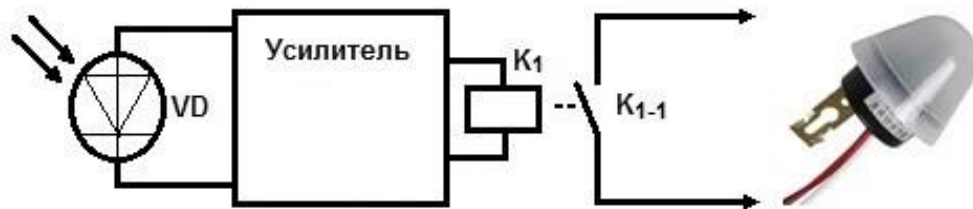


Рисунок 1. Схемы подключения

Датчики освещения любых фирм изготовителей оснащены тремя выводами. Они имеют цвета: красный, синий и черный. Из них:

На черный провод подключается фаза.

К синему проводу подключают нулевой проводник.

Красный провод отходит на подачу питания на освещение.

Чаще всего все схемы изображают с соблюдением этих цветов.

Датчики освещения подключаются по схеме. На вход датчика поступают фаза и ноль, а выходит провод фазы на приборы освещения. Нулевой проводник на освещение подключают от шины сети.

Согласно правилам, провода нужно соединять в монтажных коробках. Сегодня не проблема купить любой вид коробки. При уличном монтаже лучше приобрести защищенную от влаги модель. Ее устанавливают в доступном месте. Датчик подключается по приведенной схеме.



Рисунок 2. Схема подключения датчика

Если датчик устанавливается для подключения мощного фонаря, имеющего дроссели, то в схему необходимо добавить магнитный пускатель, который способен функционировать при частом пользовании при выключении и включении освещения. Он рассчитан на прохождение пусковых значений тока.

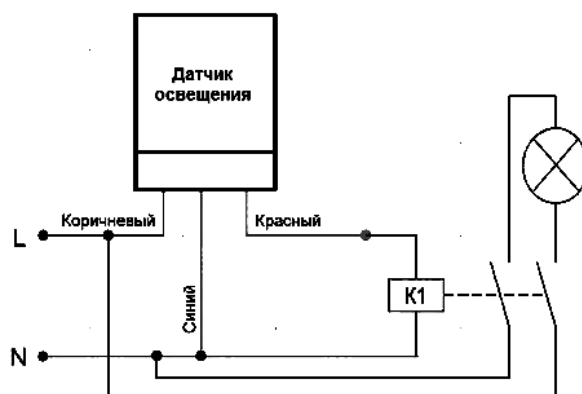


Рисунок 3. Схема подключения светильника с дросселем

Если освещение необходимо только при наличии людей, то в схему добавляют датчик движения. По такой схеме датчик движения работает только в темноте.



Рисунок 4. Схема подключения датчика движения и датчика освещения

Настройка чувствительности датчика

После монтажа датчика необходимо настроить его чувствительность. Чтобы отрегулировать границы срабатывания, внизу корпуса должен находиться регулятор. Вращая его, можно выполнить настройку чувствительности.

На корпусе датчика имеются изображения стрелок, обозначающих направление настройки для уменьшения или повышения чувствительности датчика.

При первой настройке лучше выставить минимальную чувствительность. При постепенном снижении освещения на улице, когда, по вашему мнению, должен уже включаться свет, производите подстройку, плавно поворачивая регулятор, пока свет не включится. На этом настройка закончена.

Фотоакустический датчик, является разновидностью датчиков освещения. Он имеет встроенный приемник света и микрофон. Днем, при высоком уровне освещенности, микрофон отключен. При наступлении сумерек (когда освещенность на улице находится в диапазоне 8-15 лк) происходит активация микрофона. При возникновении шума в радиусе до 5 метров от светильника, громкие шаги, звук замка, двери, голос и другие резкие звуки, (от 5 ДБ и выше) — свет автоматически включается примерно на 60 секунд и выключается.

Фотоакустический датчик выпускается в виде печатной платы с электронными компонентами и занимает очень мало места и может быть встроен в светильник, а также может устанавливаться в отдельном корпусе. Устанавливая в светильник возникает необходимость в отверстии для доступа света и звука, что приводит к ухудшению степени защиты светильника. В виду того, что светильники устанавливаются не внутри помещения, предпочтительнее устанавливать такой тип датчика отдельно от светильника. Следует помнить, что если света на датчик падает мало, освещение будет включаться в более раннее сумеречное время, если плохой доступ звука — чувствительность микрофона падает.

По техническим характеристикам датчики выполняют:

Со степенью защиты, преимущественно, IP40, IP44, IP54,

С углом обзора от 120 до 360 градусов,

Зона покрытия от 3 до 15 метров,

Время задержки включения- от мгновенного зажигания до 80 секунд,

Напряжение сети - 230 В.

Достоинства датчиков

Автоматическое включение освещения и ручная регулировка,

Оснащение многих моделей дополнительными функциями в виде таймеров и других функций. Стоит отметить, что использование датчиков совместно со светильниками позволяет снизить потребление электроэнергии, уменьшить часы горения ламп в период, когда естественная освещенность находится в допустимых пределах, что приведет к увеличению срока службы как самих источников света, так и светильников. К тому же, применение систем автоматического управления светильниками позволяет не прибегать к использованию труда человека. Хотя, стоит отметить, что стоимость датчиков значительно варьируется, и является относительно высокой.

На рынке светотехники датчики предлагают к установке многие лидирующие компании. Например, Световые технологии, Вартон и Белинтегра. Причем установка датчиков возможна как встроенная в потолок, так и креплением на поверхности стен.

Литература

1. Электрическое освещение: учебник / В.Б. Козловская, В.Н. Радкевич, В.Н. Сацукевич.-Минск:Техноперспектива, 2011. -543 с.
2. URL: <http://electricalschool.info/automation/1829-intellektualnye-datchiki-i-ikh.html>
3. URL: <http://masters.donntu.org/2009/kita/tereschenko/library/article10.htm>
4. URL: <http://varton.ru/products/product/6257/>
5. URL: <https://svetorele.ru/cp52982-fotoakusticheskij-datchik.html/>
6. URL: <https://www.ltcompany.com/ru/products/types/control-systems/datchiki-prisutstviia/>

УДК 621.3

НАДЕЖНОСТЬ СВЕТОДИОДНЫХ ИСТОЧНИКОВ СВЕТА

Дубатовка А.Д.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Козловская В.Б.

Надежность светодиодных источников света зависит от двух составляющих: надежности светодиода и надежности питающего светодиод драйвера.

Ресурс светодиода определяют две составляющие: ресурс самого кристалла и ресурс оптической системы. Для изготовления оптических систем используются различные сочетания эпоксидных смол. Смола, как известно, изменяет свои свойства со временем (особенно под воздействием высоких температур), именно этим объясняется эффект «замутнения» линзы. Высокую температурную стабильность и долговечность первичной оптики обеспечивают линзы из кварцевого стекла с автоматической фокусировкой – одно из новейших технических решений. Малая эквивалентная площадь излучающей поверхности позволяет реализовать небольшие углы рассеивания светового потока при использовании вторичной оптики.

Следующим немаловажным вопросом является выбор теплоотводящего основания для кристалла. Производители используют различные материалы и способы крепления кристалла к основанию. Например, компании Lumileds Lighting и Nichia используют медное теплоотводящее основание, Nichia приклеивает кристалл к подложке, а технологи фирмы Lumileds Lighting используют пайку эвтектикой. Каждый из методов имеет свои особенности. Пайка кристалла на подложку позволяет снизить тепловое сопротивление кристалл – корпус, но при этом возникает диодный контакт между теплоотводящим основанием и кристаллом, что требует электрической изоляции изделий при одиночном или групповом монтаже на печатную плату. Это удорожает производство и в итоге увеличивает тепловое сопротивление корпус – теплоотвод.

Кремниевая подложка и медное теплоотводящее основание имеют значительно отличающиеся коэффициенты объемного расширения при нагревании, что при термоциклировании приводит к нарушению эвтектики, повреждению кристалла и, как следствие, к преждевременному старению источника света.

В свою очередь, метод приклеивания кристалла к медному теплоотводящему основанию позволяет уменьшить нагрузки на кристалл и одновременно обеспечивает лучшую (по сравнению с пайкой) электрическую изоляцию. Однако при этом снижаются не только долговечность и надежность изделий, но и себестоимость, что делает такую продукцию более доступной, при прочих равных условиях.

Надежность драйвера светодиодных источников света зависит от следующих факторов: качество и правильность выбора внешних элементов схемы драйвера, качество системы охлаждения, материалы, применяемые для изготовления радиаторов.

Наравне с другими полупроводниковыми приборами светодиод не является идеальным элементом со 100% коэффициентом полезного действия (КПД). Большая часть потребляемой им энергии рассеивается в тепло.

Конструктивно все радиаторы можно разделить на три большие группы: пластинчатые, стержневые и ребристые. Во всех случаях основание может иметь форму круга, квадрата или прямоугольника. Толщина основания имеет принципиальное значение при выборе, так как именно этот участок несёт ответственность за приём и равномерное распределение тепла по всей поверхности радиатора.

На форм-фактор радиатора оказывает влияние будущий режим работы:

- с естественной вентиляцией;
- с принудительной вентиляцией.

Радиатор охлаждения для светодиодов, который будет использоваться без вентилятора, должен иметь расстояние между рёбрами не менее 4 мм. В противном случае естественной конвекции не хватит для успешного отвода тепла. Ярким примером служат системы

охлаждения компьютерных процессоров, где за счёт мощного вентилятора расстояние между рёбрами уменьшено до 1 мм. При проектировании светодиодных светильников большое значение уделяется их внешнему виду, что оказывает огромное влияние на форму теплоотвода. Например, система отвода тепловой энергии светодиодной лампы не должна выходить за рамки стандартной грушевидной формы. Этот факт вынуждает разработчиков прибегать к различным ухищрениям: использовать печатные платы с алюминиевой основой, соединяя их с корпусом-радиатором при помощи термоклея.

В настоящее время охлаждение мощных светодиодов производят преимущественно на радиаторах из алюминия. Такой выбор обусловлен лёгкостью, низкой стоимостью, податливостью в обработке и хорошими теплопроводящими свойствами этого металла. Также используются следующие материалы:

- Медь. Теплопроводность меди составляет 401 Вт/м*К, уступая среди других металлов лишь серебру;
- Керамика. Новым решением в создании высокоэффективных теплоотводов стала алюмонитридная керамика, теплопроводность которой составляет 170–230 Вт/м*К;
- Термопластик. Несмотря на то, что свойства теплопроводных пластмасс (3–40 Вт/м*К) хуже, чем у алюминия, их главными преимуществами являются низкая себестоимость и лёгкость.

Каким бы ни был радиатор, он способен обеспечить хороший, но не самый лучший тепловой контакт с подложкой светодиода. Для снижения теплового сопротивления на контактируемую поверхность наносят теплопроводящую пасту. Эффективность её воздействия доказана повсеместным применением в системах охлаждения компьютерных процессоров. Качественная термопаста устойчива к затвердеванию и обладает низкой вязкостью. При нанесении на радиатор (подложку) достаточно одного тонкого ровного слоя на всей площади соприкосновения. После прижима и фиксации толщина слоя составит около 0,1 мм.

На каждый стандартный тип светодиодов существует техническая документация (datasheet), где приводится графическая зависимость относительного светового потока (%) от времени работы (ч) при определенной температуре окружающей среды.

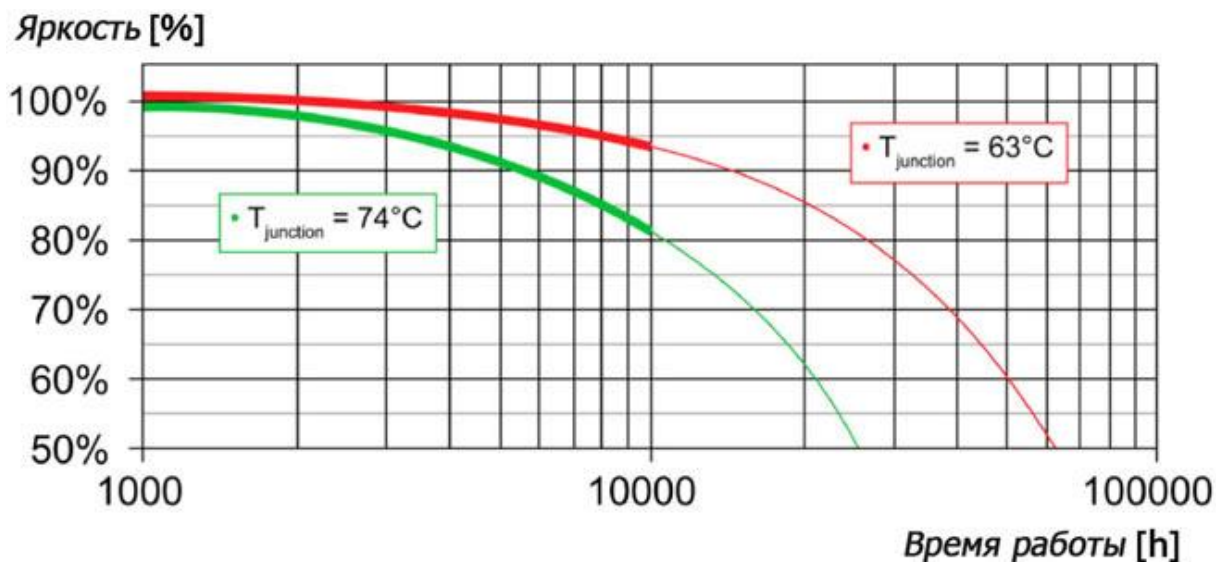


Рисунок 1. Зависимость светового потока от времени работы

Примечательно, что данные приводятся только для первых 3000 часов эксплуатации, в течение которых яркость падает как минимум на 5%, а далее зависимость имеет линейный характер. На самом деле кривая имеет больший наклон за счет неидеальных условий

эксплуатации. Причём постепенная потеря яркости никак не отображается в технических характеристиках лампочек.

Первое препятствие – это нестабильное напряжение питающей сети. Частые просадки и скачки напряжения негативно влияют на работу драйвера. Поэтому выбирать нужно лампочки с широким диапазоном питающего напряжения.

Второе – отсутствие естественного теплообмена (конвекции воздуха). Данное препятствие проявляется при установке светодиодных ламп в настенные и потолочные светильники закрытого типа. Слабой конвекцией также обладают светильники, открытая часть которых направлена вниз, а цокольная – не имеет отверстий.

Третье – эксплуатация в окружающей среде с предельно допустимой температурой. Чересчур низкая или высокая температура может оказаться вредной для деталей драйвера.

В очередной раз хочется отметить, что дешёвые светодиодные лампы и светильники при активном использовании лишь в редких случаях работают более двух лет. Но даже в этом случае их параметры не совпадают с заявленными, а сами лампы могут приносить вред здоровью.

Литература

1. <https://korrespondent.net/ukraine/3595846-kak-otlychyt-kachestvennuui-LED-lampu-ot-nekachestvennoi>.
2. <http://ledjournal.info/spravochnik/radiator-dlya-svetodiodov.html>.
3. <https://leds-test.ru/drajvery-dlya-svetodiodnyh-lamp-vidy-tipy-kakie-luchshe>.
4. <http://ledjournal.info/byt/srok-sluzhby-svetodiodnyh-lamp-i-svetilnikov.html>.
5. <http://novosvet74.ru/info/luchshie-svetodiodnye-lampy.html>.

УДК 621.311

ВЫБОР АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ ДЛЯ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ С СОБСТВЕННЫМИ ГЕНЕРИРУЮЩИМИ ИСТОЧНИКАМИ

Капустинский А.Ю.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Радкевич В.Н.

Основная проблема, с которой приходится сталкиваться проектировщикам при решении вопроса о необходимости установки на объекте дизель-генераторной установки (ДГУ) и источника бесперебойного электропитания (ИБП) - это обеспечение надежности электроснабжения электроприемников I категории и особой группы I категории согласно требованиям [1] в случае исчезновения напряжения основной питающей сети.

К сожалению, на практике нередко ситуации выхода из строя оборудования распределительной трансформаторной подстанции (ТП) напряжением 10(6)/0,4кВ, отказы в электрических сетях энергоснабжающей организации и т.п. Поэтому двух вводов от ТП, как требуется в соответствии с [1], для некоторых объектов электроснабжения бывает недостаточно и существует необходимость в установке ДГУ, обеспечивающей гарантированное электропитание, и ИБП – бесперебойное электропитание.

Система гарантированного электропитания служит для обеспечения электроэнергией требуемого качества потребителей I категории в случае исчезновения напряжения основной питающей сети.

Система бесперебойного электропитания необходима для поддержания качества питающего напряжения, подводимого к электроприемникам особой группы I категории, без разрыва синусоиды.

Если на объекте в качестве резервного источника электропитания используется только ДГУ, то такая схема электроснабжения называется схемой гарантированного электропитания, а потребители, получающие электропитание от ДГУ в случае исчезновения напряжения основной питающей сети, - потребителями гарантированного электропитания. Такую схему целесообразно использовать в случаях частого исчезновения напряжения основной питающей сети и отсутствии на объекте электроприемников особой группы I категории, которым для нормального функционирования необходимо электропитание без разрыва синусоиды питающего напряжения.

Если на объекте в качестве резервного источника электропитания используется только ИБП, то данная схема называется схемой бесперебойного электропитания, а потребители, получающие электропитание от ИБП в случае исчезновения напряжения основной питающей сети, - потребителями бесперебойного электропитания. Такую схему целесообразно использовать в случаях нечастого и кратковременного исчезновения напряжения основной питающей сети и при наличии на объекте электроприемников особой группы I категории.

Важная часть ИБП, от которой зависит время автономной работы и надежность всей системы аварийного (резервного) электроснабжения, является аккумуляторная батарея (АБ) или же набор АБ, которые параллельно, последовательно или комбинированно подключаются к устройству ИБП. Аккумуляторная батарея состоит из нескольких электрических аккумуляторов, объединенных в одну электрическую цепь. Составные части аккумуляторной батареи называют ее элементами (или ячейками).

Электрический аккумулятор — химический источник тока многократного действия, основная специфика которого заключается в обратимости внутренних химических процессов, что обеспечивает его многократное циклическое использование (через заряд-разряд) для накопления энергии и автономного электропитания различных электротехнических устройств и оборудования. Принцип действия аккумулятора основан на обратимости химической реакции. Работоспособность аккумулятора может быть

восстановлена путём заряда, то есть пропусканием электрического тока в направлении, обратном направлению тока при разряде. [4]

Существуют следующие типы аккумуляторных батарей:

- сурьмянистые;
- малосурьмянистые;
- кальциевые;
- гибридные;
- AGM и гелевые батареи;
- щелочные;
- литий-ионные;
- литий-полимерные и др.

Наибольшее распространение в настоящее время получили свинцово-кислотные герметизированные клапанно-рекомбинационные аккумуляторы. Аккумуляторы этой группы часто обозначают сокращенно VRLA (от англ. valve regulated lead acid - клапанно-регулируемые свинцово-кислотные) или же SLA (от англ. sealed lead acid - герметизированные свинцово-кислотные). Аккумуляторные батареи данного типа в зависимости от исполнения бывают различной емкости: от 1 до 300 А·ч для 6 В и 12 В моноблоков, и до вплоть до 4000 А·ч для 2 В элементов (приведенные напряжения являются номинальными напряжениями элементов аккумуляторной батареи).

Особенность аккумуляторов типа VRLA – отсутствие необходимости долива воды в течение всего срока службы и практически полное отсутствие выделения газов (водорода и кислорода) – продуктов электролиза воды, входящей в состав электролита. Поэтому их нередко называют герметизированными необслуживаемыми. Незначительное обслуживание, тем не менее, необходимо: прежде всего, визуальный осмотр, протирание от пыли, подтяжка соединений и контроль напряжений. Данное преимущество, а также относительно невысокая удельная стоимость (на единицу емкости) и относительно большой срок службы (более 15 лет с потерей емкости менее 20%) обусловили их широкое распространение. [3]

Выбор АБ является вопросом, который редко освещается в технической литературе достаточно подробно. Приведенный в данной работе уточненный алгоритм выбора АБ составлен на основе существующих алгоритмов по выбору АБ, технических нормативно-правовых актов (ТНПА) в области электроснабжения и электрооборудования, эксплуатационной документации свинцово-кислотных герметизированных необслуживаемых аккумуляторов.

Основным параметром любого аккумулятора является его емкость. Соответственно, все параметры, по которым следует проверять АБ, так или иначе, влияют на его емкость.

Исходными данными для выбора числа и емкости аккумуляторных батарей являются:

- напряжение питания нагрузки АБ;
- расчетная мощность нагрузки АБ в длительном режиме;
- пиковая мощность нагрузки АБ;
- длина и удельное сопротивление кабеля от АБ до питаемой нагрузки;
- время автономной работы нагрузки;
- температура окружающей среды.

Напряжение питания нагрузки АБ, пиковая мощность нагрузки, а также длина и сопротивление кабеля необходимы для выбора числа последовательно соединяемых аккумуляторных батарей. Также в расчетах целесообразно учитывать снижение напряжения на выводах АБ при разряде (рисунок 1). При низких значениях питающего напряжения потребитель электроэнергии перестает работать с заявленными параметрами, а зачастую и вовсе отключается, что недопустимо при питании от системы бесперебойного электроснабжения. Следовательно, эти параметры необходимы также для выбора пределов разряда АБ. В случае питания нагрузки от ИБП данным пределом является наименьшее значение входного напряжения ИБП. В случае питания нагрузки постоянным током

непосредственно от аккумуляторных батарей данным пределом является значение напряжения, установленное ТНПА в области электротехники.

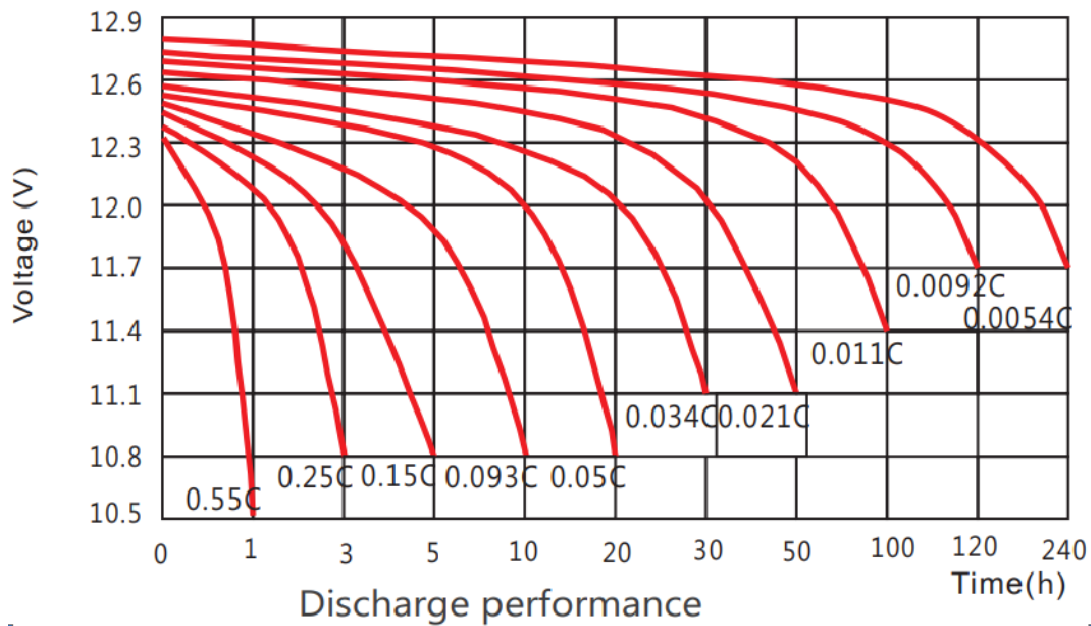


Рисунок 1.Разрядная характеристика свинцово-кислотных герметизированных клапанно-рекомбинационных (VLRA) аккумуляторных батарей

Расчетная мощность нагрузки АБ в длительном режиме и время автономной работы нагрузки являются основными параметрами для выбора емкости аккумуляторной батареи (данный расчет актуален лишь после выбора числа батарей, соединяемых последовательно). Однако задавшись этими исходными данными можно лишь приблизительно определить номинальную емкость батареи. Это связано с тем, что емкость батареи изменяется в зависимости от тока разряда. Номинальным параметром аккумуляторной батареи, а именно номинальным током АБ, является десятичасовой ток разряда или ток разряда десятью процентами емкости I_{10} (для АБ емкостью 32 А·ч это ток 3,2 ампера). Характеристики аккумуляторных батарей (рисунок 2) показывают, что при разряде током в 10 раз превышающим десятичасовой ток разряда, емкость АБ уменьшается более чем в два раза.

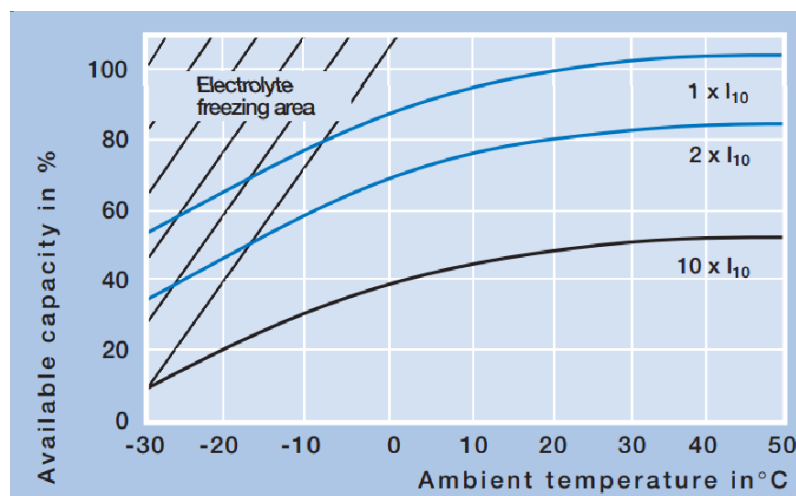


Рисунок 2. Зависимость емкости свинцово-кислотных герметизированных клапанно-рекомбинационных (VLRA) аккумуляторных батарей от температуры окружающей среды и тока разряда

Характеристики аккумуляторных батарей (рисунок 2) также показывают, что емкость аккумуляторных батарей значительно снижается при уменьшении температуры. Расчеты показывают, что при низкой температуре окружающей среды установка в шкаф АБ обогревателя и питание его от АБ является гораздо более дешевым способом увеличения фактической емкости АБ, чем увеличение их номинальной емкости. Время автономной нагрузки значительно увеличивается даже при учете расхода емкости АБ на обогрев.

Таким образом, проверка АБ с учетом выше перечисленных факторов является достаточно сложным итерационным процессом.

Следующим этапом проектирования системы бесперебойного электроснабжения является выбор зарядно-подзарядного устройства (ЗПУ) АБ или выбор ИБП. При выборе ЗПУ АБ или ИБП нужно учитывать, как расчетную мощность потребителей электроэнергии, так и ток подзаряда. Ток подзаряда АБ определяется по графику заряда с учетом минимального допустимого времени заряда АБ до уровня 90% емкости (рисунок 3), которое определяется режимом работы. В случае, если номинальной мощностью (номинальным током) ЗПУ или ИБП является не «выходная» мощность, а «входная» мощность, должен также быть учтен коэффициент полезного действия преобразователя.

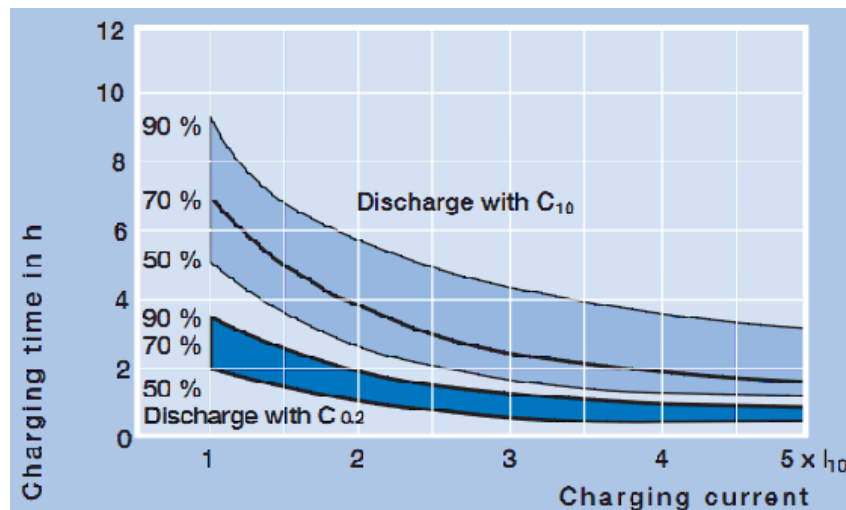


Рисунок 3. График заряда свинцово-кислотных герметизированных клапанно-рекомбинационных (VLRA) аккумуляторных батарей

Выбор количества аккумуляторных батарей производится по следующему выражению:

$$n_6 = \frac{U_{\text{ср.н}}}{n_{\text{эл}} \cdot U_{\text{эл}}}, \quad 1)$$

где n_6 – искомое количество аккумуляторных батарей, шт;
 $n_{\text{эл}}$ – количество элементов в аккумуляторной батарее, шт;
 $U_{\text{ср.н}}$ – среднономинальное напряжение электроприемников, В;
 $U_{\text{эл}}$ – напряжение элемента аккумуляторной батареи, В.

Расчет падения напряжения, В, в цепи от АБ до электроприемника выполняется по следующему выражению:

$$\Delta U = 2 \cdot r_0 \cdot l \cdot I_{\text{пик}}, \quad 2)$$

где r_0 – удельное омическое сопротивление токопроводящей жилы кабеля, Ом/м;
 l – длина кабельной линии, м;
 $I_{\text{пик}}$ – пиковая токовая нагрузка системы бесперебойного электропитания, А.

Номинальная емкость, А·ч, аккумуляторной батареи предварительно определяется по формуле

$$E_{\text{ном}} = \frac{k_3}{k_{\text{т1}}} \cdot I_{\text{р}} \cdot t_{\text{тр}}, \quad 3)$$

где k_3 – коэффициент запаса, учитывающий погрешность в расчетах, $k_3 = 1,1$;

$k_{\text{т1}}$ – технологический коэффициент, учитывающий снижение емкости батареи к концу службы на 20%, $k_{\text{т1}} = 0,8$;

$I_{\text{р}}$ – расчетный ток потребителей электроэнергии, А;

$t_{\text{тр}}$ – требуемое минимальное время работы нагрузки от АБ, ч.

После предварительного выбора АБ производится проверка емкости выбранной батареи.

Первый этап проверки, выбранной АБ – определение фактического времени разряда батареи при расчетной нагрузке с учетом условий разряда. Фактическое время разряда АБ при расчетной нагрузке с учетом условий разряда должно превышать требуемое минимальное время работы нагрузки от АБ. Данная проверка производится по такому соотношению:

$$t_{\text{ф}} \geq t_{\text{тр}}, \quad 4)$$

где $t_{\text{ф}}$ – фактическое время разряда АБ при расчетной нагрузке с учетом условий разряда, ч.

Фактическое время разряда АБ при расчетной нагрузке с учетом условий разряда вычисляется по следующему выражению:

$$t_{\text{ф}} = \frac{k_{\text{т1}} \cdot k_{\text{т2}}}{k_3} \cdot E \cdot \frac{1}{I_{\text{р}}}. \quad 5)$$

где $k_{\text{т2}}$ – технологический коэффициент, учитывающий температуру окружающей среды и фактический ток разряда батареи $I_{\text{р}}$, $k_{\text{т2}}$ определяется по рисунку 2.

Для уточненной проверки, выбранной АБ вводится технологический коэффициент, учитывающий температуру окружающей среды и фактический ток разряда батареи $I_{\text{р}}$. Исходными параметрами для определения коэффициента $k_{\text{т2}}$ являются ток разряда АБ в относительных единицах (относительно номинального тока разряда) и температура окружающей среды:

$$k_{\text{т2}} = f(I_*; t_{\text{ос}}), \quad 6)$$

где I_* – ток разряда АБ в относительных единицах относительно номинального, о.е.;

$t_{\text{ос}}$ – температура окружающей среды, °С.

Ток разряда АБ в относительных единицах относительно номинального тока разряда определяется по формуле

$$I_* = 10 \cdot \frac{I_{\text{р}}}{E}. \quad 7)$$

Следующий этап проверки АБ – проверка остаточного напряжения согласно разрядной характеристике (рисунок 1). На рисунке 1 изображена разрядная характеристика АБ с номинальным напряжением 2 В на элемент и 6 элементами (номинальное напряжение АБ 12 В). Из графика видно, что при разряде напряжение на АБ может снизиться до 10,5 В. Это приведет к тому, что напряжение на выводах электроприемника окажется ниже 95% от номинального, установленного стандартом качества электроэнергии.

Емкость АБ с учетом коэффициента $k_{\text{т2}}$ и напряжения на АБ в конце разряда определяется итерационно. В случае нехватки емкости АБ или недостаточного уровня остаточного напряжения в конце разряда необходимо выбрать АБ большей емкости и повторно произвести проверку.

Выбор зарядно-подзарядного устройства АБ осуществляется по номинальному току. Номинальный ток зарядно-подзарядного устройства определяется по следующему выражению:

$$I_{\text{зпу}} = I_{\text{зар}} + I_{\text{р}}, \quad 8)$$

где $I_{\text{зпу}}$ – номинальный выходной ток зарядно-подзарядного устройства, А;

$I_{\text{зар}}$ – ток заряда АБ (определяется по рисунку 2, исходя из времени заряда), А.

Зарядные устройства должны обеспечивать следующие функции:

поддерживающий заряд АБ с номинальным напряжением заряда;

уровень пульсаций не более значений, допустимых по условиям работы потребителей постоянного тока и АБ;

возможность параллельной работы на стороне выпрямленного напряжения;

контроль целостности цепи АБ;

регулирование напряжения подзаряда в зависимости от температуры АБ;

заряд АБ после аварийного разряда до 90% степени заряженности за установленное время;

ограничение зарядного тока АБ.

Зарядные устройства должны иметь защиту от токов перегрузки и короткого замыкания, как самих приборов, так и присоединенных к ним АБ.

Выводы

1. Применение аккумуляторных батарей в системах бесперебойного электроснабжения ответственных потребителей электроэнергии в настоящее время не может быть заменено другими способами резервирования питания вследствие отсутствия дешевой технологии накопления энергии с подходящими выходными параметрами и возможности создания системы большой емкости.

2. Рассмотренная методика выбора аккумуляторных батарей учитывает основные процессы, происходящие в батарее в моменты заряда и разряда, а также параметры окружающей среды. В тоже время данная методика является довольно простой, что обуславливает ее практическое применение в инженерных расчетах.

Литература

1. Правила устройства электроустановок. – Москва : Энергоатомиздат, 1986. – 648 с.
2. Что такое «Система гарантированного и бесперебойного электропитания» // Сайт компании «Никсанбел» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.generator.by/stati/2-cto-takoe-sistema-garantirovannogo-i-besperebojnogo-elektropitaniya>. – Дата доступа: 22.04.2018
3. VRLA/SLA-свинцово-кислотные герметизированные клапанно-рекомбинационные аккумуляторы // Pulsar: Сайт дистрибьютора Тm EverExceed в Украине и странах СНГ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://pulsar.kiev.ua/vrla_akkumulyatory. – Дата доступа: 23.04.2018
4. Электрический аккумулятор. Строение и принцип работы // Сайт компании «Свободная энергия» [Электронный ресурс]. – Режим доступа <http://www.solarroof.ru/theory/30/94/>. – Дата доступа 22.04.2018

УДК 621.3

ВЛИЯНИЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКИ НА ЦЕНООБРАЗОВАНИЕ НА РЫНКЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Коваленко А. П.

Научный руководитель – старший преподаватель Колосова И. В.

В последнее время развитие возобновляемой энергетики идет стремительными темпами. С каждым годом все больше стран включается в глобальный энергетический переворот: практически повсеместно реализуется политика поддержки возобновляемых источников энергии (ВИЭ), создаются новые технологии, совершенствуются и делаются более конкурентоспособными старые. В странах с многолетним опытом реализации политики поддержки ВИЭ и относительно зрелой стадией развития отрасли влияние возобновляемой энергетики на процесс формирования цен на рынке электроэнергии, а вместе с тем и на конкурентоспособность других участников рынка (в частности, представителей традиционной энергетики) уже давно является предметом наблюдений и исследований.

Влияние ВИЭ на формирование цен на электроэнергию на бирже. До либерализации рынка электроэнергии в Европе производство и сбыт электроэнергии конечным потребителям осуществлялся несколькими немногочисленными генерирующими компаниями. Функционирование отрасли было крайне непрозрачным, степень монополизации велика, а цена намного выше конкурентного уровня. Чтобы способствовать конкурентному ценообразованию в отрасли, были созданы биржи. Первая европейская биржа электроэнергии возникла в Скандинавском регионе в 1993 г. Другие европейские биржи появились после 1999 г. (в 1999 г. - Amsterdam Power Exchange (APX), в 2001 г. - die Energy Exchange Austria (EXAA) и т.д.). На биржах товар «электроэнергия» представлен в двух основных сегментах: долгосрочном и краткосрочном (спотовом) рынках. На долгосрочном рынке сделки (договоры) заключаются на несколько лет вперед. Таким образом, оптовый покупатель может сегодня приобрести электроэнергию на ближайшие шесть лет. На спотовом рынке предлагается электроэнергия, поставка и потребление которой произойдет в течение дня или суток.

В основе ценообразования на спотовом рынке электроэнергии лежит классический механизм спроса и предложения. Поскольку спотовый рынок является краткосрочным, здесь определяющую роль для генерирующих компаний играют их переменные издержки. Пока цена выше переменных издержек, участники рынка имеют экономический интерес задействовать свои генерирующие мощности. Как известно, в краткосрочной перспективе, кривая переменных издержек является одновременно и кривой предложения. Поскольку различные электростанции имеют разные кривые предельных издержек, совокупная кривая предложения приобретает многоступенчатый характер. Здесь имеет место ранжирование производителей электроэнергии по принципу роста их предельных производственных издержек (Merit Order). Кривая предложения, основанная на принципе Merit Order, до появления на рынке возобновляемых источников энергии, как правило, начиналась с переменных издержек гидроэлектростанций, поскольку принято считать, что они стремятся к нулю. У атомных электростанций переменные издержки также очень низки, поэтому в кривой предложения Merit Order они следуют за гидроэлектростанциями. Газовые и угольные электростанции обладают самыми высокими переменными издержками, поэтому их положение самое крайнее справа (см. рис. 1).

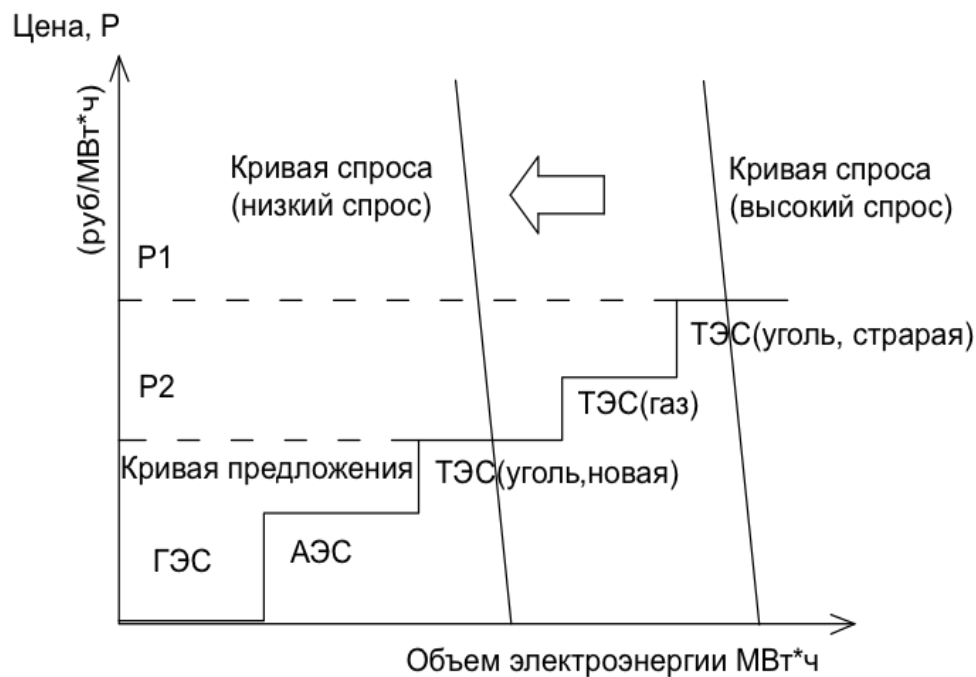


Рисунок 1. Формирование цены на спотовом рынке электроэнергии

Кривая спроса практически вертикальна, т.е. абсолютно неэластична, поскольку лишь немногие потребители электроэнергии реагируют на ценовые сигналы. Когда спрос на электроэнергию высок, кривая спроса смещена глубоко вправо. Таким образом, для всех участников биржи цена определяется переменными издержками старых угольных электростанций (P_1). Если спрос не так велик, кривая спроса смещается влево, и цена устанавливается на уровне переменных издержек новых угольных электростанций (P_2). На основании рисунка 1 можно сделать несколько выводов, в частности, о господствовавшей до недавнего времени логике модернизации парка электрогенерирующих объектов. Поскольку переменные издержки морально и физически устаревших электростанций всегда были особенно велики, электрогенерирующие компании, работающие на новейших установках, получают максимальную прибыль, когда спрос особенно велик и когда переменные издержки старых электростанций являются ценоопределяющими. При низком спросе старые электростанции не задействуются, поскольку цена оказывается слишком низкой, чтобы покрыть их переменные издержки. При этом электростанции, которые задействуются при низком спросе, имеют малую маржинальную прибыль [1].

В настоящее время в мире наблюдается интенсивное развитие и распространение технологий ВИЭ, особенно солнечной и ветровой энергетики. Характерными чертами этих технологий является, во-первых, зависящий от погодно-климатических условий, а потому переменный характер электрогенерации, а во-вторых — нулевые переменные издержки, поскольку солнце и ветер мы получаем бесплатно. Чтобы поддержать производителей ВИЭ, во многих странах электроэнергия, произведенная на основе ВИЭ, имеет привилегированный статус: она попадает в сеть, приобретается и потребляется в первую очередь. Таким образом, с выходом на рынок ВИЭ-технологий кривая предложения смещается вправо, и цена падает до уровня P_2 , несмотря на то что спрос остается на высоком уровне (см. рис.2).

Эта теория подтверждается практикой. Начиная с 2010 г. цены на спотовом рынке электроэнергии в Европе падают, что, в свою очередь, отражается и на долгосрочном сегменте рынка электроэнергии. Цена на поставку 1 кВт*ч на период 2014-2019 гг. оказалась ниже 4 центов, что является ее историческим минимумом. Таким образом, вопреки всем прогнозам и ожиданиям, биржевые цены на электроэнергию по сравнению с 2013 г. упали на 40 % [9].

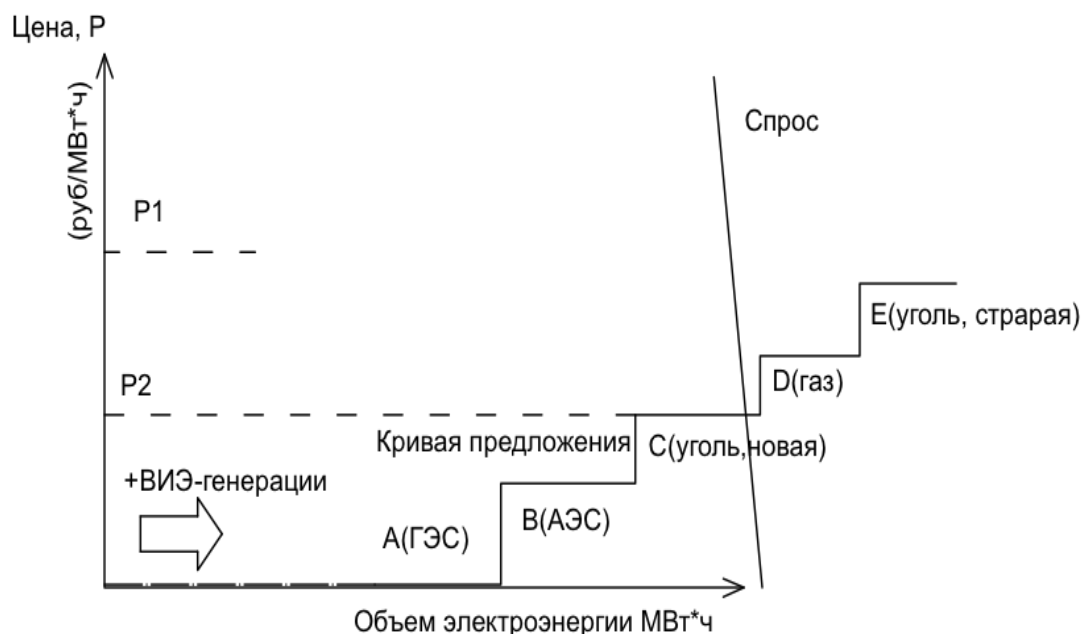


Рисунок 2. Влияние ВИЭ на процесс ценообразования

Однако до конечного потребителя это снижение цены на бирже не доходит. Более того, с начала либерализации в 1998 г. цена на электроэнергию для промышленности и домашних хозяйств не упала, а возросла более чем в 2 раза [1]. Что обуславливает такую тенденцию, почему цена для конечного потребителя растет, в то время как биржевая цена демонстрирует исторические минимумы, и какую роль здесь играет развитие «зеленой» энергетики?

Развитие ВИЭ как фактор роста цены на электроэнергию для конечного потребителя. В последнее десятилетие развитие ВИЭ в мире шло быстрыми темпами. Большой успех был достигнут не только в отношении технического и технологического прогресса, но и в плане снижения стоимости оборудования. Некоторые технологии ВИЭ - особенно это касается гидро- и биоэнергетики - в отдельных благоприятных регионах стали сопоставимы по затратам с традиционной электрогенерацией и составили ей достойную конкуренцию. Однако несмотря на это, в большинстве своем технологии ВИЭ были и остаются высокзатратными и неконкурентоспособными, поэтому их развитие и распространение невозможны без государственной поддержки [2].

Обычно программы политической поддержки ВИЭ направлены на достижение нескольких целей: это может быть и улучшение технологической конкурентоспособности ВИЭ через снижение издержек производства, и создание рабочих мест, и увеличение внутреннего производства электроэнергии, и экологизация энергосистемы. В некоторых странах государственная политика поддержки ВИЭ существует более 15 лет, поэтому к настоящему времени имеются достаточно богатый регулятивный инструментарий и опыт лучших практик реализации таких политик [2].

Многообразие политических схем поддержки ВИЭ можно представить в виде матрицы (см. табл.1) в зависимости от отношения того или иного инструмента к одному из двух параметров:

регулирует ли политический инструмент цену на «зеленое» электричество или объем генерации;

поддерживает ли политика инвестиции в мощности ВИЭ, либо напрямую ее субсидирует

Таблица 1. Схемы поддержки ВИЭ [1]

Поддержка ВИЭ	Цена	Способы
Инвестиции	Инвестиционные дотации. Налоговые кредиты. Низкие ставки процента/льготные кредиты.	Тендерные системы для инвестиционных грантов
Генерация	«Зеленые» тарифы с фиксированной ценой. Премиальные «зеленые» тарифы	Типовое портфолио ВИЭ. Тендерные системы для долгосрочных контрактов

Число стран, реализующих политику поддержки ВИЭ, неуклонно растет: с 48 в 2005 г. до 109 в 2017 г. Самой популярной схемой поддержки является «зеленый» тариф. На начало 2017 г. 65 % стран по всему миру использовали именно этот инструмент. Более половины этих стран - развивающиеся либо страны с переходной экономикой [3].

Суть данного механизма заключается в обеспечении гарантированного дохода (фиксированного тарифа) производителям «зеленой» электроэнергии, который должен покрыть все издержки их генерации. Величина этого тарифа в значительной степени зависит от технологии, года ввода в эксплуатацию, вида и размера установки. Тариф гарантируется производителю ВИЭ на длительный срок, как правило, 20 лет [2].

Поскольку выручка, получаемая за реализацию 1 «зеленого» кВт·ч на бирже, в настоящий момент не достигает уровня «зеленого» тарифа, а собственник ВИЭ-установки все равно должен получить свой фиксированный доход, гарантированный ему государством, возникает необходимость в надбавке к биржевой цене. В очень сильном упрощении, размер надбавки рассчитывается по следующей формуле: затраты на реализацию механизма (сумма вознаграждения генераторам ВИЭ) за вычетом доходов от продажи произведенной зеленой электроэнергии на бирже делятся между конечными потребителями электроэнергии.

$$U = \frac{C - R}{n},$$

где U - надбавка; C - вознаграждение генераторам ВИЭ, которое рассчитывается как произведение премиальной ставки и объема произведенной ими электроэнергии; n - количество непривилегированных потребителей электроэнергии.

Таким образом, получаемая в результате сумма надбавки перекладывается на конечного потребителя электроэнергии. Наглядно этот процесс можно проиллюстрировать, обратившись к графику, отражающему кривую предложения Merit Order (см. рис. 3).

ВИЭ-генерация на рынке соответствует отрезку OG. Цена на рынке определяется пересечением кривых спроса и предложения и равна P_2 . Доход от реализации «зеленой» электроэнергии на бирже соответствует площади прямоугольника OP2LG. Однако генераторы ВИЭ получают за 1 кВт·ч не рыночную цену P_2 , а премиальную P_1 («зеленый» тариф), их вознаграждение, таким образом, соответствует площади прямоугольника OP1KG. В итоге возникают непокрытые издержки (P_2P_1KL), которые перекладываются на потребителей.

Конечные потребители, которые получают электроэнергию из общественной сети, вынуждены оплачивать на потребленный 1 кВт·ч соответствующую ставку надбавки. При этом для определенной категории промышленности действуют правила исключения, которые сильно занижают, а то и вовсе отменяют для них ставку надбавки, дабы не снижать их конкурентоспособность на мировых рынках. К этой категории относятся промышленные предприятия, работающие на экспорт.

Размер «зеленой» надбавки каждый год корректируется и обновляется в зависимости от влияющих факторов. В 2014 г. зеленая надбавка в Германии, стране-лидере в области реализации политики поддержки ВИЭ, составила 6,24 центов/ кВт·ч, что соответствует 18 % цены на электроэнергию для конечного потребителя. Для сравнения, в 2010 г. ее уровень составлял всего лишь 2,05 центов/ кВт·ч [3].

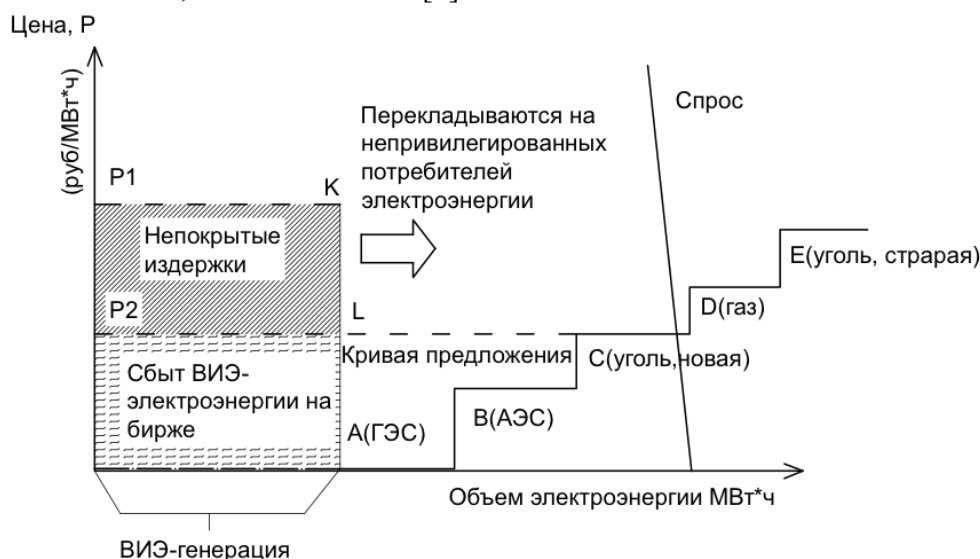


Рисунок 3. Процесс перекладывания «зеленой» надбавки на непривилегированных потребителей

Причинами такого стремительного роста зеленой надбавки в последнее время стали следующие факторы:

- расширение производства электроэнергии фотоэлектрическими системами при одновременной замедленной корректировке ставки вознаграждения ВИЭ-генераторам (прежде всего в 2010, 2011 гг.) [3];
- резкое падение цен на электроэнергию в 2012-2014 гг. (более чем на 20 %), обусловленное сильным падением цен на рынке каменного угля и цены CO_2 на Европейском рынке торговли квотами на выбросы;
- существенное расширение списка объектов промышленности, освобожденных от уплаты «зеленой» надбавки (только с 2011 по 2013 г. прирост привилегированных объектов в Германии составлял 13-14 %, а общий объем электропотребления, освобожденного от уплаты надбавки, составил 28 %);
- выплата вознаграждений ВИЭ-генераторам, превышающая запланированный уровень [3].

Как видно, размер «зеленой» надбавки определяется целой совокупностью эндогенных и экзогенных факторов. К первым относятся цели политики поддержки ВИЭ и темпы роста отрасли, уровень вознаграждения производителей «зеленой» электроэнергии, количество привилегированных потребителей, освобожденных от уплаты надбавки, биржевая цена на 1 кВт·ч. Помимо этого существенное влияние оказывают и экзогенные факторы, такие, как цены на ископаемое топливо на мировых рынках, курсы обмена валют и стоимость CO_2 на рынке торговли квотами на выбросы.

В заключение можно сделать следующие выводы. Влияние развития возобновляемой энергетики на ценообразование является двояким: с одной стороны, выход ВИЭ на рынок генерации ведет к сокращению биржевой цены на электроэнергию, с другой - технологии ВИЭ по-прежнему в большинстве своем остаются высокзатратными и неконкурентоспособными относительно технологий традиционной электрогенерации. Это вызывает необходимость проведения государственной политики поддержки ВИЭ, затраты на реализацию которой перекладываются на конечного потребителя, вынужденного потреблять электроэнергию по более высокой цене. Однако стоит иметь в виду, что на размер

«надбавки», которую оплачивает конечный потребитель, влияет множество факторов, никак не связанных с развитием отрасли ВИЭ. Например, в Европейских парламентах очень сильно лобби крупной промышленности и энергетических концернов, которые добиваются для себя освобождения от уплаты «зеленой» надбавки, вследствие чего ее размер для конечных потребителей растет. Большое влияние на величину ценовой надбавки оказывает политика ЕС в отношении Европейской системы торговли квотами на выбросы (European Union Emission Trading Scheme). Как известно, цена на эмиссионные сертификаты, также не без участия «углеродоемкого» лобби, к концу второго периода (2008-2012 гг.) и к началу третьего периода торговли (2013-2019 гг.) упала до 3,5 евро/т CO₂. [3] Это событие в значительной степени повлияло на обвал биржевых цен на электроэнергию. Однако согласно объявленному курсу климатической политики ЕС в ближайшее время цена на эмиссионные сертификаты будет только расти. Это, в свою очередь, не пройдет незаметно для рынка электроэнергии. Рост цен на 1 т выбросов увеличит издержки высокоуглеродных технологий электрогенерации (в первую очередь, электростанций, работающих на угле), повысив конкурентоспособность технологий ВИЭ. Цена на бирже возрастет, что приведет к сокращению «зеленой» надбавки.

Литература

1. Воропай Н.И. Инвестиции и развитие электроэнергетики в рыночной среде // ТЭК 2002. №4. с. 30-39.
2. Гительман Л.Д. Энергетический бизнес. М.: Дело, 2006. 600 с.
3. Groba F. Assessing the Strength and Effectiveness of Renewable Electricity Feed-in Tariffs in European Union Countries Deutsches Institut fuer Wirtschaftsforschung / F. Groba, J. Indvik, S. Jenner [Электронный ресурс]. – : http://www.diw.de/documents/publikationen/73/diw_01.c.390079.de/dp1176.pdf

УДК 621.311

КАБЕЛЬНЫЕ ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ КАК ИСТОЧНИКИ И ПОТРЕБИТЕЛИ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ

Коледа-Сакович Д.Г.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Радкевич В.Н.

В системах электроснабжения (СЭС) промышленных предприятий для передачи и распределения электроэнергии на напряжениях до 1 кВ и 10(6) кВ широко применяются кабельные линии. Для распределения электроэнергии на напряжениях 10 или 6 кВ используются трехжильные кабели с изоляцией из сшитого полиэтилена (СПЭ) и с бумажной пропитанной изоляцией (БПИ). Одножильные кабели в электрических сетях напряжением до 1 кВ и 6-10 кВ используются при больших нагрузках, когда пропускной способности многожильных кабелей недостаточно для электроснабжения потребителей электроэнергии. Кабельные линии электропередачи обладают индуктивным сопротивлением и емкостной проводимостью. Следовательно, линии потребляют и генерируют реактивную мощность.

На рисунке 1 показаны схемы емкостей в одножильном и трехжильном кабелях. Величина емкостного тока в одножильном кабеле обусловлена емкостью относительно земли (заземленной металлической оболочки или экрана).

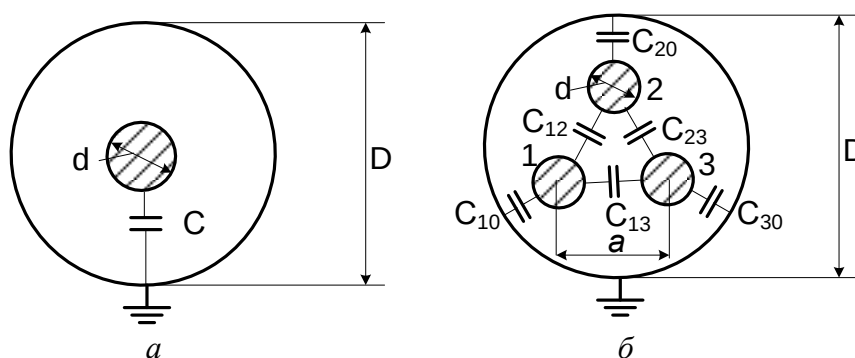


Рисунок 1. Схемы емкостей в одножильном (а) и трехжильном (б) кабелях:
 C – емкость одножильного кабеля; C_{10} , C_{20} , C_{30} – частичные емкости жил на землю;
 C_{12} , C_{23} , C_{13} – частичные емкости между жилами

Удельная емкость, мкФ/км, одножильного и отдельных экранированных токопроводящих жил (ТПЖ) многожильного кабеля определяется по следующей формуле [1]:

$$C_0 = \frac{\varepsilon}{18 \ln \frac{D}{d}}, \quad (1)$$

где ε – относительная диэлектрическая проницаемость изоляции;

D – расчетный наружный диаметр кабеля, мм;

d – расчетный диаметр ТПЖ, включая экран, мм.

В соответствии с [2] для сшитого полиэтилена $\varepsilon=2,3$. Из выражения (1) следует, что чем больше отношение D/d , тем меньше значение C_0 .

В трехжильном кабеле емкости токопроводящих жил (ТПЖ) зависят от взаимного расположения жил относительно друг друга, а также от их расположения по отношению к земле или заземленным элементам кабеля. Емкость кабеля определяется с учетом частичных емкостей.

Емкость трехжильного кабеля с поясной изоляцией в общей металлической оболочке (алюминиевой или свинцовой) или с экраном выражается через частичные емкости между ТПЖ C_{12} , C_{23} , C_{13} и каждой жилы относительно заземленной оболочки C_{10} , C_{20} , C_{30} . Вследствие симметричной конструкции трехжильного кабеля $C_{12} = C_{23} = C_{13}$ и $C_{10} = C_{20} = C_{30}$. Электрическая емкость каждой ТПЖ относительно двух других жил

$$C_1 = C_{10} + C_{12} + C_{13}. \quad (2)$$

Так как $C_{12} = C_{13}$, то можно выражение (2) представить в виде

$$C_1 = C_{10} + 2C_{12}. \quad (3)$$

Частичные емкости определяются по следующим соотношениям:

-между двумя ТПЖ

$$C_{12} = 0,23C_1, \quad (4)$$

-между ТПЖ и оболочкой (или экраном)

$$C_{10} = 0,53C_1. \quad (5)$$

Из-за взаимного экранирования рабочая емкость трехжильного кабеля не равна утроенному значению емкости ТПЖ, а определяется по выражению [1]

$$C_0 = C_{10} + 3C_{12} = 1,23C_1. \quad (6)$$

Рабочая емкость, мкФ/км, трехжильного кабеля может быть найдена по следующей эмпирической формуле [1]:

$$C_0 = \frac{0,048\varepsilon}{\lg \frac{3a^2(D^2 - a^2)^3}{d^2(D^6 - a^6)}}, \quad (7)$$

где a - расстояние между центрами ТПЖ кабеля, мм.

Емкостное реактивное сопротивление кабеля, Ом/км, вычисляется по выражению

$$x_0 = \frac{1}{\omega C_0} = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C_0}, \quad (8)$$

где C_0 – емкость кабеля, Ф/км;

f – Частота тока, Гц.

Емкостная проводимость кабельной линии, 1/(Ом·км), является величиной, обратной

X_c :

$$b_0 = \omega C_0 = 2\pi \cdot f \cdot C_0. \quad (9)$$

Приближенное значение b_0 можно определить по следующей эмпирической формуле:

$$b_0 = \frac{26,5}{\lg \frac{D}{d}}. \quad (10)$$

При включении трехфазной линии электропередачи под напряжение в ней имеет место зарядная мощность, удельное (погонное) значение которой, квар/км, вычисляется по выражению

$$q_0 = U_{ном}^2 \cdot b_0 \cdot 10^{-3}, \quad (11)$$

где $U_{ном}$ - номинальное напряжение линии электропередачи, В.

Реактивная мощность, квар, генерируемая линией электропередачи рассчитывается по формуле

$$Q_B = q_0 \cdot l, \quad (12)$$

С учетом выражений (9) и (11) формулу (12) можно записать в таком виде:

$$Q_B = U_{ном}^2 \cdot \omega \cdot C_0 \cdot l \cdot 10^{-3}. \quad (13)$$

где l – длина линии электропередачи, км.

Зарядная мощность линии зависит от ее напряжения и конструктивного исполнения. Средние значения C_0 , b_0 и q_0 приводятся в справочной литературе и технической документации производителей кабельной продукции.

В рабочих режимах при передаче электроэнергии в линиях возникают потери реактивной мощности (квар), которые при симметричных нагрузках определяются по формуле

$$\Delta Q_{\pi} = 3I_p^2 \cdot x_0 \cdot l \cdot 10^{-3}, \quad (14)$$

где I_p – расчетный (рабочий) ток линии, А;

x_0 - погонное реактивное сопротивление ТПЖ кабеля, Ом/км.

При $l = 1$ км потери реактивной мощности в линии, квар/км, вычисляются по выражению

$$\Delta q_{\pi} = 3I_p^2 \cdot x_0 \cdot 10^{-3}. \quad (15)$$

Значение x_0 для кабелей принимают по справочной литературе или находят по формуле

$$x_0 = 2 \pi \cdot f \cdot L_0, \quad (16)$$

где f – частота переменного тока, Гц;

L_0 – индуктивность проводника, Гн/км.

При выполнении условия

$$Q_B > \Delta Q_{\pi} \quad (17)$$

кабельная линия является источником реактивной мощности.

Оценим, соблюдается ли соотношение (17) в реальных электрических сетях промышленных предприятий. Для выяснения данного вопроса рассмотрим линии напряжением 10 кВ, выполненные кабелями с БПИ. Расчетный ток линии в нормальном режиме определим по выражению

$$I_p = k_n \cdot I_{доп}, \quad (18)$$

где $I_{\text{доп}}$ – допустимый длительный ток линии, А;
 k_n – коэффициент нагрузки линии.

Величина k_n в рабочем режиме линии варьируется в диапазоне от 0 до 1. Расчет выполним для $k_n=0,8$, что соответствует предельному значению k_n для линий, которые могут перегружены в послеаварийном режиме. Приняв значения $I_{\text{доп}}$ по [4] для трехжильных кабелей с БПИ, прокладываемым в земле, а b_0 и x_0 – по [3], рассчитаем по формулам (11) и (15) q_0 и Δq_L . Определим также критериальную функцию для оценки режима реактивной мощности кабельной линии

$$\delta q = q_0 - \Delta q_L. \quad (19)$$

При $\delta q > 0$ линия генерирует, при $\delta q < 0$ реактивную мощность. В случае $\delta q = 0$ имеет место натуральный режим работы линии электропередачи.

Результаты расчета приведены в таблице 1.

Таблица 1. Реактивные параметры кабельной линии при $k_n=0,8$

Сечение жилы, мм ²	b_0 , 10 ⁻⁶ /Ом·км	x_0 , Ом/км	I_p , А	q_0 , квар/км	Δq_L , квар/км	δq , квар/км
25	72,2	0,099	72,0	7,2	1,5	5,7
35	85,0	0,095	92,0	8,5	2,4	6,1
50	91,0	0,090	112,0	9,1	3,4	5,7
70	97,5	0,086	132,0	9,8	4,5	5,3
95	110,0	0,083	164,0	11,0	6,7	4,3
120	116,0	0,081	192,0	11,6	9,0	2,6
150	138,0	0,079	220,0	13,8	11,5	2,3
185	141,0	0,077	248,0	14,1	14,2	-0,1
240	144,0	0,075	284,0	14,4	18,1	-3,7

Анализ данных, приведенных в таблице 1, показывает, что распределительные линии напряжением 10 кВ, которые, как правило, выполняются кабелями с ТПЖ сечением до 150 мм², даже при $k_n=0,8$, можно рассматривать как источники реактивной мощности. Реальные значения k_n могут быть значительно меньше 0,8, а величины δq существенно больше.

Резюмируя, можно сделать вывод о целесообразности учета реактивной мощности, генерируемой кабельными линиями электропередачи напряжением выше 1 кВ, при выборе батарей статических конденсаторов, устанавливаемых в СЭС промышленных предприятий. Это будет способствовать снижению затрат на компенсацию реактивной мощности.

Литература

1. Бачелис, Д.С. Электрические кабели, провода и шнуры (справочник) / Д.С. Бачелис, Н.И. Белоруссов, А.Е. Саакян. – М.: «Энергия», 1971. – 704 с.
2. Инструкция по эксплуатации кабелей из сшитого полиэтилена на напряжение 6, 10, 20, 35 кВ. Издание 2. - ОАО «Электрокабель «Кольчугинский завод», 2008. - 39с.
3. Мельников, Н.А. Электрические сети и системы / Н.А. Мельников. – М.: «Энергия», 1975. – 464с.
4. Правила устройства электроустановок. – 6-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 640 с.

УДК 621.3

СПОСОБЫ УЛУЧШЕНИЯ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ПРИ РАБОТЕ СВАРОЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Малиновская А.Л.

Научный руководитель – старший преподаватель Колосова И.В.

Электросварка – наиболее распространённый вид электропотребителя резкопеременного повторно-кратковременного режима работы на промышленных предприятиях. Установки дуговой и контактной электросварки относятся к установкам с усложнённым режимом работы, при работе которых создаются провалы, колебания, отклонение, несимметрия и несинусоидальность напряжения, колебания частоты. Это приводит к дополнительным затратам и нагреву электрооборудования, дополнительным потерям мощности и электроэнергии, сокращению срока службы электрооборудования. Нормально допустимые и предельно допустимые значения отклонений показателей качества электроэнергии определяются ГОСТ 13109-97 [1].

Обеспечение надлежащего качества электроэнергии ведет к повышению эффективности производства. При решении этой проблемы необходимо сопоставлять эффект от мероприятий и затраты, которые будут понесены в процессе достижения ожидаемого результата.

На промышленных предприятиях применяется множество методов для снижения влияния сварочных установок на питающую сеть. Одним из них является замена сварки на переменном токе сваркой на постоянном токе. Данный метод широко применяется при низком $\cos\phi$ и в случае колебания и несимметрии напряжения, создаваемых сварочными установками.

Известно, что показатели качества электроэнергии снижаются с ростом мощности электроприёмников с усложнённым режимом работы и при уменьшении мощности КЗ в точке их подключения к электросети. Следовательно, для улучшения всех показателей качества электроэнергии рационально подключать электроприёмники с усложнённым режимом работы в точках системы с наибольшим значением мощности КЗ[2]. Но возможности ограничения влияния специфических нагрузок повышением только токов КЗ недостаточны, так как мощность сварки растёт быстрее, чем мощность иных электропотребителей.

Схемные решения являются наиболее простым и наименее затратным способом по снижению влияния сварочного оборудования на качество электроэнергии. К нему относятся отдельные глубокие вводы к цехам с резкопеременной и нелинейной нагрузкой, выделение специфических нагрузок на отдельных секциях ГПП, четырёхсекционная схема ГПП с трансформаторами с расщепленными вторичными обмотками или сдвоенными реакторами для раздельного питания «спокойных» и специфических нагрузок, параллельная работа питающих трансформаторов, применение блокировок для ограничения одновременного включения большого количества сварочных установок, равномерное распределение однофазных электроприёмников по парам фаз, подключение параллельно нелинейным нагрузкам синхронных и асинхронных двигателей.

Схема с расщепленными обмотками трансформаторов ГПП или со сдвоенными реакторами является в настоящее время наиболее широко применяемой.

В сдвоенном реакторе падение напряжения в каждой секции обмотки составляет:

$$\Delta U = x_L \cdot (I_2 - I_1 \cdot K_M) \approx I_{обм} \cdot x_L \cdot 0,5, \quad (1)$$

где $I_1 = I_2 = I_{обм}$ - токи в секциях обмотки реактора;

x_L - индуктивное сопротивление обмотки реактора;

$$K_M = \frac{M}{L} \approx 0,5 - \text{коэффициент взаимоиנדукции между секциями обмотки сдвоенного}$$

реактора.

Из формулы (1) видно, что колебания напряжения на секциях со спокойной нагрузкой под влиянием колебаний на этой секции от резкопеременной нагрузки будут меньше, чем при объединении их на одну секцию шин.

Выбор схемы, которая повышает качество напряжения на шинах, питающих спокойную нагрузку, дает эффект из-за увеличения электрической удаленности спокойных нагрузок от резкопеременных. Стабилизация коэффициента несинусоидальности и коэффициента несимметрии получается при достижении уменьшения внешнего сопротивления питающей сети. Эти мероприятия действенны и широко применяются.

При необеспечении схемными решениями требуемого уровня качества электроэнергии либо, когда они экономически не оправданы, применяются специальные технические средства.

Снизить влияние колебаний и провалов напряжения на ЭП можно использованием устройств продольной компенсации (УПК) и батарей статических конденсаторов. Они могут устанавливаться как непосредственно у электросварочной установки, так и применяться для групповой компенсации напряжения.

Снижение несинусоидальности токов также производится с помощью технических средств. Последовательное включение линейных дросселей применяется для уменьшения значения высших гармонических составляющих тока в электрических сетях. Дроссель обладает малым значением индуктивного сопротивления на основной частоте (50 Гц) и повышенными сопротивлениями для высших гармоник тока, что приводит к их ослаблению. Дроссели, установленные на питающих и распределительных линиях, уменьшают генерирование высших гармоник во внешнюю сеть по отношению к точке их подключения. Это простейший способ снижения уровня высших гармоник тока, генерируемых нелинейными нагрузками во внешнюю сеть.

Фильтры высших гармоник применяются, когда требуется не только уменьшить несинусоидальность напряжения, но и скомпенсировать реактивную мощность в рассматриваемом узле СЭС. На рисунке 1 представлена схема подключения фильтра высших гармоник к электрической сети [3].

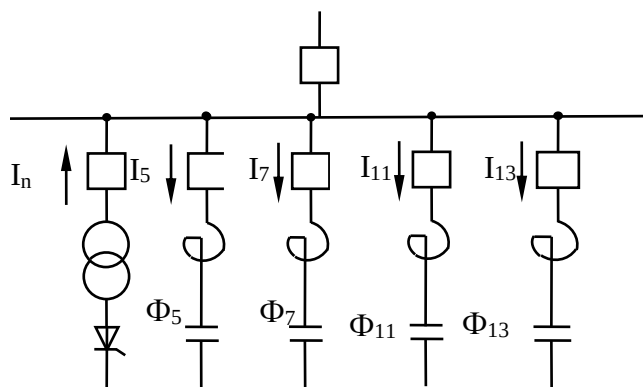


Рисунок 1 – Схема включения фильтра высших гармоник

Фильтр состоит из ряда звеньев, представляющих собой контур из последовательно соединенных индуктивности L и емкости C . Каждое звено настроено на резонанс для определенной гармоники так, чтобы сопротивление реактора на частоте гармоники было равно сопротивлению конденсаторной батареи:

$$n \cdot \omega \cdot L = \frac{1}{n \cdot \omega \cdot C} \quad (2)$$

Количество звеньев в фильтре на практике, в большинстве случаев, равно двум или четырем. В системах электроснабжения целесообразно устанавливать фильтры гармоник только самых низких порядков. Звенья настраиваются, как правило, на частоты 5, 7, 11 и 13-й гармоник. Фильтры присоединяются как в местах возникновения высших гармоник, так и в точках их усиления (резонанс токов) [3]. Идеальный фильтр полностью потребляет ток гармоники I_n , генерируемой нелинейными элементами. Однако, наличие активных сопротивлений в реакторе и конденсаторе и неточная их настройка приводят к неполной фильтрации гармоники.

К фильтрам ВГ относятся фильтрокомпенсирующие (ФКУ) и фильтросимметрирующие устройства (ФСУ). Фильтрокомпенсирующие устройства являются одним из универсальных средств снижения токов и напряжений высших гармоник в системе электроснабжения. Эти устройства представляют собой последовательное соединение индуктивного и емкостного сопротивлений, настроенных в резонанс или близко к нему на частоту генерируемой гармоники тока. Сопротивление ФКУ на резонансной частоте очень мало по сравнению с входным сопротивлением СЭС (в идеальном случае близко к нулю) и, таким образом, шунтирует ток высшей гармоники, генерируемой нелинейной нагрузкой. [4]

Недостатком фильтров ВГ является их высокая стоимость и большая чувствительность к точности настройки. При неточной настройке эффективность снижается и даже может иметь место увеличение гармоник напряжения на шинах подстанции.

Для уменьшения влияния несимметрии напряжений производится симметрирование напряжения. Под симметрированием понимают проведение мероприятий для уменьшения токов обратной и нулевой последовательностей. Максимальный положительный эффект от симметрирования достигается при большой мощности однофазных нагрузок и большом индуктивном сопротивлении линий электрической сети. Достаточно сложно симметрировать нагрузку сварки с изменяющейся несимметрией и генерирующую высшие гармоники. Поэтому на ПП применяются фильтросимметрирующие и симметрирующие устройства для повышения качества ЭЭ и компенсации реактивной мощности. В качестве симметрирующих устройств применяют несимметричное включение конденсаторных батарей. Если же несимметрия является результатом случайных процессов, то для ее снижения применяются автоматические симметрирующие устройства.

Фильтросимметрирующие (ФСУ) и фильтрокомпенсирующие устройства (ФКУ) обеспечивают одновременно компенсацию реактивной мощности, фильтрацию высших гармоник, уменьшение отклонений и размаха изменения напряжения, а также симметрирование напряжения сети, т.е. воздействуют одновременно на несколько показателей качества электроэнергии. Такие устройства называют многофункциональными. Целесообразность таких устройств возникла в связи с тем, что резкопеременные нагрузки вызывают одновременное искажение напряжения по ряду показателей. Применение многофункциональных устройств позволяет комплексно решать проблему обеспечения качества электроэнергии [4].

Выбор способа улучшения качества электроэнергии при работе сварочного оборудования должен проводиться на основании технико-экономического обоснования вариантов уменьшения отрицательного влияния оборудования на качество электроэнергии.

Литература

1. ГОСТ 13109-97 Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения.
2. Иванов, В. С. Режимы потребления и качество электроэнергии систем электроснабжения промышленных предприятий/ В.С.Иванов, В.И. Соколов. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 336 с.
3. Федоров А. А., Каменева В. В. Основы электроснабжения промышленных предприятий. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 472 с.
4. Управление качеством электроэнергии/ И.И. Карташев, В.Н.Тульский, Р.Г. Шамонов и др.: под ред. Ю.В. Шарова. – М. Издательский дом МЭИ, 2006. – 320 с.: ил.

УДК 621.311

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ИНТЕРВАЛЫ ТОКОВ КАБЕЛЕЙ С ИЗОЛЯЦИЕЙ ИЗ СШИТОГО ПОЛИЭТИЛЕНА

Алехнович Д.С.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Радкевич В.Н.

Сечения проводов линий электропередачи постоянного и переменного тока напряжением 330 кВ и выше, а также проводников мощных жестких и гибких токопроводов, работающих с большим числом использования максимальной нагрузки, выбираются на основе технико-экономических расчетов [5]. При этом для выбора сечений проводов линий электропередачи могут использоваться экономические интервалы токовых нагрузок [4].

Выбор сечений токопроводящих жил кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена (СПЭ) необходимо производить с учетом экономических показателей проектируемой линии электропередачи. В [3] указывается, что при выборе сечения токопроводящих жил (ТПЖ) и экранов «проектом следует определить оптимальный вариант, позволяющий минимизировать затраты на сооружение и эксплуатацию кабельной линии электропередачи». На практике выбор сечения ТПЖ кабелей с изоляцией из СПЭ производится по экономической плотности тока, значения которых для кабелей с пластмассовой изоляцией приведены в [5].

Экономические интервалы можно получить на основе построения графических зависимостей годовых приведенных затрат Z от тока нагрузки I , которые определяются по формуле

$$Z = E \cdot K + 3 \cdot I^2 R \cdot \tau \cdot \beta \cdot 10^{-3}, \quad (1)$$

где E – суммарные отчисления от капиталовложений, отн. ед.;

K – удельная стоимость сооружения линии, тыс. р./км;

I – расчетный ток линии в нормальном режиме, А;

R – активное сопротивление проводников фазы линии, Ом;

τ – время максимальных потерь, ч;

β – средний тариф на электроэнергию, р./кВт.

Суммарные отчисления от капиталовложений определяются по выражению

$$E = E_n + E_a + E_{p.o}, \quad (2)$$

где E_n – нормативный коэффициент эффективности капиталовложений (ставка рефинансирования), $E_n = 0,12$;

E_a и $E_{p.o}$ – соответственно отчисления на амортизацию ($E_a = 0,033$) и текущий ремонт и обслуживание линии ($E_{p.o} = 0,01$).

При расчете укрупненных капиталовложений в кабельную линию учитывается стоимость кабеля C_k , а также проектных C_p , строительно-монтажных $C_{см}$ и пуско-наладочных работ $C_{пн}$.

Значение C_k принимается по данным изготовителей и поставщиков кабельной продукции. Величина $C_{см}$ оценивается примерно в (25 – 30)%, а $C_{пн}$ – (3 – 5)% от C_k . Стоимость проектных работ может приниматься в размере 10 % от $C_{см}$. В этом случае укрупненные капиталовложения, необходимые для сооружения кабельной линии, определяются по формуле

$$K = C_k + 1,1 \cdot (0,3 C_k) + 0,05 C_k = 1,38 C_k \approx 1,4 C_k, \quad (3)$$

Активное сопротивление проводников фазы линии

$$R = r_0 \cdot l, \quad (4)$$

где r_0 – погонное активное сопротивление кабельной линии, Ом/км;

l – длина кабельной линии, км.

Приняв $l = 1$ км, получим $R = r_0$. Для кабелей с изоляцией из СПЭ используем значения r_0 при температуре токопроводящих жил 90°C .

Удельная стоимость потерь активной электроэнергии определяется по действующим тарифам. Если предприятие рассчитывается с энергосистемой по двухставочному тарифу, то потери активной электроэнергии в СЭС оцениваются по среднему тарифу, вычисляемому по формуле

$$\beta = a/T_{\max} + b, \quad (5)$$

где a – основная ставка тарифа за 1 кВт заявленной максимальной мощности, $a = 266,36 \text{ р./}(\text{кВт}\cdot\text{год})$;

b – дополнительная ставка тарифа на электроэнергию, $b = 0,2 \text{ р./кВт}\cdot\text{ч}$;

$T_{\max}$ – годовое число часов использования максимума нагрузки, ч.

Для стандартных сечений токопроводящих жил (ТПЖ) кабелей приведенные затраты в зависимости от тока нагрузки представляют семейство пересекающихся параболических кривых (рисунок 1).

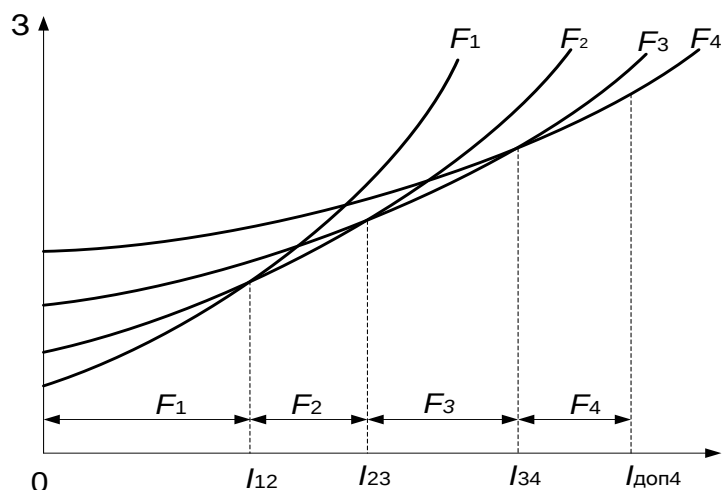


Рисунок 1. Зависимость приведенных затрат от тока линии для разных сечений ТПЖ кабелей

Точки пересечения соседних кривых соответствуют току, при котором приведенные затраты для двух сечений будут одинаковыми. Соответственно абсциссы точек пересечения определяют значения экономических интервалов нагрузок. Из рисунка 1 видно, что сечения проводников F_1 – F_4 имеют определенные диапазоны токов, при которых их использование является наиболее выгодным. Например, при токе нагрузки от 0 до значения I_{12} меньшие приведенные затраты будут при использовании сечения F_1 , при токах в интервале I_{12} – I_{23} – сечения F_2 и т.д. Область применения наибольшего сечения F_4 ограничивается его длительно допустимым током по нагреву $I_{\text{доп}4}$.

Ток I_{ib} , являющийся верхней границей применения сечения проводника F_i , определяется из условия

$$Z_i = Z_{i+1}. \quad (6)$$

Выразив приведенные затраты Z_i и Z_{i+1} для сечений F_i и F_{i+1} в соответствии с формулой (1), получим равенство (6) в виде

$$E \cdot K_i + 3 \cdot I_{iB}^2 R_i \cdot \tau \cdot \beta \cdot 10^{-3} = E \cdot K_{i+1} + 3 \cdot I_{iB}^2 R_{i+1} \cdot \tau \cdot \beta \cdot 10^{-3}, \quad (7)$$

где K_i, K_{i+1} – капиталовложения в линию с сечением ТПЖ i и $i+1$ соответственно;

R_i, R_{i+1} – активные сопротивление ТПЖ i и $i+1$ соответственно.

Из равенства (7) получим значение тока

$$I_{iB} = \sqrt{\frac{E(K_{i+1} - K_i)}{3\tau \cdot \beta \cdot 10^{-3}(R_i - R_{i+1})}}. \quad (8)$$

Из формулы (8) следует, что характеристики приведенных затрат линий со смежными сечениями пересекаются лишь в том случае, когда $K_i < K_{i+1}$ и $R_i > R_{i+1}$. Если эти условия не выполняются, то подкоренное выражение имеет отрицательное значение. Так как $R_i > R_{i+1}$ во всех случаях, то непременным условием существования экономического интервала токов для кабельных линий является неравенство $K_i < K_{i+1}$.

При выборе экономических сечений можно отказаться от построения графических зависимостей, подобных приведенным на рисунке 1, и использовать выражение (8) для установления экономических интервалов токов [2].

Произведем иллюстративный расчёт экономических интервалов токовых нагрузок для линий напряжением 10 кВ, выполненных трехжильными кабелями с изоляцией из СПЭ с сечением алюминиевых ТПЖ от 50 до 240 мм². Удельные стоимости кабелей с изоляцией из СПЭ приняты по данным, приведенным в [1]. Стоимостные показатели оцениваем в у.е. по курсу Национального банка РБ по состоянию на 26 марта 2018 г. Значения $T_{max} = 5000$ ч, $\tau = 2900$ ч.

Суммарные отчисления от капиталовложений определяются по выражению (3):

$$E = 0,12 + 0,033 + 0,01 = 0,163.$$

Рассчитаем капиталовложения в у.е. для 1 км линии, выполненной кабелями с сечениями ТПЖ 50 и 70 мм²:

$$K_{50} = 1,4 \cdot 3383 = 4736 \text{ у.е./км}$$

$$K_{70} = 1,4 \cdot 4797 = 6716 \text{ (у.е./км)}$$

Определяем по формуле (5) средний тариф на электроэнергию:

$$\beta = (135,73/5000) + 0,102 = 0,129 \text{ у.е./кВт}\cdot\text{ч}.$$

Принимаем по [2] удельные активные сопротивления ТПЖ кабелей и выполняем расчёт граничного тока по формуле (8), при котором одинаково рационально использование кабелей со смежными сечениями жил:

$$I_{iB} = \sqrt{\frac{0,163 \cdot (6716 - 4736) \cdot 3}{3 \cdot 2900 \cdot 0,129 \cdot 10^{-3} (0,822 - 0,568)}} = 58,241(A)$$

Проведем такой же расчёт для остальных трехжильных кабелей напряжением 10 кВ и сведем результаты в таблицу 1.

Выбор сечений токопроводящих жил кабелей по экономическим интервалам токов является более достоверным, так как учитывает конкретные характеристики кабельных линий электропередачи и особенности потребления электроэнергии объектами, питающихся по линиям.

Таблица 1. Экономические интервалы токовых нагрузок

Марка кабеля, количество и сечение жил, сечение экрана	Затраты на 1 км кабеля, у.е./км	Капиталовложения, у.е./км	Допустимый длительный ток при прокладке в воздухе, А	Экономические интервалы токов, А
АПвП 3х50/16	46790	4736	170	$\leq 58,2$
АПвП 3х70/16	49620	6716	210	58,2-72,3
АПвП 3х95/16	52370	8603	253	72,3-94,4
АПвП 3х120/16	53910	10360	288	94,4-140,8
АПвП 3х150/25	55360	13090	322	140,8-153,0
АПвП 3х185/25	56760	15990	364	153,0-198,8
АПвП 3х240/25	58890	20540	422	$\geq 198,8$

Выводы

1. Анализ полученных результатов показывает, что предельные значения экономических нагрузок рассмотренных кабелей невелики и значительно меньше длительных допустимых по нагреву токов. В то же время кабели имеют зоны экономических нагрузок, что необходимо учитывать при проектировании систем электроснабжения промышленных предприятий с использованием рассмотренных кабелей.

2. Для выбора экономических сечений токопроводящих жил кабелей разных марок целесообразно разработать алгоритм и компьютерную программу, учитывающие конкретные исходные данные линий электропередачи, особенности электропотребления, подключенных к ним объектов, а также условия нагревания кабелей в нормальных и аномальных режимах.

Литература

1. Кабельные системы [Электронный ресурс]. -2018.-Режим доступа: <https://kabel-s.ru/producer/107/cat/5>. - Дата доступа 28.03.2018
2. Козлов, В.А. Городские распределительные электрические сети / Козлов В.А. – Л.: «Энергия», 1971. 280 с.
3. ТКП 611-2017 (33240). Силовые кабельные линии на напряжение 6-110 кв. Нормы проектирования по прокладке кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена пероксидной сшивки. - Минск: Мин-во энергетики Республики Беларусь, 2017. – 122 с.
4. Пособие к курсовому и дипломному проектированию для электроэнергетических специальностей вузов. Под ред. В.М. Блок. – М.: Высшая школа, 1990. – 383 с.
5. Правила устройства электроустановок. – 6-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 640 с.

УДК 621.3.051.024

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОСТОЯННОГО ТОКА ПРИ ТРАНСПОРТИРОВКЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Амичба К.В.

Научный руководитель – ассистент Протасеня М.Л.

Использование постоянного тока для транспортировки электроэнергии имеет ряд преимуществ, которые мы рассмотрим в этой работе.

При транспортировке электроэнергии используются линии электропередач (ЛЭП). В передачах постоянного тока отсутствуют волновые процессы, что положительно влияет на работу в системе для конструкции опор, которых, при использовании постоянного тока, требуется меньший расход стали, и её конструкция значительно проще, поэтому стоимость этой конструкции будет дешевле.

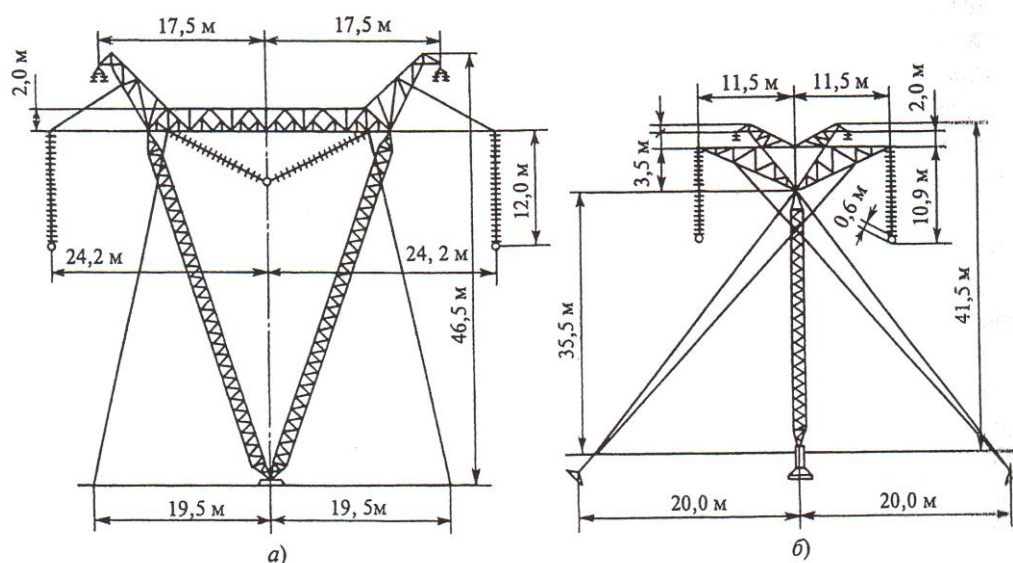


Рисунок 1. Промежуточные опоры электропередач переменного и постоянного тока в одном масштабе: а – опора ВЛ переменного тока 1150 кВ Экибастуз – Урал: пропускная способность 5000 МВт, плотность тока 0,95 А/мм², провод 8хАС 330, общая масса опоры 19,8 т; б – опора ВЛ постоянного тока Экибастуз – Центр: пропускная способность 6000 МВт, плотность тока 0,66 А/мм², провод 5хАС 120 065, шаг расщепления 600 мм общая масса опоры 9,4 т.

Удешевить ЛЭП может изменение сечения провода, так как мощность равна произведению напряжения на ток, то увеличив напряжение, можно уменьшить передаваемый по проводу ток и, как следствие, можно уменьшить само сечение провода, необходимого для передачи этой мощности, что сделает линию электропередачи гораздо дешевле.

Высоковольтные линии постоянного тока не создают вокруг себя низкочастотного переменного магнитного поля, как это типично для ЛЭП переменного тока. Некоторые ученые говорят о вреде этого переменного магнитного поля для здоровья человека, для растений, для животных. Постоянный ток, в свою очередь, создает лишь постоянный (не переменный) градиент электрического поля в пространстве между проводом и землей, а это безопасно как для здоровья людей, так и для животных, и для растений.

С использованием вставок постоянного тока пропадают трудности синхронизации нескольких разных систем управления операциями отдельных энергетических систем. Быстрые аварийные контроллеры на линиях электропередачи постоянного тока повышают надежность и стабильность общей сети. Регулировка потока энергии может гасить колебания в параллельных линиях.

Что касается воздушной линии постоянного тока, то она не имеет зависимости максимальной передаваемой мощности от ее длины, как в передачах переменного тока (чем длиннее линия, тем меньше предельная мощность, которую можно по ней передать), поэтому линия постоянного тока может иметь любую длину и передаваемую мощность, которые диктуются практической целесообразностью. Возможные ограничения в этом случае — допустимые потери энергии на нагрев проводов и пропускная способность используемой аппаратуры.

В кабельной линии постоянного тока зарядная мощность отсутствует и не создает дополнительного нагрева кабеля. Поэтому кабельные линии постоянного тока могут сооружаться достаточно длинными (100—200 км, возможно и больше) и использоваться для решения задач, которые невозможно решить иными путями, например, для пересечения больших водных пространств (морских проливов), ввода больших мощностей в центры крупных городов и др.

Даже если линию постоянного тока использовать только для объединения нескольких электроэнергетических систем, то в этом случае все эти системы могут работать независимо друг от друга (асинхронно), но обмениваться между собой мощностью. В этом случае линия постоянного тока становится как бы сборными шинами для этих систем. При этом аварийные возмущения в одной из систем не будут передаваться в другие, что значительно улучшает работу системы.

Подводя итог вышесказанному, отметим основные преимущества использования постоянного тока при транспортировке электроэнергии:

Передача энергии в энергосистеме напрямую от электростанции к потребителю, без дополнительных отводов;

Передача энергии и стабилизация между несинхронизированными энергосистемами переменного тока;

Упрощается передача энергии между энергосистемами, использующими разные стандарты напряжения и частоты переменного тока;

Синхронизация с сетью переменного тока энергии, производимой возобновляемыми источниками энергии;

Отсутствие влияния электромагнитных процессов на величину передаваемой мощности;

Возможность обмена мощностями несинхронно работающих энергосистем;

Безынерционное управление напряжением и мощностью на выходе подстанций;

Возможность применения длинных кабельных линий;

Ограничение токов подпитки места к.з. от смежных энергосистем, связанных линиями постоянного тока.

Литература

1. Рыжов Ю.П., Бумагин Н.Ю. Современные пути создания управляемых линий электропередачи // Вестник МЭИ. 1999. № 4. С. 48—51.
2. <http://electricalschool.info>
3. <http://www.energocon.com>
4. <http://minenergo.gov.by>

УДК 621.32

ДОСТОИНСТВА И НЕДОСТАТКИ СПОСОБОВ УПРАВЛЕНИЯ НАРУЖНЫМ ОСВЕЩЕНИЕМ

Мазуркевич М.В., Шинкович А.А.

Научный руководитель – старший преподаватель Калечиц В.Н.

Внедрение автоматизированной системы управления наружным освещением (АСУНО) позволяет осуществлять телекоммуникационный контроль состояния сетей и приборов наружного освещения, управлять режимами работы светильников, дистанционно управлять освещением улиц по заранее заданному графику, а также вести учет энергопотребления.

Управление освещением осуществляется с помощью шкафов управления. Шкаф управления освещением является центральным узлом локального пункта включения и содержит конфигурацию оборудования, которая состоит из управляющего контроллера, счётчика электроэнергии, коммутационной и вспомогательной аппаратуры.

Управление освещением может осуществляться:

по годовому расписанию (графику включений и выключений) с возможными ежедневными коррективами;

командами с сервера АСУНО или автоматизированного рабочего места диспетчера;

в ручном режиме непосредственно персоналом;

с учётом данных датчика освещённости.

Существуют различные способы управления в зависимости от используемых каналов связи: радиоканал, модемный канал и GSM-канал.

Со способом передачи через радиоканал тесно связано понятие радиосвязь. Радиосвязь - это передача и прием информации и сигналов с помощью радиоволн, распространяющихся в пространстве без проводов.

Главным достоинством этого способа является то, что для радиоканала отпадает необходимость прокладывать кабели, что сокращает трудозатраты и стоимость внедрения системы, не требуется оплата за канал. Наличие радиопомех – главный недостаток способа. Устройство может не ответить на сигнал из-за возможных помех, вследствие этого необходимо приобрести усилитель, что приводит к дополнительным затратам.

Модем – «модулятор/демодулятор» используется для обозначения широкого спектра устройств передачи цифровой информации при помощи аналоговых сигналов путем их модуляции.

К достоинствам способа передачи через модемный канал относят: низкую задержку передачи сообщений, большую пропускную способность сети и высокую скрытность передачи сигналов.

Минусом является то, что не всегда телефонная сеть находится рядом и имеет качественный сигнал. Для эффективного управления освещением необходима прокладка кабеля к каждому светильнику, что приводит к дополнительным затратам, также возможен риск ошибочного управления вследствие повреждения кабельной линии.

При способе управления через GSM (глобальный стандарт цифровой мобильной сотовой связи) сигнал передается таким же образом, как и при телефонных звонках с использованием мобильных телефонов. Принцип работы GSM заключается в передаче сигнала от устройства с GSM-адаптером к базовой станции, которая его перенаправляет к контроллеру локальной зоны. Контроллер транслирует сигнал на коммутатор обеспечивающий поиск номера, на который идет сигнал, и выделяет для него соответствующий канал связи.

Сравнительная характеристика указанных способов управления представлена в таблице 1.

Таблица 1-Достоинства и недостатки способов управления наружным освещением

	Достоинства	Недостатки
Радио канал	Не требуется оплата за канал; Не требуется получение разрешений; Сокращает трудозатраты и стоимость внедрения системы; Отпадает необходимость прокладывать информационные кабели.	Наличие радиопомех; Возможность управления только в зоне уверенного приема радиосигнала; Оборудование дороже.
Модемный канал	Низкая задержка передачи сообщений; Большая пропускная способность сети; Высокая скрытность передачи.	Не всегда телефонная сеть находится рядом; Прокладка отдельной линии может быть затратной; За телефонную связь нужно вносить плату; Возможен риск ошибочного управления вследствие повреждения кабельной линии.
GSM канал	Оборудование недорогое; Подключиться можно быстро и практически в любом месте; Лёгкость настройки; Удобство в эксплуатации; Оповещение персонала об аварийных ситуациях; Применение технологии GPRS; Большая ёмкость сети, возможность большого числа одновременных соединений; Низкий уровень промышленных помех в данных частотных диапазонах; Улучшенная (по сравнению с аналоговыми системами) защита от подслушивания и нелегального использования, что достигается путём применения алгоритмов шифрования с разделяемым ключом; Широкое распространение, особенно в Европе, большой выбор оборудования; Возможность роуминга.	Значительная оплата за пользование сетью; Загруженность сети GSM; Ограниченность зоной охвата сотовой сети; Для покрытия определённой площади необходимо большее количество передатчиков.

Современные системы автоматизации характеризуются: возможностью эффективного контроля и учета энергопотребления; увеличением срока эксплуатации источников света и сокращением частоты их замены; нет необходимости выезжать на проверку включения или отключения освещения; в случае не отключения освещения не происходит потерь электроэнергии, диспетчер оперативно об этом оповещается; в автоматическом режиме строго соблюдается расписание, исключается влияние человеческого фактора; с помощью телеизмерений напряжений, токов и мощностей можно осуществить первичную диагностику осветительной сети в случаях каких-либо аварий.

Вывод

GSM канал – лучший способ передачи сигналов, т.к. он позволяет сделать участие человека в управлении наружным освещением минимальным, а контроль за освещением более тщательным. Применение технологий GPRS позволяет вести управление в любом

месте и в любое время, что является несомненным плюсом по сравнению с другими способами передач.

Литература

1. Кунгс, Я.А. Автоматизация управления электрическим освещением / Я.А. Кунгс, - Москва: Энергоатомиздат, 1989.- 112 с.
2. Дадиев, М.С. Управление осветительными сетями / М.С. Дадиев,- Москва: Энергия, 1973.- 88 с.
3. Варфоломеев, Л.П. Справочная книга по светотехнике / Л.П. Варфоломеев , В.Н. Степанов,- Москва: Знак, 2006.- 972 с.

УДК 621.32

ВЕТРОВАЯ ЭНЕРГИЯ КАК НЕИССЯКАЕМЫЙ ИСТОЧНИК ЭНЕРГИИ

Анищик О.Р, Стаскевич П.И.

Научный руководитель – ассистент Михайлова Я.В.

История применения энергии ветра человеком идет из глубокой древности. Самые первые упоминания об этом возникли около 1000 лет до нашей эры. Считается, что история ветряных мельниц западных стран ведется с первого документального возникновения датской или европейской ветряной мельницы в 1180 году в Нормандии. Скорее всего, что ветряные мельницы попали в Европу из Персии через средиземноморские страны.

В конце XIX века возникла идея применения энергии ветра для получения постоянного электрического тока. В литературе можно встретить описание ветряной установки Браша, который стал одним из самых первых в генерировании электроэнергии.

Все ветрогенераторы можно разделить на 3 типа: ветрогенераторы с вертикальной осью вращения, с горизонтальной осью вращения и гибридные ветрогенераторы. С горизонтальной осью: одно- двух- трех- и многолопастные. Гибридными являются парусный и летающий. Ротор Савониуса, Ротор Дарье, геликоидный, ортогональный, многолопастной ротор являются ветрогенераторами с вертикальной осью вращения.

Достоинства ветрогенераторов: отсутствие отходов, возобновляемый ресурс, минимальные затраты на эксплуатацию, большой срок службы. Недостатки ветрогенераторов: выработка шума, требуется постоянное воздействие ветра, портят ландшафт.

Срок окупаемости зависит от различных факторов: скорость ветра, эффективность ветрогенератора и многих других. В среднем 5- 7 лет. Если ветрогенератор работает на 25% процентов своей мощности, он уже работает на окупаемость. В среднем вырабатывает около 28-29% своей мощности, но бывает и 30-33%.

В 2015 году французская компания NewWind представила концепт ветряка в виде дерева. По сравнению с традиционными ветровыми генераторами, дерево обладает рядом преимуществ – оно почти не производит шума, может вырабатывать энергию даже при легком дуновении ветра и эстетично на вид. Недостатком является малая эффективность. Вырабатываемую энергию можно использовать, например, для уличного освещения или зарядки электромобилей.

В море есть обширные территории для строительства электростанций, а растущий дефицит наземных сделал вынос ветроэнергетики за пределы суши весьма логичным. При этом, уже на удалении 10-15 км от берега, оффшорный ветропарк не будет менять морские пейзажи. Существенное отличие от наземных ветропарков заключается в условиях установки и эксплуатации. Оффшорная ветроэнергетика считается относительно новой технологией. Пионером в секторе оффшорной ветроэнергетики является Дания.

Более 91% оффшорных ветропарков всего мира в настоящее время установлено у берегов Европы. Однако, даже учитывая очевидные преимущества, развитие оффшорной ветроэнергетики осуществлялось намного медленнее наземной. Это отставание происходило по разным причинам, к которым можно отнести и сложность ведения работ в морских условиях, и высокая стоимость морских ветротурбин, а также стоимость подключения в энергосеть. Однако сегодня уже существуют плавучие ветротурбины, не требующие установки фундамента.

Таблица 1- Лидеры оффшорной энергетики

Тройка стран-лидеров, 2015	Ёмкость, МВт
Великобритания	5006,5
Германия	3294,3
Дания	1271,3
Всего в мире	12107



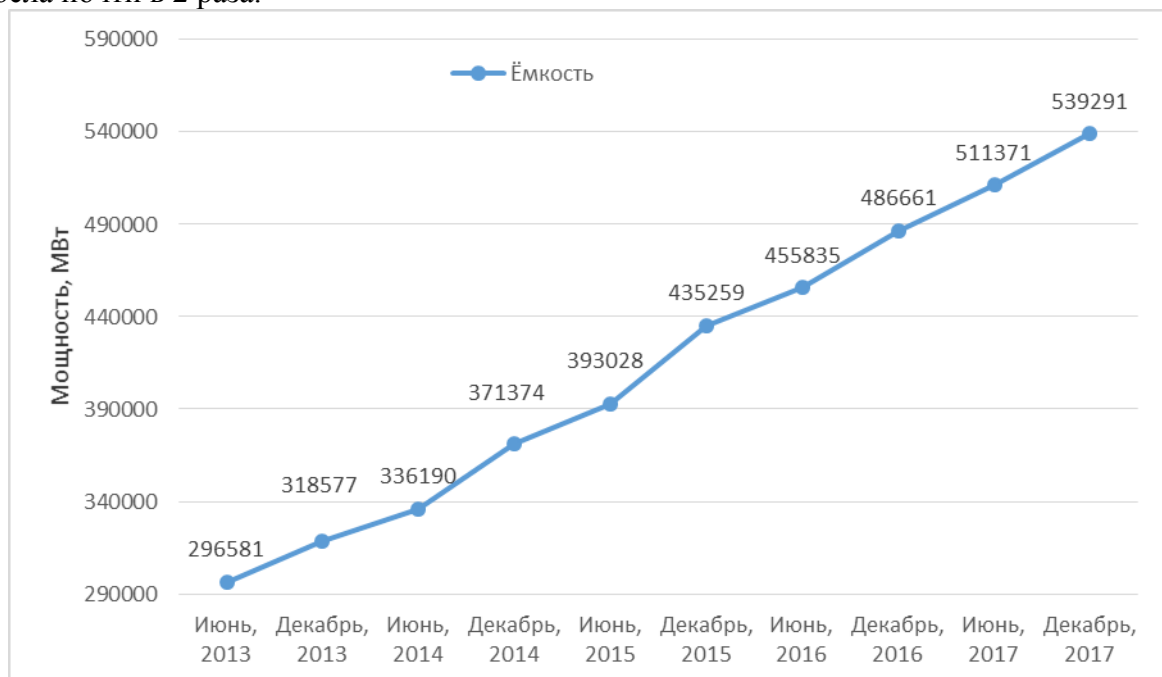
Общая емкость офшорных ВЭС составляла на 2015 в 3 раза больше, чем в 2011 году.

Типовая установка включает в себя следующие составные части: генератор переменного тока; лопасти, которые передают вращение к валу; мачта ветряка, к которой крепятся лопасти; аккумуляторы, накапливающие энергию, что позволяет использовать ее при небольшом ветровом потоке или его полном отсутствии. Батарея также выполняет функцию стабилизации электрической энергии, поступившей от генератора; контроллер – преобразователь переменного напряжения, полученного с генератора, в постоянное, которое применяется для заряда батареи. Управление контроллером осуществляется поворотом лопастей, что позволяет учитывать, куда движутся потоки воздуха;

АВР – устройство автоматического переключения, связывающее ветрогенератор с другими источниками энергии (солнечными панелями, электросетью);

датчик направления ветров – прибор, облегчающий лопастям поиск ветрового потока; инвертор для преобразования постоянного тока из аккумуляторов в переменное напряжение, которое применяется в электрокоммуникациях.

За 2013-2017 год, по данным WWEA, общая установленная мощность ветрогенераторов возросла почти в 2 раза.



Темпы роста за последние 4 года почти не меняются, в среднем 14,1% или 55,159 МВт установленной мощности в год.

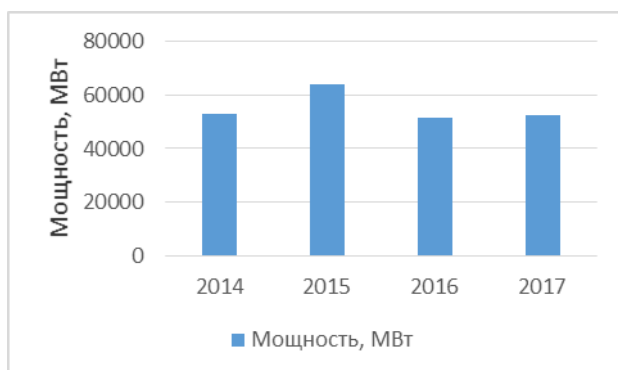


Рисунок 3. Годовой прирост мощности

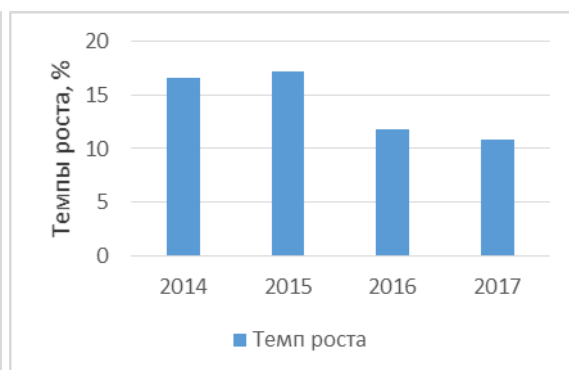


Рисунок 4. Темпы роста

Сейчас безусловным лидером в области ветроэнергетики является Китай, после него идут США и Германия. Десятка стран-лидеров продемонстрирована на таблице 2.

Таблица 2 – Лидеры по выработке ветровой энергии

Страна	Общая мощность, 2016, МВт	Добавленная мощность, 2017, МВт	Общая мощность, 2017, МВт
Китай	168730	19000	187730
США	82033	6894	88927
Германия	50019	6145	56164
Мир	42822	5600	48500
Индия	28279	4600	32879
Испания	23020	6	23026
Великобритания	14512	3340	17852
Франция	12065	1695	13760
Бразилия	10800	1963	12763
Канада	11898	341	12239
Общая сумма	486661	52552	539291

Лидером по производству ветрогенераторов является компания Vestas, суммарная мощность установленных ветрогенераторов за 2016 составила 9 ГВт.

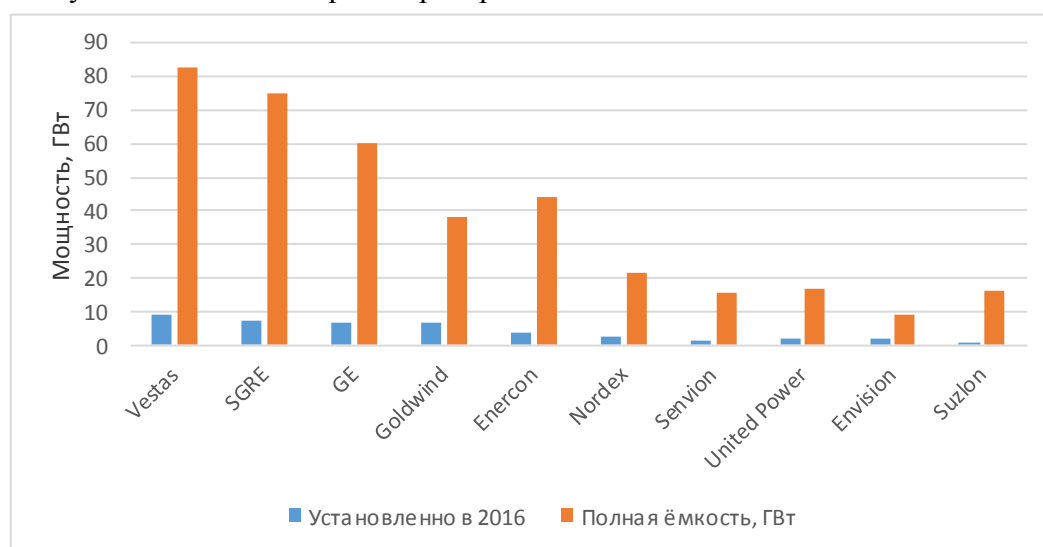


Рисунок 4. Лидеры по производству ветрогенераторов

В Беларуси на начало 2017 года было 73 ветроэнергетические установки. Их общая мощность 68,4 МВт. Они произвели около 73,4 млн кВтч в 2016 году. Есть планы запустить еще 6 ветряков общей мощностью 8,45 МВт. Сейчас доля возобновляемых источников составляет около 6%, и планируется увеличить ее только до 9% к 2035 году. Для сравнения, в странах Евросоюза цель стоит до 27% уже в 2030 году. Данная карта-схема показывает ветроэнергетический потенциал на высоте 100 метров, проанализировав эти карты можно выявить места для их расположения с расчетом на максимальный эффект.

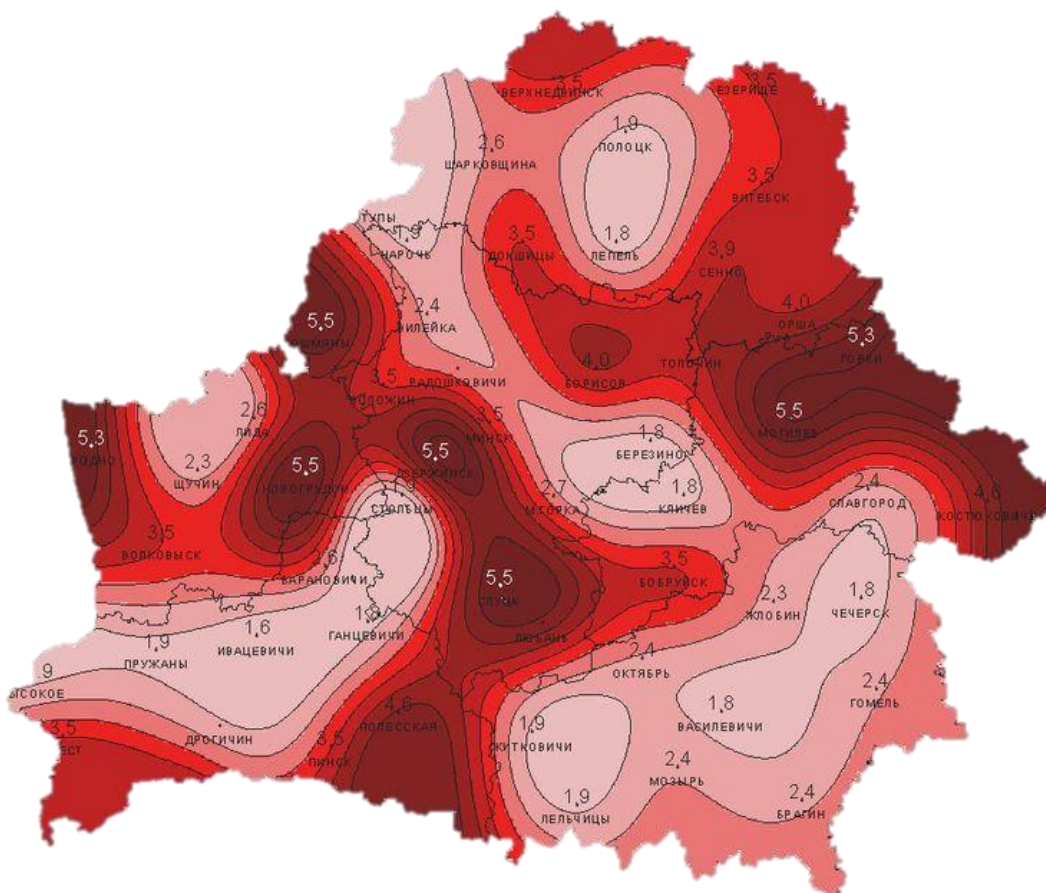


Рисунок 5. Ветроэнергетический потенциал на высоте установки ветрогенератора 100 м

Изучив историю становления ветровой энергетики и тенденции ее развития в мире и РБ становится понятно, что ветроэнергетика продолжает развиваться, появляются новые виды более эффективных ветрогенераторов и уменьшается стоимость их установки. Проводятся расчеты по выявлению площадок, на которых установленные ветрогенераторы будут максимально эффективны. В РБ развитие ветроэнергетики идет малыми темпами по той причине, что по территории не проходят постоянные ветра и рельеф не способствует возникновению мощных ветров. Следующим шагом в исследовании ветроэнергетики является расчет наиболее эффективных площадок для ветровых парков и мощностей ветрогенераторов в этих парках.

Литература

1. Ветроэнергетика: преимущества и недостатки использования ВЭС. Часть 1 / Март 13, 2012 / Ольга Шейдина, Редактор // [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://zeleneet.com/preimushhestva-i-nedostatki-vertikalnogo-vetryaka/1192/>. — Дата допуска: 21.04.2018.
2. От ветряной мельницы к ВЭУ / Декабрь 28, 2012 / Ольга Шейдина, Редактор // [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://zeleneet.com/ot-vetryanoj-melnicy-k-veu/6731/>. — Дата допуска: 21.04.2018.

3. Основные виды ветрогенераторов: вертикальные, горизонтальные // [Электронный ресурс]. – Режим допуска: <http://tcip.ru/blog/wind/osnovnye-vidy-vetrogeneratorov-vertikalnye-gorizontálne.html>. – Дата допуска: 21.04.2018.
4. Оффшорная ветроэнергетика (или ветроэнергетика морского базирования) приковала интерес Европы и всего мира. // [Электронный ресурс] . – 2016. – Режим допуска: <http://www.windpower.by/ru/news/464.html>. – Дата допуска: 21.04.2018.
5. Преимущества и недостатки вертикального ветрогенератора / Сентябрь 06, 2016 / Ольга Шейдина, Редактор // [Электронный ресурс]. – Режим допуска: <http://zelenet.com/vetroenergetika-preimushhestva-i-nedostatki-ispolzovaniya-ves-chast-1/33813/>. – Дата допуска: 21.04.2018.
6. Вертикальные, горизонтальные ветрогенераторы, их характеристики и виды // [Электронный ресурс] . – Режим допуска: <https://ecoteplo.pro/vetrogenerator/>. – Дата допуска: 21.04.2018.
7. Wind Power Capacity reaches 539 GW, 52,6 GW added in 2017 // [Electronic resource]. – 2017. – Mode of access: <http://www.wwindea.org/2017-statistics/>. – Date of access: 21.04.2018

УДК 621.32

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СВЕТОДИОДНЫХ И ИНДУКЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ПРОМЫШЛЕННОМ ОСВЕЩЕНИИ

Гринкевич В.А., Рогацевич Е.А.

Научный руководитель – м.т.н. Михайлова Я.В.

В настоящее время, ключевую роль в направлении развития промышленности занимают вопросы экологической безопасности и снижения потребления электроэнергии. В связи с этим происходит внедрение новых технологий, в том числе и в системах освещения.

Освещение на производстве – один из основополагающих факторов организации труда, к качеству которого предъявляют следующие требования:

Отсутствие движущихся теней на рабочем месте;

Отсутствие блеклости и ослепления светом рабочего персонала;

Обеспечение стабильности освещения;

Достоверная цветопередача;

Отсутствие пульсаций, приводящих к стробоскопическому эффекту, у ламп, применяемых в световых приборах.

Все эти требования устанавливаются в нормативно-технических документах, т.к. от уровня освещенности напрямую зависит утомляемость рабочих на производстве. За счет реализации грамотно спроектированного освещения и нужной освещенности снижается усталость человека, и как следствие уменьшается количество брака и травматизма на производстве. Альтернативой традиционным источникам освещения на предприятиях являются светодиодные и индукционные светильники.

Светодиодные светильники имеют высокие показатели и широкий модельный ряд, что позволило применять их практически в любых секторах экономики. В процессе производства и эксплуатации таких источников света не используются и не выделяются токсичные и опасные материалы, что свидетельствует об высокой экологичности светодиодных светильников. За счет своего устройства, рассматриваемые светильники имеют низкое энергопотребление, так как используется заряд для создания р-п перехода с излучением, а не нагрев полупроводниковой нити накала. Высокий световой КПД (120-140 Лм/Вт), коэффициент цветопередачи более 70, длительный срок службы (от 25 000 до 100 000 ч), значительный диапазон световой температуры (2700 К до 6500 К) позволяет подобрать подходящий светильник практически для любого производственного помещения.

Наряду с преимуществами имеются и недостатки. Главный недостаток – необходимость в хорошем теплоотводе, так как при перегреве светодиоды необратимо деградируют и теряют световую мощность. Теплоотвод можно организовать за счет использования радиаторов с большой площадью охлаждения. Для этого используются пластины, иголки, ребра, металлы с хорошей теплоотдачей: медь (400 Вт/(м·К)) или алюминий (240 Вт/(м·К)). Но это все усложняет и удорожает конструкцию. Исходя из этого недостатка, эти светильники не рекомендуют использовать в местах с повышенной температурой. Анализируя преимущества и недостатки можно прийти к выводу, что правильно сконструированный, с хорошим теплоотводом, с полноценным драйвером, светильник будет стоить дорого. Из-за отсутствия четкого регламента в производстве светодиодных светильников на рынке часто появляются дешевые, но менее качественные, неграмотно сконструированные модели, что ведет к сокращению срока службы и опасности эксплуатации.

Более узкое распространение получили такие индукционные источники света. Индукционная лампа — это безэлектродная газоразрядная лампа, в которой первичным источником света служит плазма, возникающая в результате ионизации газа высокочастотным магнитным полем. Для создания такого магнитного поля баллон с газом лампы размещают возле катушки индуктивности. Отсутствие непосредственного контакта

электродов с газовой плазмой позволяет назвать лампу безэлектродной. Это значительно увеличивает срок службы лампы и улучшает стабильность параметров. При достижении в газоразрядной трубке напряженности электрического поля, достаточной для электрического пробоя, газ превращается в низкотемпературную плазму. Так как плазма хорошо проводит электрический ток, в газовой полости лампы начинает выделяться энергия от протекания электрического тока и поддерживается устойчивый плазменный шнур.

Многие лампы с внешними электродами не имеют люминофорного покрытия и излучают наружу только тот свет, который излучается ионизированным газом (плазмой). Лампы такого типа относятся к газосветным лампам.

Основные преимущества: длительный срок службы и высокая стабильность параметров, уровень светотдачи достигает 80 лм/Вт и выше, мгновенный запуск, надежное зажигание при низких температурах до -20°C , полное отсутствие зависимости срока службы лампы от количества циклов включения/выключения, возможность диммирования, широкий диапазон цветовых температур (2700...6500 К).

Основные недостатки: наличие токсичных веществ в составе (амальгама), не полная изученность ламп большой мощности, чувствительность к очень низким температурам (ниже -20°C), не полностью изучено влияние на организм человека, более высокая стоимость индукционных ламп по сравнению с люминесцентными, необходимость специализированной утилизации.

Индукционные лампы применяются как на открытом пространстве, так и внутри помещений, а также для декоративного освещения. Очень широко используются для освещения производственных цехов, промышленных помещений, торговых и офисных помещений, освещении общественных объектов.

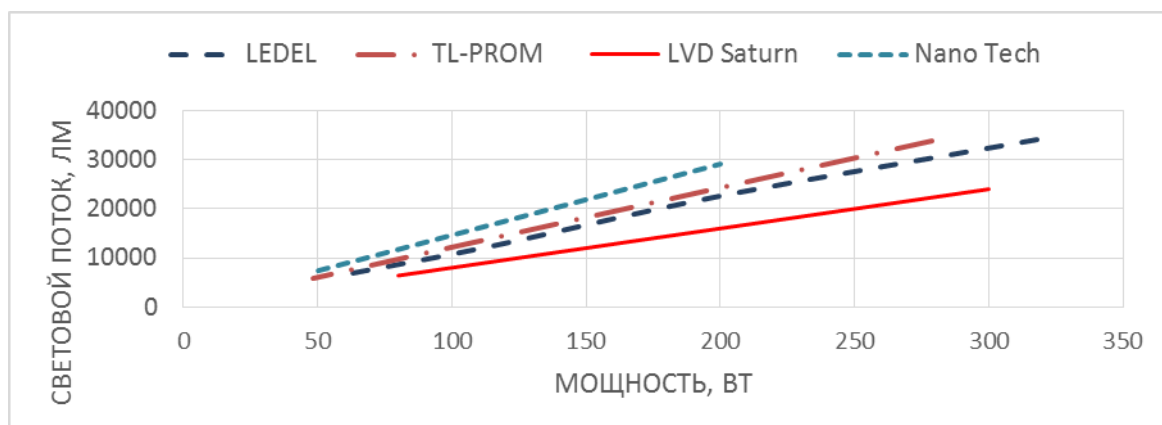


Рисунок 1. График светотдачи светильников современных производителей.

На графике представлена характеристика светильников и ламп, предлагаемых современным рынком.

Исходя из графика (Рис.1) следует, что показатели светильников очень высоки, при этом светодиодные превосходят индукционные по своей световой мощности, но далеко не факт, что на практике они их подтвердят. Отсюда можно сделать вывод что эти светильники значительно лучше традиционных источников света и по своим параметрам превосходят их. Однако, чтобы определить экономическую выгоду замены традиционных источников, нужно рассматривать конкретную ситуацию, проект, экономические возможности покупателя и исходя из этих факторов предлагать конкретный вид светильников. При построении данного графика рассматривались качественные светильники ведущих производителей с передовыми компонентами. В случае с дешевыми светильниками низкого качества эти преимущества становятся не актуальными. Так, например, в некоторых светодиодных светильниках теплоотвод выполнен из материалов с низким коэффициентом теплоотдачи, а малофункциональные драйвера, имеют не качественные компоненты, что

ведет к деградации кристалла. Поэтому порой надежнее будет купить «понятный» индукционный светильник, чем сомнительный светодиодный.

Литература

1. Кроть Ц.И., Мясоедова Е.И., Терешкевич С.Г. Качество промышленного освещения. - М.: Энергоатомиздат, 1991. - 225 с.
2. Правила устройства электроустановок. - М.: Энергоатомиздат, 1987. - 648 с.
3. <http://www.fek.by/ru/info/articles/induksionnaya-lampa-alternativa-rtutnym-natrievym-metallogalogennym-lampam/>
4. <https://itw-systems.com/blog/stati/main/>

УДК 621.32

ДОСТОИНСТВА И НЕДОСТАТКИ СВЕТИЛЬНИКОВ С ЭПРА ДЛЯ НАРУЖНОГО ОСВЕЩЕНИЯ

Панасюк Е.М.

Научный руководитель – старший преподаватель Калечиц В.Н.

Наиболее распространенными в наружном освещении источниками света в городе Минске являются светильники с натриевыми газоразрядными лампами (ДНаТ) мощностью от 150 до 400 Вт с использованием электромагнитных пускорегулирующих аппаратов (ЭмПРА). Светильники устанавливаются на автострадах, второстепенных дорогах, пешеходных тротуарах и парковых зонах. Для светильников наружного освещения важны такие показатели как световая отдача и срок службы, а также возможность диммирования светового потока лампы.

Пускорегулирующие аппараты ограничивают и регулируют электрический ток лампы и обеспечивают надежное зажигание. Альтернативой использованию ЭмПРА служат электронные пускорегулирующие аппараты (ЭПРА).

Опираясь на каталожные данные, которые предоставляет фирма Philips, на примере лампы ДНаТ мощностью 250 Вт произведена оценка целесообразности использования ЭмПРА и ЭПРА.

Одним из главных преимуществ светильников с ЭПРА – это возможность диммирования (регулировка яркости ламп). Диммирование достигается с помощью регулировки напряжения, что позволяет значительно экономить электроэнергию. В светильники устанавливаются ЭПРА с чипами, которые программируются по временному суточному графику или же на присутствие и движение. В то время суток, когда не нужна полная освещенность или нет движения, в соответствии с заложенной программой, уменьшается напряжение. Для диммирования каждого светильника отдельно в него устанавливают специальные контроллеры, и с пункта управления подаются команды на каждый светильник, помимо этого в пункт управления подается информация о работе и состоянии каждого светильника отдельно. Для управления группой светильников в шкаф наружного освещения устанавливают модули, которые обеспечивают удаленный контроль работы освещения и всего оборудования в шкафу, а также удаленное управление магнитными пускателями и дополнительными модулями. Светильник с ЭПРА имеет многоступенчатую систему регулирования: от 100%-ой величины светового потока к 75, 50 и 30 % значению и имеет двухступенчатые версии (100 и 50%). Существует и возможность плавного диммирования с использованием низкочастотного выходного тока прямоугольной формы. Светильники с ЭмПРА в основном без возможности диммирования, но могут иметь ЭмПРА с двухступенчатой системой регулирования от 100% к 50%, что является их недостатком по сравнению со светильниками с ЭПРА.

Для работы светильников с ЭмПРА необходимо импульсно-зажигательное устройство (ИЗУ), поскольку у ЭмПРА недостаточно напряжения для запуска лампы. ИЗУ выполняется отдельно от дросселя, но может быть встроено в ПРА или в самой лампе. К концу срока службы ИЗУ его импульсы становятся недостаточно для зажигания лампы, поэтому лампа постоянно будет либо перезапускаться, либо вообще не будет работать. Когда ИЗУ встроено в лампу, появляются затруднения с его заменой. Использование ЭПРА позволяет отказаться от ИЗУ. Схема ЭПРА может быть мостовой и полумостовой, но вторая схема получила большее распространение. Как правило, ЭПРА состоит из сетевого фильтра, выпрямителя и полумостового преобразователя. Помехоподавляющий сетевой фильтр препятствует проникновению помех в сеть. Полумостовой инвертор относится к группе высокочастотных резонансных преобразователей напряжения, которые удобны для управления газоразрядными лампами. После подачи сетевого напряжения лампа сначала подогревается (мягкий пуск). Величина тока подогрева регулируется микросхемами. Ток проходит по

нениям накаливания, электроды разогреваются до определенной температуры, позволяющей снизить напряжение зажигания лампы, что снижает ударные электрические нагрузки на элементы схемы.

Согласно ГОСТ 32144—2013 для показателей качества электроэнергии установлены следующие нормы: положительные и отрицательные отклонения напряжения в точке передачи электрической энергии не должны превышать 10 % номинального напряжения в течение 100 % времени интервала в одну неделю.

Безопасное отклонение напряжения для ЭПРА $\pm 3\%$ [3], а для ЭмПРА – от $\pm 10\%$ [4]. В условиях работы электросети светильники с ЭмПРА будут надежнее, чем светильники с использованием ЭПРА. При превышении безопасного отклонения напряжения в светильниках с использованием ЭПРА сокращается срок службы самого ЭПРА. При использовании светильников с ЭПРА отсутствует стробоскопический эффект, шум при работе, но эти параметры в наружном освещении не нормируются.

В утилитарном наружном освещении на сегодняшний день увеличивается количество задействованных светодиодных светильников.

У светодиодных светильников больше световая отдача по сравнению с другими светильниками. Световая отдача лампы ДНаТ 250 с номинальным световым потоком 28000 лм составляет 110 Лм/Вт [3], а светодиодного светильника со световым потоком 34000 лм – 133 Лм/Вт [4]. Преимуществом является срок службы светодиодных светильников. Срок службы лампы ДНаТ с отказом до 50% составляет 28000 часов [1], у светодиодных светильников номинальный срок службы 50000 часов [2], но светодиодные источники света чувствительны к повышенной температуре и при плохом теплоотводе срок службы может быть значительно снижен. В светодиодные светильники устанавливают специальную электронику, благодаря которой и достигается задача диммирования с возможностью управления (индивидуального). Яркость светодиода можно менять в очень широком диапазоне, при этом изменение яркости никак не сказывается на цветовой температуре и цветопередаче. Снижение яркости ведёт к увеличению срока службы, а не наоборот. Регулировка яркости светодиодных светильников происходит без задержек. Диммирование светодиодных светильников происходит в диапазоне от 20-30% до 100%.

Светодиодные светильники неустойчивы к отклонению напряжения в сети. Небольшое отклонение от номинального напряжения выводит светодиодные лампы из строя, что является существенным недостатком, поскольку стоимость таких светильников значительна.

Выводы

Светильник наружного освещения с ЭПРА имеют ряд преимуществ по сравнению со светильниками с ЭмПРА: более долгий срок службы; широкий диапазон диммирования; отказ от использования ИЗУ.

К недостаткам можно отнести то, что стоимость ЭПРА выше, срок службы в большей мере зависит от параметров качества электроэнергии (по сравнению с ЭмПРА).

Литература

1. Обычные лампы и трубки – газоразрядные лампы – Натриевые лампы высокого давления – SON-T - SON-T 250W E E40 SL/12, <http://www.lighting.philips.ru> (20.04.2018).
2. Продукция - Промышленные светодиодные светильники УСС 260 Эксперт, <http://www.ledsvet.ru> (20.04.2018).
3. Электронные приборы для освещения – газоразрядные лампы – ЭПРА для наружного освещения - PrimaVision Xtreme для ламп SON, <http://www.lighting.philips.ru> (20.04.2018)
4. Электронные приборы для освещения – газоразрядные лампы – Электромагнитные ПРА для газоразрядных ламп - HID-Basic BSN/BMH MK4 полу параллельный для ламп SON/CDO/CDM/MH/HPI, <http://www.lighting.philips.ru> (20.04.2018).

УДК 621.3

АНАЛИЗ РЕЖИМОВ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ

Жук К.А.

Научный руководитель – старший преподаватель Сацукевич В.Н.

Режим электропотребления – это изменение электрических нагрузок (потребляемой мощности) предприятия и его отдельных электроприемников во времени: в разрезе суток, дней недели, сезона года. Режимы электропотребления отражаются соответствующими графиками электрических нагрузок и характеризуются рядом показателей, в частности:

- коэффициентом нагрузки (заполнения суточного графика), определяемым как отношение среднесуточной нагрузки к максимальной (пиковой);
- годовым (суточным, месячным) числом часов использования максимума нагрузки (максимальной мощности) потребителя; рассчитывается как отношение величины электропотребления за данный период к максимальной нагрузке за этот период;
- коэффициентом одновременности нагрузки (или коэффициентом спроса), который равен отношению совмещенной максимальной нагрузки предприятия к сумме нагрузок его отдельных электроприемников.

Основными задачами регулирования режимов электропотребления являются снижение суточных максимумов и выравнивание графиков нагрузки предприятий путем заполнения ночного провала и переноса нагрузок во внепиковые (дневные) часы суток. При этом изменяются указанные показатели: повышается коэффициент нагрузки и число часов использования максимума, снижается коэффициент одновременности нагрузки (спроса). Способами регулирования режимов электропотребления на промышленных предприятиях являются следующие организационные и организационно–технические мероприятия:

- введение вторых и третьих смен (на односменных и двухсменных предприятиях);
- установление междусменных перерывов (в часы максимума нагрузки энергосистемы);
- введение разных часов начала и конца смен различных цехов (относительный сдвиг смен во времени);
- назначение разных выходных дней для различных цехов (особенно энергоемких);
- перераспределение во времени (в течение суток) отдельных энергоемких процессов;
- совмещение во времени (согласование) ремонтов агрегатов – крупных электроприемников;
- разработка последовательности отключения отдельных электроприемников и подключения собственных генераторов (если таковые имеются на предприятии).

Регулирование режимов электропотребления промышленных предприятий ведет к выравниванию графика нагрузки энергосистемы и снижению общесистемного максимума. В результате в энергокомпании сокращаются текущие и капитальные затраты, улучшается баланс генерирующих мощностей, повышается конкурентоспособность компании на рынке электроэнергии. У потребителя же интерес к регулированию своих нагрузок связан прежде всего со снижением платы за электроэнергию (мощность). Отсюда следует, что экономической основой режимного взаимодействия предприятий с энергокомпаниями служат дифференцированные тарифы на электроэнергию, стимулирующие проведение соответствующих регулировочных мероприятий. Для этого может применяться «тарифное меню», включающее двухставочные тарифы с отдельной оплатой пиковой мощности и энергии.

На рис.1 приведена структура результатов режимного взаимодействия энергокомпании с потребителями посредством специальных тарифов на электроэнергию. Следует обратить внимание на вероятные затраты и потери, которые могут сопровождать процесс регулирования, понижая его эффективность, причем для обеих сторон. Так, потребитель может нести дополнительные издержки, вызванные работой технологического оборудования в переменном режиме.

В связи с этим необходимо также отметить, что при режимном взаимодействии энергосистемы (энергокомпаний) и потребителя могут иметь место случаи, когда выравнивание совмещенного графика нагрузки энергосистемы сопровождается ухудшением формы графика нагрузки данного потребителя. При этом потери в сетях энергосистемы снижаются, а потери в распределительных сетях промышленного предприятия возрастают. Кроме того, если в составе кратковременно отключаемой нагрузки находятся агрегаты с синхронными двигателями, то возможно увеличение потребления реактивной мощности из энергосистемы, что вызывает дополнительные потери активной мощности в ее сетях и сетях потребителя.

Дополнительные затраты предприятия–потребителя, вызванные регулированием режима электропотребления, должны быть перекрыты экономией на оплате энергоносителя. Поэтому выбор потребителем рационального тарифа из предложенного энергокомпанией «меню» должен основываться на критерии максимальной эффективности технически возможных регулировочных мероприятий. В то же время энергокомпания при обосновании размера тарифных ставок должна принимать во внимание как их стимулирующее воздействие, так и необходимость возмещения ожидаемых потерь от недополучения выручки. С учетом сложности задачи наилучшим вариантом решения была бы самостоятельная корректировка усредненных ставок отдельными заинтересованными потребителями в определенных пределах, установленных энергокомпанией и утвержденных энергетической комиссией.

Таким образом, выбор тарифной системы потребителем должен определяться экономической целесообразностью и регулировочными возможностями электроприемников, а не регламентироваться принадлежностью к той или иной энергомощностной группе.

В частности, в качестве критерия выбора двухставочного тарифа с отдельной оплатой, заявленной (максимальной) мощности и потребленной электроэнергии предлагается показатель годового (месячного) числа часов использования этой мощности потребителем.

Известно, что стоимость 1 кВт·ч электроэнергии при двухставочном тарифе определяется следующим образом:

$$\bar{S}_3 = \frac{a_M}{h_M} + b_3,$$

где a_M – ставка платы за 1 кВт заявленной (максимальной) мощности потребителя в часы общесистемного максимума, руб./(кВт·год);

b_3 – ставка платы за 1 кВт·ч фактически потребленной за расчетный период электроэнергии, руб./(кВт·ч);

h_M – годовое число часов использования мощности потребителя, ч/год.

Из формулы следует, что стоимость единицы энергии снижается с ростом показателя по гиперболической зависимости. Это означает, что двухставочный тариф стимулирует повышение коэффициента нагрузки потребителей и выравнивание их суточных графиков.

Чтобы определить предельное, которое является условием перехода для одноставочного потребителя на двухставочные тарифы, необходимо приравнять суммы годовых платежей по альтернативным тарифам:

$$\bar{S}_3' \cdot P_M \cdot h_M = a_M \cdot P_M + b_3 \cdot P_M \cdot h_M,$$

где $\bar{S}_3'$ – одноставочный тариф на электроэнергию;

P_M – среднегодовое значение заявленной (максимальной) мощности потребителя.

Из выражения получаем предельное значение $\bar{h}_M$:

$$\bar{h}_M = \frac{a_M}{\bar{S}_3' - b_3},$$

Дифференцированные тарифы



Рисунок 1 – Ожидаемые результаты регулирования режимов

Определение $\overline{h_m}$ для потребителя данного вида напряжения иллюстрирует рисунок 2:

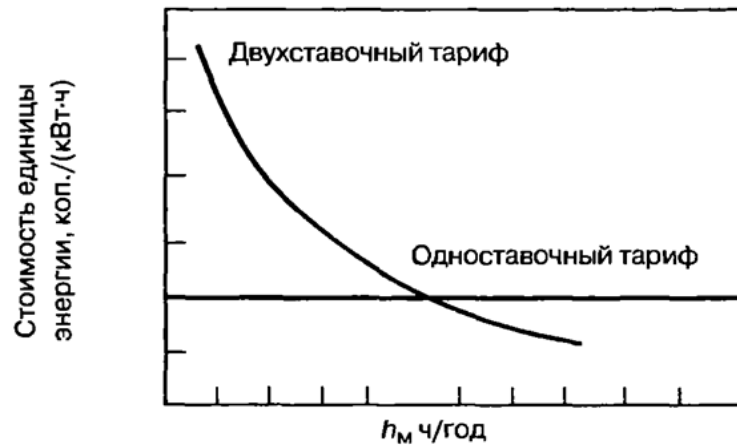


Рисунок 2 – Зависимость стоимости единицы энергии от числа часов использования мощности потребителя.

Таким образом, используя приведенные выше зависимости и график, конкретный потребитель должен оценить свои регулировочные возможности, резервы повышения коэффициента нагрузки (или) и принять окончательное решение о выборе модели тарифа на электроэнергию. Например, если предприятие – потребитель высокого напряжения имеет фактический коэффициент нагрузки (отношение средней нагрузки к максимальной в контрольные часы суток) за расчетный период 75%, то, чтобы экономически эффективно воспользоваться двухставочным тарифом, ему необходимо поднять этот коэффициент как минимум до 80%.

Для того, чтобы далее снижать затраты, применяя двухставочные тарифы в качестве первого шага рекомендуется построить график ежемесячных платежей за электроэнергию в зависимости от коэффициента нагрузки (рис. 3). По этому графику можно установить, на какую потенциальную экономию следует рассчитывать при увеличении коэффициента нагрузки.

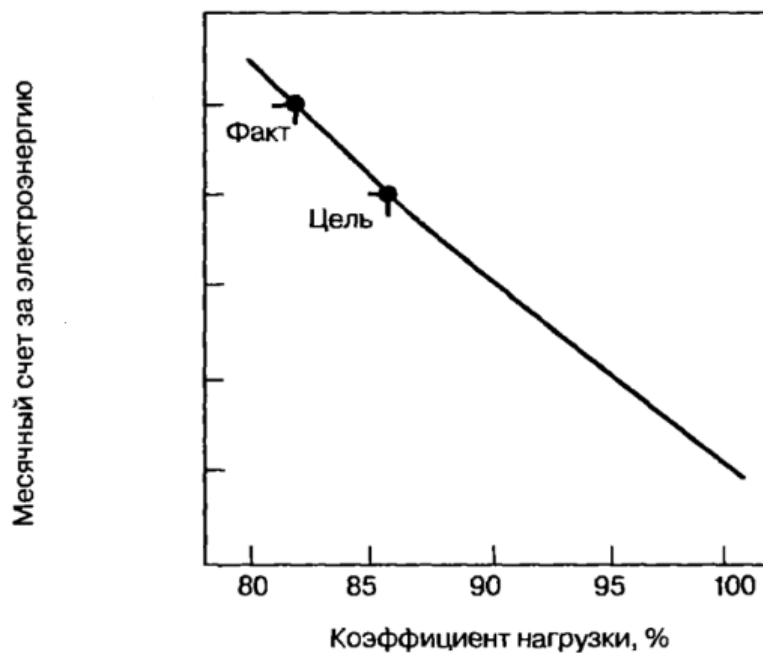


Рисунок 3 – Типичная зависимость месячного счета за электроэнергию от коэффициента нагрузки

Следующий шаг – построение кривой изменения нагрузки в течение суток (суточного графика нагрузки потребителя). График нагрузки (рис. 4) укажет на величины пиков и провалов и подскажет, как выровнять нагрузку.

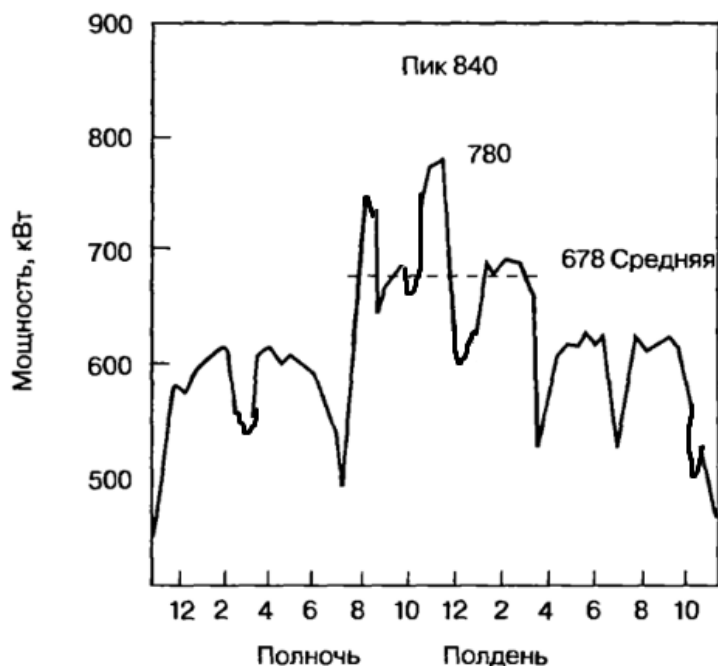


Рисунок 4 – Суточный график нагрузки промышленного предприятия

Однако для этого необходимо также иметь данные о нагрузках отдельных электроприемников предприятия. Причем наибольшие возможности регулирования нагрузки обычно связаны с самыми крупными потребителями; поэтому надо знать графики их работы и вклад в пиковые нагрузки всего предприятия.

Наиболее распространенные способы уменьшения нагрузки на предприятии, не требующие ее автоматической регулировки, сводятся к следующим.

Распределение пусковых нагрузок. Когда максимальная нагрузка приходится на начало смены, как это показано на рис.4, нужно рассмотреть возможности разнесения пусковых нагрузок на два или более интервала.

Передача нагрузки на другую смену. Нагрузки в дневную смену, как правило, выше, чем в другое время. Поэтому целесообразно снижать пиковые нагрузки, по возможности уменьшая потребленные в дневные часы и перенося выполнение части работ на вечерние и ночные смены.

Увеличение производства электроэнергии на самом предприятии. В ряде случаев технологические особенности производства жестко ограничивают возможности перераспределения нагрузок во времени. Тогда экономически выгодным может оказаться применение собственных высокоманевренных электрогенерирующих установок, включаемых в периоды максимальных оплачиваемых нагрузок, особенно при высоких ставках платы за мощность и ограничениях, вводимых энергосистемой в периоды пикового потребления.

Для осуществления автоматического регулирования электрических нагрузок рекомендуется разделить последние на две категории: основные (существенные) и второстепенные (несущественные).

Существенные нагрузки важны для обеспечения технологического процесса, безопасности работающих и комфортных условий труда (включая экологическую составляющую). Незапланированное отключение их в целях регулирования режима электропотребления недопустимо.

Несущественные нагрузки допускают временное отключение без заметного влияния на производство. Примерами таких нагрузок служат кондиционеры, вентиляторы и вытяжные устройства, холодильники и компрессоры, подогреватели воды, зарядные устройства. Автоматические регуляторы периодически отключают эти электроприемники, чтобы исключить увеличение совмещенной нагрузки выше определенного уровня.

Некоторые электроемкие предприятия с непрерывным производственным циклом и равномерными графиками нагрузки располагают технологическими установками, допускающими по эксплуатационным условиям снижение потребляемой мощности в широком диапазоне, вплоть до отключения их на периоды утреннего и вечернего максимумов энергосистемы (например, производство ферросплавов, цемента, добыча нефти и др.). Такие предприятия способны работать в специальном режиме потребителя-регулятора (ПР) параллельно с энергосистемой, т.е. практически по ее графику нагрузки. При этом недовыработка продукции в часы системных максимумов возмещается форсированием наличных агрегатов в часы ночного спада нагрузки энергосистемы либо установкой дополнительных агрегатов, также подключаемых в ночное время. Как отмечалось выше, работа в режиме ПР приводит к некоторому экономическому ущербу, связанному в основном со снижением производительности технологических установок, увеличением удельных расходов электроэнергии и сырья. Это должно компенсироваться стимулирующими тарифами, а также, возможно, и соответствующей оплатой технологических услуг по резервированию мощностей и выравниванию графика нагрузки энергосистемы в рамках отдельного контракта предприятия с энергокомпанией.

Необходимо подчеркнуть, что в условиях рыночных отношений предприятие будет переходить в режим ПР только в обмен на достаточно сильные финансовые стимулы. Поэтому в ПР прежде всего заинтересованы энергокомпании с весьма напряженным балансом генерирующих мощностей, дефицитом высокоманевренных энергоустановок и серьезными трудностями прохождения ночного провала графика электрических нагрузок энергосистемы.

Для электроемких потребителей с высоким регулировочным потенциалом может оказаться целесообразным переход с двухставочного тарифа (с оплатой участия в совмещенном максимуме энергосистемы) на тарифы, дифференцированные по зонам суток. Эти тарифы стимулируют потребителей не только к снижению нагрузки в пиковой зоне графика, но и к заполнению зоны ночного провала. При этом «тарифное меню» может предложить потребителю на выбор следующие варианты:

- ставки платы за 1 кВт·ч электроэнергии, дифференцированные по трем зонам суток: пиковой, полупиковой, ночной;
- ставки платы за 1 кВт·ч электроэнергии, дифференцированные по двум зонам суток: дневной и ночной;
- сохранение ставки платы за 1 кВт заявленной мощности потребителя и дифференцированные по трем зонам суток ставки платы за потребленную электроэнергию.

Пример 1. Технологическая установка потребляет в номинальном режиме 40 МВт. Номинальный часовой выпуск продукции 4,2 т/ч. Число календарных дней работы установки в году 350. Суточная продолжительность работы установки 24 ч. Годовой выпуск продукции 35300 т. Средняя норма расхода электроэнергии при номинальном режиме 12000 кВт·ч. Годовой расход электроэнергии $400 \cdot 10^6$ кВт·ч. Удельные материальные затраты 187 руб./т. Продолжительность дневного максимума в энергосистеме 2 ч. вечернего – 4ч (всего 6 ч).

1. Двухставочный тариф на электроэнергию: плата за мощность 21,79 руб./(кВт·мес); плата за энергию 0,19 коп./(кВт·ч). В целях снижения платы за электроэнергию предполагается снизить потребляемую мощность в часы максимума энергосистемы на 30%. При этом часовая производительность установки снизится до 60% от номинальной; удельный расход электроэнергии возрастет до 13 900 кВт·ч/т (15,8%), материальные затраты увеличатся на 5%.

Чтобы в последующие часы суток недовыпуск продукции в часы максимума был компенсирован, необходимо увеличить часовую производительность установки на 13% по сравнению с номинальной (допустимый форсированный режим). При этом удельный расход электроэнергии возрастает до 12300 кВт·ч/т (2,5%); удельные материальные затраты – на 1,5%. При этих данных годовой расход электроэнергии будет увеличен на 19 051 200 кВт·ч; материальные затраты – на 133 599 руб./год.

Экономия на оплате мощности составит:

$$\Delta_{\text{ОМ}} = P_{\text{м}} \cdot t \cdot P_{\text{ном}} \cdot \Delta P,$$

где $P_{\text{м}}$ – плата за мощность;

t – время;

$P_{\text{ном}}$ – потребление ЭЭ в номинальном режиме;

ΔP – снижение потребляемой мощности в часы максимума.

$$\Delta_{\text{ОМ}} = 21,79 \cdot 12 \cdot 40 \cdot 0,3 \cdot 10^3 = 3\,137\,760 \text{ руб./год.}$$

Чистая экономия от регулировочного мероприятия равна:

$$\Delta_{\text{чэ}} = \Delta_{\text{ОМ}} - P_{\text{э}} \cdot 10^{-2} \cdot W_{\text{год}} - M$$

где $\Delta_{\text{ОМ}}$ – экономия по оплате мощности;

$P_{\text{э}}$ – плата за энергию;

$W_{\text{год}}$ – годовой расход электроэнергии;

M – материальные затраты.

$$\Delta_{\text{чэ}} = 3\,137\,760 - 0,19 \cdot 10^{-2} \cdot 19\,051\,200 - 133\,599 = 2\,967\,964 \text{ руб./год.}$$

Литература

1. edu.stashko [Электронный ресурс] / Учебное пособие для бакалавров. – Москва, 1997. – Режим доступа : <http://edu.stashko.ru>– Дата доступа : 02.05.18
2. Радкевич, В.Н. Электроснабжение промышленных предприятий: учеб. Пособие / В.Н. Радкевич, В.Б. Козловская, И.В. Колосова. – Минск: ИВЦ Минфина, 2015. – 589 с.

УДК 621.3

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ НА ПРЕДПРИЯТИИ.

Павлович Е.В.

Научный руководитель — к.т.н., доцент Константинова С.В.

Энергосбережение на предприятии является одной из самых актуальных проблем, с которой сталкивается промышленность. Это связано с постоянным ростом стоимости на электроэнергию и прочие энергоносители.

Мероприятия по экономии электроэнергии должны носить комплексный характер. Эффективность принятых мер зависит от качества, проведенного энергоаудита предприятия и скрупулезного выполнения предписаний энергоаудиторов по вопросам экономии электрической энергии на производстве.

Меры по экономии электроэнергии:

покраска стен помещений в светлые тона. Это послужит увеличению уровня освещенности помещения. Экономия — 1-5% электроэнергии затрачиваемой на освещение;

использование окон с увеличенной площадью стеклопакета, с рациональным расположением относительно хода Солнца. Экономия — до 20%;

не допускать отсечения и рассеивания поступающего света из окон шторами или иными предметами. Экономия — 1-5%;

поддержание чистоты источников света: окна, осветительные приборы должны обязательно быть чистыми и хорошо пропускать свет. Экономия от 3%;

замена устаревших и энергозатратных ламп накаливания в светильниках на энергосберегающие лампы, наиболее экономичны лампы со светодиодами. Экономия в сегменте потребления электричества на освещение — от 50 %;

контроль режима работы освещения. Включать источник света только по надобности, в вечернее время и избегать их работы в нерабочее время. Экономия — от 5%.

плановая замена всего старого электрооборудования, аудио-видеоаппаратуры, силовых частей оборудования на современную и экономичную электротехнику. Разовые высокие расходы на приобретение вскоре будут компенсированы значительным снижением энергопотребления и своей повышенной эффективностью работы по сравнению с более старыми моделями.

оптимизация системы отопления и отключение непредусмотренных электронагревательных приборов отопления, которые были дополнительно использованы для обогрева помещения.

установка приборов учета электроэнергии с классом точности 1,0;

установка устройств компенсации активной и реактивной энергии;

установка всевозможных датчиков: присутствия, движение, реле времени. Позволяет экономить от 30% затрат на электроэнергию за счет сокращения "холостой" работы ламп освещения.

Система отопления. Экономия ресурсов начинается с анализа энергоносителя. Для большинства отечественных предприятий характерно использование тех природных ресурсов, которые легче приобрести или добыть.

Специалисты настоятельно рекомендуют максимально автоматизировать производственный процесс.

Третий пункт — обеспечение качества используемого топлива. Чем оно выше, тем устойчивее и экономнее функционирует отопление.

К основным способам экономии относят:

обеспечение надёжной теплоизоляции, достигающееся в первую очередь защитой от холода наружных коммуникаций (теплотрасс) и помещений в целом — экономия от 15 до 20%;

использование отходов производства в качестве источника тепла (например, сжигание опилок или древесных отходов) — приносит до 20 и больше процентов экономии.

установка учётных приборов

монтаж полов с подогревом обеспечивает экономию топлива в 40-50%, особенно осенью или в весенний период, когда отопление не включается на полную мощность, а температура окружающей среды не достигает максимально низких температурных показателей;

применение для отопления солнечных коллекторов. В ясные дни эти современные системы способны обеспечить 50% экономию основного топлива, используемого в системе отопления;

тепловые насосы. Высокую эффективность вам обеспечат как воздушные, так и на основе грунтового коллектора.

солнечные коллекторы.

Система водоснабжения. Экономия воды, прежде всего, включает не только снижение объёмов потребления, но и обеспечение безопасности предприятия для окружающей среды.

своевременный ремонт и реконструкция трубопроводов — 20-30% экономии водных ресурсов;

установка современного сантехнического оборудования (кранов, смесителей, замен устаревших труб) в подсобных помещениях;

установка приборов учёта — счётчики сокращают потребление

специальные смесители с инфракрасными датчиками.

внедрение систем оборотного водоснабжения, в которых вода используется для охлаждения оборудования повторно — до 30-40%.

Газоснабжение. Если газ не используется в технологических процессах, проблема его сбережения отпадает сама по себе, заменой газового оборудования на электрическое. Но в случае регулярной закупки газа всё время повышающаяся цена этого вида топлива и неэкономное использование способно привести к финансовой нерентабельности предприятия.

Цена газа всегда отображается в себестоимости выпускаемой продукции и, соответственно, снижает конкурентоспособность на рынке. Исключить подобные проблемы помогут различные методы экономии.

установка счётчиков — давно известный и хорошо зарекомендовавший себя способ, приносящий экономию от 20 до 30%;

утепление помещений — метод актуален при использовании голубого топлива в качестве источника тепла на предприятии (экономия до 30-35%).

установка датчиков и регуляторов, позволяющих исключить ручное управление оборудованием.

терморегуляторы в печах для плавки стекла приносят экономию потребления в 12%. Показатель этот невелик, но за счёт стабильного сокращения потребления ресурса заметно снижается себестоимость выпускаемой продукции.

снижение потребления за счёт использования органического топлива. Актуально для ТЭЦ и котельных (приносит стабильную экономию от 10%). Метод ценится за невысокие капиталовложения и быструю окупаемость. При применении этого решения — необходима замена оборудования[2].

Светодиодное освещение: преимущества и недостатки.

Одним из главных преимуществ лед лампы является ее срок службы, который составляет 10 тыс. часов без потери основных характеристик (качества и силы светового потока). Такая лампа может работать:

при 6 часах в сутки — 20 лет;

при 10 часах в сутки — 11 лет;

в круглосуточном режиме — более 5 лет.

В сравнительной таблице представлен срок эксплуатации различных типов ламп [5].

Таблица 1 – Сравнительная таблица сроков эксплуатации ламп

Тип лампы	Срок эксплуатации (час.)
Светодиодная	100 000
ДРЛ	12 000-20 000
Люминесцентная (Т8)	9000-15000
Галогенная	2000-4000
Металлогалогенная	3000-10 000
Лампа накаливания	1000

Экономичность. На сегодня светодиоды являются наиболее экономичными из всех видов освещения и позволяют сэкономить до 70% электроэнергии. Особенно актуально это для больших предприятий, работающих в круглосуточном режиме. Так, при одинаковых показателях светового потока, потребление электричества у светодиодной лампы в 10 раз меньше, чем у лампы накаливания, и в 2 раза меньше за ДРЛ. К тому же, для дополнительной экономии в ночное время можно регулировать освещенность улиц от 30 до 50% в соответствие со СНиП.

Экологическая безопасность. Светодиоды не содержат опасных для здоровья и жизни человека материалов и веществ, как например, ртутные лампы. Поэтому они не требуют специального обслуживания, замены ламп во время эксплуатации и дополнительных затрат на утилизацию.

Высокая устойчивость к разным температурам и перепадам напряжения. Благодаря своей конструкции, светодиоды практически не ощущают перепады питания, чего не скажешь о лампах накаливания или люминесцентных. Также использования светодиодного освещения исключает риск перегрузки электросетей (потребляемый ток составляет всего 0,6-0,9 А). Данные светильники имеют устойчивость и к разным температурам, поэтому их можно использовать в помещениях с температурным режимом от -60°C до 40°C, а также на улице.

Высокая контрастность и цветопередача. Это позволяет лучше и четче видеть окружающее предметы. Организация светодиодного освещения на предприятии обеспечивает необходимую безопасность в работе с оборудованием и деталями, сохраняет здоровье сотрудников. При том, что цветопередача несколько ниже, чем у газоразрядных ламп, за счет высокой контрастности качество освещения будет лучше.

Таблица 2 – Сравнительная таблица индекса цветопередачи

Тип лампы	Индекс цветопередачи
естественный солнечный свет	100
газоразрядные лампы	80-95
светодиоды	75-85
люминесцентные лампы	60-95
лампы накаливания	68
натриевые лампы	25

Высокое качество света. Поток света, который излучает светодиодный светильник, наиболее приближенный к естественному освещению, что является оптимальным для условий труда в офисных и промышленных помещениях, а также для учебных заведений. К тому же полностью отсутствуют пульсации лампы или так называемый стробоскопический эффект, что не вызывает проблем со зрением. КПД светодиодных ламп составляет 100%.

Надежность и прочность. Благодаря своей прочной конструкции, светодиоды отличаются своей износостойкостью и имеют высокую степень защиты от внешних негативных факторов IP65-IP67, что позволяет их применять в экстремальных условиях эксплуатации и пожароопасных зонах.

Гарантия от производителя. За счет того, что светодиоды имеют долгий срок службы, многие производители предоставляют от 5 до 10 лет гарантии на свою продукцию.

Широкий модельный ряд. В зависимости от типа помещения, условий эксплуатации, индивидуальных пожеланий клиента можно подобрать светильники для любых целей и с любой мощностью (офисные, промышленные, складские, уличные и другие).

Дополнительные возможности. Светильники нового поколения имеют дополнительные возможности, которые задаются в процессе проектирования: система управления световым потоком, мгновенное включение и другие.

Недостатки LED ламп:

Существенный недостаток – это сравнительно высокая цена. Но, учитывая соотношение цена-качество-экономичность, лучше один раз заплатить и установить данные светильники, особенно это актуально для больших предприятий. Тем более, сроки окупаемости составляют всего несколько лет, что в любом случае будет выгодным вложением.

Светодиоды в отличие от обычных ламп требуют номинального рабочего тока, что увеличивает себестоимость системы освещения.

Они имеют полосковый спектр излучения, поэтому нужно обращаться к специалистам для обеспечения равномерного освещения в помещении, чтобы цветовая температура помещения была равномерной.

Светодиодное освещение имеет больше преимуществ, является качественным, надежным и выгодным видом освещения[6].

Газопоршневые установки. Любое производство электроэнергии, использующее технологию сжигания топлива, сопровождается выделением тепла. В газопоршневых агрегатах максимальный КПД по выработке электроэнергии составляет около 40%. Тепловой КПД таких установок составляет 40-45%. То есть полезно используется только половина высвобождаемой энергии, а другая половина уходит с теплом в окружающую среду.

Ситуация меняется, если использовать технологию когенерации и тригенерации. Когенерационная установка, одновременно с производством электроэнергии полезно утилизирует теплоту двигателя, производя горячую воду или пар. Это резко повышает общий КПД установки. В некоторых случаях он достигает 90%. Отношение электрической мощности к тепловой составляет 1:1,2.

Использование технологии тригенерации позволяет сохранить высокий КПД круглогодично. Например, летом отопление не требуется, но необходимо кондиционирование жилых помещений, офисов, больниц. В промышленности широко используется холодная вода и холод. Тригенерационная установка к производству электроэнергии и тепла добавляет еще и производство холода по абсорбционной технологии.

Другим положительным моментом для использования газопоршневых установок является возможность установки нескольких агрегатов.

Секционирование когенераторных установок из нескольких блоков, позволяет достичь эффективности такой же, как и у большой установки, при этом получая ряд значительных преимуществ. Это точное управление мощностью (максимальный КПД достигается при загрузке на 100% - это значит, что при секционировании, в минимальные часы энергопотребления, есть возможность нагрузить часть блоков, а часть оставить в нерабочем состоянии). Это приводит к увеличению ресурса всей системы в целом[3].

Преимущества газопоршневых установок

газопоршневые электростанции превосходно адаптированы к ситуациям с кратковременной эксплуатацией и частыми запусками, а также прекрасно переносят резкие перепады температурного режима.

низкая стоимость обслуживания, что снижает эксплуатационные издержки.

различное исполнение электростанции, которая может представлять собой и блочно-модульную конструкцию.

продолжительность функционирования за счет конструктивных особенностей не имеет ограничений.

наличие модулей электронного управления позволяет производить старт ГПЭ посредством компьютера из диспетчерского пункта. Туда же выводятся и параметры работы установки.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Мощность, кВА / кВт	1250 / 1000
Выходное напряжение, В	380 - 415
Частота выходного напряжения, Гц	50
Частота вращения, об/мин	1500
Количество цилиндров	16 V-образно
Расход природного газа при 100% нагрузке, м³/ч	276
Выход тепла в выхлопную систему, кВт	673
Выход тепла в систему охлаждения, кВт	548

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ

Период эксплуатации	2010 г.	2011 г. (I п)
Произведено электроэнергии, кВт*ч	6207	3200
Продано электроэнергии, тыс.кВт*ч	-	-
Потреблено электроэнергии, от энергосистемы, тыс.кВт*ч	10 690	5 697
Общее потребление электроэнергии, на производство, тыс.кВт*ч	16897	8897
Удельный вес собственной электроэнергии в общем объеме потребления, %	37	36
Себестоимость электроэнергии от сети, руб./кВт*ч	415	608
Себестоимость электроэнергии от собственного, производства, руб./кВт*ч	266	231
Экономия по электроэнергии, млн.руб	1876	1257
Экономия по теплотенергии, млн.руб	56	116

Рисунок 1. Технические характеристики и экономическая эффективность работы ГПУ PG1250B

На рынке газопоршневых электростанций присутствуют модели и отечественных производителей, что увеличивает не только адаптацию агрегатов к местным условиям эксплуатации, но и их ремонтпригодность.

Недостатки газопоршневых установок

необходимость использования более сложной системы отвода отработанных газов в сочетании с фильтрами и катализаторами.

высокая скорость двигателя становится причиной возникновения вибрации, что следует учитывать при монтаже газопоршневой установки: [4].

По данным ОАО «Берёзовский сыродельный комбинат на котором было установлено ГПУ PG1250B срок окупаемости составляет 1,7 года (рисунок1).

Частотное регулирование. Частотное регулирование электроприводов широко применяется в настоящее время. Современные преобразователи частоты обладают разнообразным набором функциональных особенностей, способны выполнять автоматическое управление асинхронным двигателем по сигналам с периферийных датчиков и приводить в действие электропривод по заданному временному алгоритму. Поддерживать функции автоматического восстановления режима работы при кратковременном прерывании

питания. Выполнять управление переходными процессами с удаленного пульта и осуществлять защиту электродвигателей от перегрузок. [7].

Результаты внедрения частотных регуляторов на ОАО «Берёзовский сыродельный комбинат» приведены на рис.2.

ЧАСТОТНОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ

ПРЕИМУЩЕСТВА УСТАНОВКИ

1. Частотный привод обеспечивает плавный пуск электродвигателя, снижает пусковые токи и механические удары, уменьшает нагрузку и увеличит срок эксплуатации оборудования.
2. Частотные регуляторы в комплекте с программируемым микропроцессорным контроллером создают многофункциональную систему управления электроприводами.
3. Частотное регулирование позволяет автоматизировать производственный процесс, экономично расходовать электроэнергию и другие задействованные в производстве ресурсы.
5. Применение регулируемого частотного электропривода позволяет экономить до 65% затрат энергии.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

U пит.	3 x 380 В	I нагр.	от 20 до 500 А
Р нагр.	от 11 до 250 кВт	F изм.	от 30 до 50 Гц



ЧАСТОТНЫЕ РЕГУЛЯТОРЫ ФИРМЫ GRUNDFOS НА СТАНЦИИ ОЧИСТКИ И ПОДГОТОВКИ ВОДЫ

- Введены в эксплуатацию в 2011 г.
- Затраты - 13 млн. руб
- Получена экономия за период эксплуатации - 6 т.у.т.
- Срок окупаемости - 1,4 года



ЧАСТОТНЫЕ РЕГУЛЯТОРЫ HITACHI L300P НА КОТЕЛЬНОМ УЧАСТКЕ

- Введены в эксплуатацию в 2010 г.
- Затраты - 12 млн. руб
- Получена экономия за год - 28 т.у.т. (дымосос мощностью 45 кВт)
- Срок окупаемости - 7 месяцев

Рисунок 2. Внедрение частотных регуляторов на ОАО «Берёзовский сыродельный комбинат»

Водоснабжение. Выбор источника является одной из наиболее ответственных задач при устройстве системы водоснабжения, так как он определяет в значительной степени характер самой системы, наличие в её составе тех или иных сооружений, а, следовательно, стоимость и строительства, и эксплуатации.

Источник водоснабжения должен удовлетворять следующим основным требованиям:

обеспечивать получение из него необходимых количеств воды с учётом роста водопотребления на перспективу развития объекта:

обеспечивать бесперебойность снабжения водой потребителей;

давать воду такого качества, которое в наибольшей степени отвечает нуждам потребителей или позволяет достичь требуемого качества путём простой и дешевой её очистки;

обеспечивать возможность подачи воды объекту с наименьшей затратой средств;

обладать такой мощностью, чтобы отбор воды из него не нарушал сложившуюся экологическую систему.

Правильное решение вопроса о выборе источника водоснабжения для каждого данного объекта требует тщательного изучения и анализа водных ресурсов района, в котором расположен объект[8].

Большинству из этих характеристик соответствует артезианская скважина (рис.3.).



Рисунок 3. Схема артезианской скважины

ДАННЫЕ О СКВАЖИНЕ

Дебит скважины	90 м³/ час
Удельный дебит	3,74 м³/ час
Статический уровень воды	3,45 м
Динамический уровень	27,5 м
Понижение уровня	24,05 м
Глубина скважины	195 м
Тип фильтра	проволочный с гравийной обсыпкой

Введена в эксплуатацию в 2011 году.

Затраты - 1 млрд. 700 млн. руб.

Экономический эффект - 1 млрд. 380 млн. руб. в год

Срок окупаемости - 1,4 года

Рисунок 4. Данные о скважине, установленной на «ОАО Березовский сыродельный комбинат»

Артезианская скважина имеет следующие преимущества:

срок службы более 50 лет;

низкая себестоимость воды;

постоянный приток;

стабильный химический состав;

высокая производительность;

независимость от работы городской сети.

Результаты по внедрению артезианской скважины на ОАО «Берёзовский сыродельный комбинат» приведены на рис.4.

Литература

1. Энергоэффективность / wikipedia [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/ Энергоэффективность/](https://ru.wikipedia.org/wiki/Энергоэффективность/). – Дата доступа: 16.5.2018.
2. Энергосбережение на предприятии — время эффективного подхода к ресурсам / energylogia [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://energylogia.com/business/municipality/jenergoberezhenie-na-predpriyatii.html/>. – Дата доступа: 16.5.2018.
3. Газопоршневые установки / РосЭнергоИнжиниринг [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ros-energy.ru/scripts/1./>. – Дата доступа: 16.5.2018.
4. Газопоршневые электростанции и установки / ГазТеплоСтрой [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.gasteplo.ru/articles/gazoporshnevye-elektrostantsii-i-ustanovki/>. – Дата доступа: 16.5.2018.
5. Козловская, В.Б. Электрическое освещение / В.Н. Радкевич, В.Н. Сацкевич – Минск: Техноперспектива, 2011. – 40 с.
6. Преимущества светодиодного освещения / itw systems [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://itw-systems.com/blog/preimushhestva-svetodiodnogo-osveshheniya/>. – Дата доступа: 16.5.2018.
7. Частотное регулирование асинхронного двигателя / Школа для электрика [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://electricalschool.info/elprivod/1740-chastotnoe-regulirovanie-asinkhronnogo.html/>. – Дата доступа: 16.5.2018
8. Источники водоснабжения / wikipedia [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Источники_водоснабжения/. – Дата доступа: 16.5.2018.