**Содержание**

1. Коммерческий и технический (внутризаводской) учет электроэнергии

2. Автоматизированные системы контроля и учета электроэнергии (АСКУЭ)

3. Нормирование и лимитирование электропотребления

4. Виды норм, их получение а использование

5. Расчет и контроль удельных расходов электроэнергии на единицу продукции. Контроль общих расходов электроэнергии

6. Энергетические балансы

7. Определение объема энергосбережения для действующей технологии

8. Текущие и перспективные прогнозы электропотребления

9. Оценка правильности определения максимума нагрузки. Потребители-регуляторы

Список литературы

**1. Коммерческий и технический (внутризаводской) учет электроэнергии**

Внедрение коммерческого и технического (внутризаводского) учета электроэнергии на предприятии является эффективным способом организации экономии энергоресурсов.

Коммерческий учет предусматривает взаимоотношения с энергосбытовой организацией, технический (внутризаводской) учет - с отдельными вторичными потребителями (арендаторами, хозрасчетными производственными единицами, энергоемкими производствами).

*Коммерческий учет* - процесс получения и отображения *коммерческой информации* о движении товарной продукции (оказании услуг) с целью проведения финансовых расчетов между субъектами рынка электроэнергии.

Выделяют следующие основные задачи коммерческого учета электроэнергии:

* потребление активной и реактивной энергии (включая обратный переток) за данные временные интервалы по отдельным счетчикам, заданным группам счетчиков и предприятию в целом с учетом многотарифности;
* средние (получасовые) значения активной мощности (нагрузки) и средний (получасовой) максимум активной мощности (нагрузки) в часы утреннего и вечернего максимумов нагрузки по отдельным счетчикам, заданным группам счетчиков и предприятию в целом;
* построение графиков получасовых и, при необходимости, трехминутных нагрузок, необходимых дня организаций рационального энергопотребления предприятия.

Расчеты по купле-продаже электроэнергии между участниками рынка должны производиться по показаниям тех приборов учета, которые указаны в действующих договорах. В договорах на оптовом рынке для каждого сетевого элемента необходимо указать, какой измерительный комплекс средств коммерческого учета является основным, а какой - резервным, т.е. определить *основную и резервные зоны* учета субъекта рывка.

Приборы учета могут располагаться не строго в точках раздела балансовой (эксплуатационной) принадлежности вследствие того, что в реальных условиях схема расстановки измерительных комплексов зависит от возможности установки первичных датчиков (трансформаторов тока и напряжения).

Конкретные требования к аппаратуре распространяются на вновь устанавливаемые и модернизируемые *средства коммерческого учета,* входящие в состав автоматизированных систем контроля и учета электроэнергии (АСКУЭ). В АСКУЭ оптового рынка должны использоваться самые современные первичные датчики, отличающиеся малыми величинами и стабильностью основной и дополнительной погрешности в широком диапазоне влияющих величин. Необходимо стремиться к освоению датчиков с цифровым выходом. Сечения поставки и учета дяя субъектов рынка должны совпадать, а на каждую зону по-ставки необходимо предусматривать две зоны учета по обе стороны зоны поставки. Это означает, что смежные субъекты рынка (имеющие общие границы балансовой принадлежности) должны установить измерительные комплексы средств коммерческого учета на всех присоединениях граничных сетевых элементов к "своим" подстанциям. Общие технические требования к трансформаторам тока (ТТ) и трансформаторам напряжения (ТН), как к датчикам тока и напряжения в цепях коммерческого учета отражены в соответствующих ГОСТах. В АСКУЭ оптового рынка следует применять только трансформаторы тока, измерительные обмотки которых специально предназначены для подключения приборов коммерческого учета, и имеющие класс точности не ниже 0.2S, O.SS [4.8].

**2. Автоматизированные системы контроля и учета электроэнергии (АСКУЭ)**

В настоящее время в России, в связи с проводимой реформой электроэнергетики, все более актуальна проблема внедрения автоматизированных систем контроля и учета электроэнергии и мощности (АСКУЭ) на объектах электроэнергетики, промышленных предприятиях, а также в бытовом секторе для решения задач контроля, учета и экономии энергоресурсов. Одним из условий выхода потребителей на рынок покупки электроэнергии у независимых сбытовых компаний является наличие системы коммерческого учета электроэнергии [4.9].

С середины 90-х годов в большинстве энергосистем проводились достаточно активно работы, по внедрению АСКУЭ. Объектами автоматизации на этом этапе были в основном крупные электростанции, межсистемные и граничные подстанции в региональных энергосистемах, а также крупные промышленные потребители. К концу 90-х годов эти работы в основном были завершены и в настоящее время стоит задача внедрения систем учета на средних промышленных предприятиях и в жилищно-бытовом секторе. При автоматизации таких объектов на современном этапе появляется ряд новых задач, которые необходимо учитывать при проектировании и внедрении АСКУЭ:

* построение систем автоматизации на средних предприятиях на основе контроллеров с большим количеством каналов учета в большинстве случаев является избыточным. Для таких объектов необходимо устройство с меньшим количеством каналов учета и более дешевое по цене, но сохраняющее функциональные возможности предыдущих моделей контроллеров и отвечающее современным требованиям;
* при питании нескольких предприятий с одной подстанции возникает необходимость создания отдельных систем коммерческого учета для каждого предприятия с возможностью получения сводной информации о балансе подстанции службами поставщика электроэнергии и подстанции;
* необходимость создания АСКУЭ на крупных промышленных предприятиях, где наряду с коммерческим учетом необходим внутризаводской (технический) учет. Как правило, такие предприятия занимают большую площадь и имеют несколько территориально распределенных объектов автоматизации (производств, цехов). Для создания таких АСКУЭ необходима система сбора данных с сетевой архитектурой. Отдельные объекты автоматизации имеют небольшое количество точек учета (до 12-16 каналов), но в связи с большими расстояниями между объектами прокладка линий связи от электросчетчиков к одному контроллеру является достаточно трудоемкой задачей;

- в последнее время в связи с реструктуризацией РАО «ЕЭС России» и новыми требованиями, предъявляемыми к работе на Федеральном оптовом рынке электрической энергии (мощности) (ФОРЭМ) все более широкое применение находят многофункциональные счетчики электроэнергии.

Исходя из вышеперечисленных тенденций, ведущие фирмы- производители электронного оборудования для систем контроля и управления разработали и начали выпуск контроллеров для АСКУЭ. Для примера рассмотрим контроллер СИКОН СЮ фирмы «Системы и технологии».

Центральным узлом контроллера является микроконтроллер SAB80C167 фирмы SIEMENS. В контроллере СИКОН СЮ применена многозадачная операционная система реального времени. Масштабируемое ядро операционной системы поддерживает функционирование до 32 процессов с возможностью выбора приоритета. Наличие системных вызовов ядра дает возможность управлять динамическими режимами диспетчеризации, распределением памяти, межпроцессорной коммуникацией и синхронизацией процессов. Все это гарантирует устойчивость измерений и сбора данных с электросчетчиков в темпе процесса и независимую одновременную передачу данных нескольким пользователям информации. Отличительной чертой контроллеров СИКОН СЮ является также набор из нескольких модификаций и сетевая архитектура. Благодаря этому они могут использоваться для решения большого круга задач при создании АСКУЭ [4.1].

Типовая структурная схема АСКУЭ на базе контроллера СИКОН СЮ представлена на рисунке 4.1. На схеме показана возможность подключения к контроллеру электросчетчиков различных типов (по импульсным входам и по последовательным интерфейсам) и разных пользователей информации. Схема представляет сетевую архитектуру системы учета. Данные с любого контроллера сети могут через интерфейсы одного из контроллеров передаваться на верхний уровень по выделенному каналу связи (физической линии) либо по телефонному или другим каналам связи.

Основные характеристики контроллера СИКОН СЮ:

* контроллер позволяет вести единые группы учета и синхронизацию времени контроллеров в сети Profibus;
* количество каналов для подключения счётчиков с импульсным выходом к одному контроллеру - до 16-и," обеспечивает подключение в сеть Profibus до 32 контроллеров, при этом общее число каналов системы учета может достигать 512-и; количество тарифных зон в сутки - до 12-и; - количество групп учёта в каждом контроллере - до 8-и, при этом общее число групп системы учета из 32 контроллеров может достигать 256-и;
* контроль данных об энергии и усредненной мощности за фиксированные подинтервалы (1, 3 или 5 минут) и интервалы времени (15, 30 или 60 минут), за сутки, месяц, квартал;
* контроль текущих значений энергии и показаний счетчиков;
* ведение графиков мощности;
* контроль данных о превышении лимитов мощности;
* контроллер ведет календарь рабочих, праздничных и нерабочих дней;
* совместим с основными типами счётчиков (индукционными, электронными, многофункциональными) разных заводов-изготовителей;

- наличие в базовой модификации встроенного буквенно-цифрового пульта оператора;

* наличие упрощенной модификации (без встроенного пульта оператора), работающей *в* режиме удаленного контроллера;
* широкий температурный диапазон условий эксплуатации: от -10 °С до +50 °С (по спец. заказу от -40 °С до +70 °С).

Современные системы АСКУЭ и счетчики электроэнергии отечественных производителей адаптированы к требованиям отечественных стандартов и норм, отличаются использованием современной элементной базы, хорошо продуманными алгоритмами работы, современным программным обеспечением, отвечают всем требованиям Российских и международных стандартов, адаптированы к последующему наращиванию и модернизации.

**3. Нормирование и лимитирование электропотребления**

Нормирование и лимитирование электропотребления - составная часть технического нормирования расхода всех используемых в производстве ресурсов.

Научно обоснованное *нормирование* предусматривает решение двух основных задач:

* планирование электропотребления;
* выявление и реализация резервов экономии электроэнергии.

В практике энергетического планирования находят применение два разных способа установления норм: непосредственное определение их прямым расчетом для планируемых условий производства **и** расчет от фактически достигнутого уровня. Опыт нормирования «от факта» иногда дает менее объективные результаты по сравнению с прямым расчетом норм на планируемый период. Однако это не означает, что при установлении норм расхода электроэнергии можно не учитывать достигнутый уровень фактических удельных расходов. Такой подход в нормировании означал бы отрыв планируемых показателей от реальной действительности. Поэтому обязательный учет в нормах фактически достигнутых расходов ресурсов следует считать одним из методологических принципов нормирования.

Структура норм должна соответствовать технологии и организации производства и охватывать все статьи расхода электроэнергии на нормированный вид продукции или работ. Нормы должны учитывать также планируемые к осуществлению мероприятия по экономии электроэнергии. Нормы подлежат своевременной корректировке при изменении условий производства [4.5].

Одним из основных механизмов организации выполнения Федеральной целевой программы "Энергосбережение России" в период 1998 - 2005 годов является лимитирование элекгропотребления. Процедуре лимитирования должен предшествовать энергоаудит, который должен выявить величину фактического потребления предприятием электроэнергии, а также реальный потенциал энергосбережения. Организация *лимитирования бюджетным* организациям предусматривает, что устанавливаемые государством лимиты электропотребления в натуральном и стоимостном выражении должны быть обеспечены бюджетным финансированием. При проведении различных по глубине видов энергоаудита (экспресс-аудит, инструментальный, выборочный, комплексный, целевой и т.д.) существенное значение наряду с техническим обследованием должен занимать и финансовый аудит, поскольку результатом обследования должны быть рекомендации как технического, так и финансово-экономического характера.

Предприятия, где вследствие банкротства введено внешнее управление, при утверждении мероприятий по выводу предприятия из кризиса должны иметь заключение Госэнергонадзора об эффективности использования электроэнергии. Также согласованное заключение энергоаудита необходимо предприятиям, заявляющим об изменении величины электропотребления. При разработке отраслевых программ электропотребяения реализуемый потенциал экономии определяется на каждый год. Его величина должна быть учтена при определении лимитов энергопотребления соответствующими министерствами и ведомствами.

**4. Виды норм, их получение и использование**

*Норма -* это технически и экономически обоснованная плановая мера потребления ресурсов на единицу продукции (работы) для данных условий производства; она становится действующей с момента ввода объективного учета, контроля и стимулов по ее выполнению.

Нормы должны отвечать следующим требованиям:

* быть прогрессивными, т.е. отвечать современному уровню техники, технологии и организации производства;
* являться динамичными, т.е. меняться в зависимости от изменений техники, технологий, организации;
* быть обоснованными, т.е. разрабатываться на основе анализа производства и соответствующих расчетов.

Снижение норм расхода электроэнергии на единицу выпускаемой продукции характеризует эффективность ее использования. При этом необходимо, чтобы нормы были оптимальными, установленными на основе технико-экономических расчетов.

Под *оптимальной нормой* понимается объективно необходимый расход электроэнергии на производство единицы продукции или объема работы при данных условиях производства.

Нормы расхода электроэнергии разрабатываются расчетно-аналитическим, опытным или расчетно-статическим методами.

*Расчетно-аналитический* метод предусматривает установление норм расхода электрической энергии расчетным путем на базе прогрессивных показателей использования энергетических ресурсов в производстве по статьям расхода.

*Опытный метод* определения норм заключается в нахождении удельных затрат электроэнергии на основе данных эксперимента (испытаний). Этот метод применяется при разработке индивидуальных норм. Оборудование при этом должно находится в технически исправном состоянии, а технологический процесс осуществляется в рамках, предусмотренных технологическими регламентами и инструкциями.

*Расчетно-статический* метод нахождения норм расхода ресурсов основывается на анализе статических данных за ряд предшествующих лет о фактических удельных расходах электрической энергии и факторов, влияющих на их изменение.

Технически и экономически обоснованная норма свидетельствует о том, что ее выполнение обеспечивает рост экономической эффективности на промышленном предприятия.

Норма расхода электроэнергии может использоваться для агрегата, цеха, предприятия, т.е. там, где имеется возможность контроля нормы техническими средствами измерения.

Нормы расхода электроэнергии устанавливаются в зависимости от типа производства. Так, в единичном и мелкосерийном производстве в условиях разнообразной номенклатуры выпускаемой продукции целесообразно устанавливать нормы расхода на 1 ч работы энергоприемных устройств, в серийном и массовом производстве — нормы расхода потребляемой энергии на деталеопе-рацию, деталь, технологический процесс и в целом на изделие. Помимо норм расхода электроэнергии, связанного непосредственно с выпуском продукции, устанавливаются нормы расхода на вспомогательные и обслуживающие процессы, нормы потерь в сетях в процессе и т.д. Например, норма расхода двигательной энергии на 1 ч работы оборудования *(g^, кВт-ч)* определяется по формуле [4.6]:

*Шчл=МпКяКиК„/Кш>* (4.1)

где *Мя* - номинальная мощность электродвигателя технологического оборудования, *кВт',*

*Кв* — коэффициент использования двигателя по времени;

*Км* — коэффициент использования двигателя по мощности;

*К„ -*— коэффициент, учитывающий потери в сетях;

*Кш* — коэффициент полезного действия электродвигателя.

где 2ф - фактический расход электроэнергии, *ед. эн./ед.* «р.;

ДйС/ - относительная величина экономии электроэнергии за счет проведения i-ro мероприятия по нормализации технического состояния энергопотребляющего оборудования, доля ед.;

и - число мероприятий, в результате которых снижается расход энергии за счет нормализации технического состояния энергопотребляющего оборудования.

Размер общепроизводственной нормы электропотребления на промышленных предприятиях определяется следующим образом:

*Э = Эа"-А(1,Эагч (ед. эн./ед. проб.),* (4.5)

где Э *°"* - фактический удельный расход электроэнергии за отчетный период, ед. эн./ед. прод.;

*Ad,-* задание по снижению нормы расхода энергии, доля ед.

Плановая же потребность в электроэнергии рассчитывается по формуле

*Qia-3Nm(ed.m./zod),* (4.6)

где *Nm -* планируемый выпуск продукции, руб./ год.

В свою очередь, величина планируемой экономии электроэнергии [4.14]:

АЭПЛ = (Эот- *Э) ■ Nm (ед. энУгод),* (4.7)

где Эот - норма расхода энергии отчетного года, *ед. эн./ед. прод.*

Производственное потребление энергии определяют суммированием расхода энергии по всем технологическим установкам и объектам вспомогательного хозяйства. Полную потребность в энергии, а также по отдельному параметру рассчитывают с учетом потерь при передаче энергии по заводским коммуникациям.

При планировании составляют сметы затрат по каждому цеху, устанавливают максимальную нагрузку электроэнергии - размер присоединенной мощности.

При определении общецеховых электрозатрат для изготовления заданного количества продукции и исполнения услуг за определённый период требуется включать:

1. технологические процессы (основной и вспомогательные);
2. отопление;
3. освещение;
4. вентиляцию (с улавливанием выбросов);
5. кондиционирование;
6. транспортирование готовой продукции;
7. транспортирование, хранение отходов;
8. поддержание противопожарной системы;
9. перекачку сточных вод;
10. хранение готовой продукции.

Затраты на электроэнергию складываются из суммы оплаты поставщику электроэнергии по двухставочному тарифу (за максимальную нагрузку и за потребленную энергию) и расходов предприятия.

Расход электроэнергии учитывается с помощью графиков электрической нагрузки. При планировании необходимо определить плановую максимальную нагрузку и плановые средние нагрузки. Для небольших предприятий не обязательно рассчитывать все параметры режимов потребления, достаточно вычислить максимум нагрузки.

Годовые плановые графики строят исходя из суммарных средних суточных графиков нагрузки. Расчеты ведутся по потреблению брутто, т.е. с учетом всех потерь. Учитываются намечаемые мероприятия по регулированию графиков нагрузки.

Показатели экономичности электропотребления индивидуальны для различных видов изделий. Они характеризуют совершенство конструкции данного вида изделия и качество его изготовления. В качестве показателей экономичности электропотребления, как правило, следует выбирать удельные показатели.

Организация систем контроля электропотребления является актуальной задачей для любого предприятия. Внедрение данных систем позволяет получить реальную картину использования ресурсов и уменьшить их оплату, т.к. прекращается оплата потерь на магистралях поставщика.

Организация систем учета электропотребления на предприятиях, имеющих большое количество электросчетчиков, позволяет осуществлять дистанционный контроль работы оборудования и текущих расходов электроэнергии по всем счетчикам и объектам учета, а также обеспечивает хранение данных и возможность предоставления информации за различные периоды.

Рассмотрим схему взаимодействия аппаратных средств и программного обеспечения для организации учета электроэнергии в системах контроля и управления технологическими процессами на примере использования счетчиков электрической энергии Альфа или Альфа Плюс фирмы АББ БЭИ "Метро-ника" (рисунок 4.2) [4.15].

Электросчетчики по местам их расположения объединяются в объекты контроля путем подключения к адаптерам АББ или мультиплексорам-расширителям МПР-16М при помощи интерфейсов ИРПС, RS-422/485 или нульмодемного интерфейса с соответствующими преобразователями.

В объект контроля могут входить до 31 мультиплексора-расширителя и до 16 счетчиков на каждый мультиплексор.

Каждый из таких объектов подключается к разным СОМ-портам IBM PC-совместимого контроллера по физическим линиям или каналам связи (витой паре, оптическим, телефонным и/или радиоканалам и другим).

IBM PC-совместимый контроллер при помощи драйвера может один обслуживать все объекты: счетчики или группы счетчиков, опрашивая одновременно в параллельном режиме до 8 линий последовательной связи. Скорость обмена по интерфейсу "токовая петля" и RS-232 — 300, 1200, 2400, 4800, 9600

IBM PC-совместимые контроллеры нижнего уровня при помощи локальной вычислительной сети (ЛВС) присоединяются к компьютеру верхнего уровня. Для поддержки связи по ЛВС используется любое ПО, поддерживающее протокол NetBIOS: Lantastic, NWLite, сетевые компоненты Windows 3.11 и т.д.

Вспомогательное программное обеспечение контроллера передает информацию от счетчиков к компьютеру верхнего уровня. В компьютере, работающем под управлением Windows NT, возможно в автоматическом режиме выполнение различных задач, таких как: отображение и хранение принимаемой информации, управление базами данных, контроль технологических процессов, поддержка единого астрономического времени во всей системе, отслеживание внештатных или запланированных событий в системе [4.15].

**6. Энергетические балансы**

Энергетический баланс выражает полное количественное соответствие (равенство) за определенный интервал времени между расходом и приходом энергии в энергетическом хозяйстве. Энергетический баланс является статической характеристикой динамической системы энергетического хозяйства за определенный интервал времени.

Оптимальная структура энергетического баланса является результатом оптимизационного развития энергетического хозяйства. Энергетический баланс может составляться:

а) по энергетическим объектам (электростанции, котельные), отдельным предприятиям, цехам, участкам, энергоустановкам, агрегатам и т.д.;

б) по назначению (силовые процессы, тепловые, электрохимические, освещение, кондиционирование, средства связи и управления и т.д.);

в) по уровню использования (с выделением полезной энергии и потерь);

г) в территориальном разрезе и по отраслям народного хозяйства.

Основой расчета потребности электроэнергии являются балансы расхода и прихода. Отчетные балансы электроэнергии строятся на основе первичного учета по счетчикам. В приходной части должны быть даны все источники поступления энергии на предприятие, в расходной — все направления ее расходования.

Баланс электроэнергии подразделяется на балансы электроэнергии постоянного и переменного тока.

Сводный энергобаланс показывает направление развития энергоснабжения предприятия в количественном и качественном отношениях. Энергобалансы разрабатываются на основе производственной программы предприятия и удельных норм расхода энергии на единицу продукции [4.7].

Расходная часть энергобаланса включает потребность предприятия в энергоресурсах на производственные, хозяйственно-бытовые и непроизводственные нужды. Приходная часть энергобаланса состоит из объемов покрытия потребности предприятия в энергоресурсах за счет как собственных, так и привлекаемых со стороны источников. Энергобаланс должен обеспечивать равенство между расходной к приходной частями [4.6]:

<?р = *Gn,* (4.8)

где *Gp* — потребность предприятия в энергоресурсах, усл. ед.;

(?„ — объем покрытия потребности предприятия в энергоресурсах, усл. ед.

Если потребность в электроэнергии больше, чем возможности источников их покрытия, то предприятию необходимо пересмотреть расходную часть энергобаланса и разработать мероприятия по снижению потребности и экономному расходованию электроэнергии или искать дополнительные источники покрытия потребности. В случае превышения приходной части энергобаланса над расходной, необходимо разработать мероприятия по реализации излишней энергии или разработать мероприятия по оптимизации мощностей собственных подразделений, входящих в состав энергетического хозяйства предприятия.

Потребность предприятия в электроэнергии [4.6]:

Gp = *Gnp + Gx6 + GH + GCT + Gm,* (4.9)

где <jnp - производственная потребность в электроэнергии, усл. ед.;

GX6 - потребность в электроэнергии на хозяйственно-бытовые нужды, усл. ед.;

*GH -* потребность в электроэнергии на непроизводственные нужды, усл. ед.;

GCT - отпуск электроэнергии на сторону, усл. ед.;

*Gm* - потери электроэнергии в сетях, усл. ед.

Потребность в электроэнергии устанавливается на основе норм расхода и соответствующих объемных показателей.

Производственная потребность предприятия в электроэнергии включает потребность в двигательной энергии, в энергии на технологические нужды, на хозяйственно-бытовые нужды.

Потребность электроэнергии для освещения рассчитывается исходя из освещаемой площади, нормы освещения и количества часов освещения. Во многих случаях потребность в электроэнергии для освещения определяется по количеству установленных светильников, их мощности и планируемому количеству часов освещения.

**7. Определение объема энергосбережения для действующей технологии**

Высокая себестоимость выпускаемой продукции в значительной степени обусловлена затратами на электроэнергию. Рыночные условия заставляют предприятия переходить к энергосбережению и нормированию электропотребления. Под *энергосбережением* в промышленности понимается применение технологии с рациональным расходованием электроэнергии и снижением потерь. Если предприятие не знает реальных графиков нагрузки своих подразделений, не может достоверно оценить, кто, когда, сколько и на что расходует электроэнергию, оно вынуждено завышать заявленное значение максимума нагрузки, что приводит к значительной переплате за установленную мощность.

Энергетические потери разделяются на потери неустранимые (или потери, устранение которых экономически неоправданно) и потери, устранение которых в данных технических условиях возможно и экономически целесообразно.

Потери электроэнергии, устранение которых возможно и экономически целесообразно, можно разделить на:

а) потери, вызванные неудовлетворительной эксплуатацией оборудования и инженерных сетей;

б) потери, вызванные конструктивными недостатками оборудования, не правильным выбором технологического режима работы, отставанием развития инженерных сетей и т.д. [4.3].

Для каждого агрегата или технологической линии, электропотребление которых фиксируется по счетчикам, удельные расходы на единицу продукции могут быть рассчитаны за каждые сутки (или технологическую операцию) и за год (месяц, квартал). Эти показатели имеют гауссово распределение, которое характеризуется средним значением и областью определенного разброса, называемой областью технологически нормальной работы [4,12]. Выход параметра из области технологически нормальной работы должен фиксироваться, технологу следует проанализировать причины отклонения и найти пути его устранения. Чем лучше работает агрегат, тем меньше среднее значение удельного расхода, однако его снижение имеет предел, обусловленный возможностями технологии.

Одинаковые удельные расходы для различного оборудования не могут быть жестко заданы даже на одном предприятии, поскольку работа агрегата зависит от многих факторов. Тем более не может быть одинаковых удельных расходов у однотипных технологических линий и агрегатов, но работающих на разных предприятиях, т.е. в различных сложившихся техноценозах. Под термином *техноценоз* подразумевается сложная техническая система - современное промышленное предприятие. Исследование ценозов как целостности предполагает их системное описание иерархической системой показателей. Структуру ценоза как сообщества элементов-особей отражает описание его элементов по повторяемости. Анализ показателей с целью их применения для практических расчетов опирается на теорию и математический аппарат Н-распределения -гиперболического распределения [4.12]. В каждом техноценозе агрегат работает в разных условиях по технологии, сырью, обслуживанию, воздействию окружающей среды. Результаты энергосбережения можно оценивать, только имея в виду индивидуальность каждого производства. *Ценологическое* влияние -это влияние конкурирующих между собой предприятий за ограниченный ресурс электроэнергии.

Таким образом, невозможно пронормировать расходы электроэнергии для всех режимов и всех видов продукции, нельзя считать их постоянными, на несколько лет вперед. Поэтому нереально опираться на них при определении экономии электроэнергии по цехам и прогнозировании параметров электрояо-требления предприятия в целом. Здесь необходим более обобщенный показатель, связывающий потребление электроэнергии с выпуском продукции. Таким показателем может являться электроемкость продукции, предложенная в работе [4.12].

*Электроемкость* базового вида продукции рассчитывается как отношение годового электропотребления предприятия к объему ее выпуска. Размерность данного показателя — кВт-ч/т или кВт-ч на единицу продукции, что совпадает с размерностью удельного расхода, но эти величины имеют разный физический смысл.

*Удельный расход* — это количество электроэнергии, затраченное на производство единицы данного технологического продукта. Например, для металлургического предприятия за единицу продукции может быть принята I т проката. Электроемкость же проката учитывает расход электроэнергии не только непосредственно на производство проката, но и во всех предыдущих переделах данного предприятия (сталь, чугун, железорудное сырье, как используемые затем для получения проката, так и продаваемые другим предприятиям), а также затраты электроэнергии на производство изделий дальнейшего передела, выработку кислорода, сжатого воздуха, тепла, водоснабжение и т.д. Поэтому значение электроемкости в несколько раз превышает значение удельного расхода электроэнергии на соответствующий вид продукции.

Общее годовое электропотребление предприятия с учетом его структуры (затрат электроэнергии на выпуск разных видов продукции и на вспомогательные нужды) можно представить в виде

где *Aj -* расход электроэнергии на производство основных видов продукции;

*Aj -* расход электроэнергии на вспомогательные производства и другие нужды;

*п* — число видов основной продукции;

*т -* число статей расхода на вспомогательные нужды;

*а, -* удельный расход электроэнергии на выпуск /-го вида продукции;

*М,-* объем производства *i-* го вида продукции.

Выбрав один вид продукции как базовый с индексом *i - п,* удельным расходом Дб и объемом производства А/Б и разделив выражение (4.10) на объем производства этого вида продукции, можно получить выражение для определения электроемкости базового вида продукции [4.12]:

*Аъ = Ащ I*МБ = *ав* + £ л\*+ *£а/М&* (4.11)

где *ki* = *Mi I* А/б — коэффициенты вложенности, показывающие, какое количество каждого вида выпускаемой продукции приходится на единицу базовой.

Таким образом, электроемкость базового вида продукции является характеристикой структуры электропотребления предприятия. Причем в этом показателе учитываются не только удельные расходы электроэнергии, но и сложившиеся соотношения между объемами выпускаемой продукции. Коэффициенты вложенности могут рассматриваться как весовые коэффициенты, определяющие значимость конкретного удельного расхода в общей структуре электропотребления. Удельный расход на производство единицы базового вида продукции включается в формулу с весом, равным единице, а вклады других удельных расходов определяются соотношениями между объемами производства по видам продукции. Третье слагаемое в формуле (4.11) представляет собой вклад в электроемкость расхода электроэнергии на вспомогательные нужды предприятия, также отнесенного к единице базовой продукции. Электроемкость, следовательно, характеризует предприятие как сложившуюся систему техноценоза, где существуют определенные взаимосвязи между производственными циклами.

Базовым может быть выбран один из видов основной продукции, в некотором смысле завершающий процесс производства, или вид, на производство которого расходуется значительная доля электроэнергии. Если на предприятии вьтускается один вид продукции, электроемкость совпадает с общезаводским удельным расходом электроэнергии, поскольку в нем учитываются не только затраты на единицу продукции, но и все расходы электроэнергии на вспомогательные процессы, потери в сетях и т.д. Если же выпускается много видов продукции, целесообразно рассчитывать электроемкость по нескольким основным видам и анализировать их совокупность.

Для многономенклатурных производств с большим числом видов выпускаемой продукции в соответствии с теорией Н-распределения достаточно рассматривать 5 - 10 % общего числа видов. Они должны быть выбраны таким образом, чтобы на их производство затрачивалось не менее 60 *%* общего электропотребления предприятия.

Годовое электропотребление многономенклатурных производств существенно зависит от изменений объемов вьшускаемой продукции, которые в свою очередь отражают состояние конъюнктуры рынка на данный момент времени.

Если для каждого вида продукции многономенклатурного производства рассчитать электроемкость как отношение годового электропотребления к объему выпуска этого вида, то в целом по предприятию эти величины подчиняются ранговому распределению. Полученные параметры рангового распределения по годам имеют достаточно стабильную тенденцию к увеличению. Возрастание рангового коэффициента показывает, что на предприятии с годами увеличиваются разнообразие выпускаемой продукции и разница в расходах электроэнергии на выпуск различных видов.

Совокупность кривых рангового распределения представляет собой поверхность. Анализ структурно-топологической динамики (траектории движения особи по кривой рангового распределения) на этой поверхности дает временной ряд электроемкости каждого исследуемого вида продукции, что представляет интерес с точки зрения возможности прогноза параметров электропотребления. Можно сделать вывод о наличии жесткой корреляционной связи между годовым электропотреблением многономенклатурного производства, структурой выпускаемых изделий и видовым разнообразием вьшускаемой продукции [4.12].

Общая формула, выражающая зависимость годового электропотребления от технологически определяющих видов продукции, для многономенклатурных производств записывается следующим образом [4.12]:

*Л* год = МЭВ) - *М2Эв2 +* МзЭй, (4.12)

где *М\* — *М$* - объемы выпуска первого — третьего видов продукции;

Э„1 — Эаз - соответствующие расчетные электроемкости.

В условиях экономической нестабильности промышленности увеличивается вероятность ошибок прогнозирования электропотребления. Применение устойчивых ранговых и Н-распределений структуры электропотребления тех-

ноценозов на основе банков данных дает возможность прогнозировать тенденции развития и параметры электропотребления даже в условиях сильных внешних возмущений (реорганизация предприятий, спад производства и т.п.) [4. 12].

**8. Текущие и перспективные прогнозы электропотребления**

Эффективность АСКУЭ возрастает при возможности выполнения функций прогнозирования электропотребления.

Современные системы учета электроэнергии позволяют осуществлять текущий 3-минутный (5-минутный) и 30-минутный прогноз.

*Текущий прогноз* выполняется следующим образом [4.11 *]:*

по мощности в часы пик контролируется и прогнозируется (рассчитывается) электропотребление (в прогнозе участвуют 3-минутные мощности). Если вероятны нарушения установленного лимита, то корректируется план-график загрузки оборудования для сведения к минимуму вероятности превышения установленного лимита;

по результатам статистического анализа и данным планируемого объема выпуска продукции на очередной расчетный период рассчитываются рекомендуемые лимиты на потребляемую электроэнергию и мощность;

для наглядности выводятся гистограммы с численными значениями и указанными ограничениями;

вся отсортированная: информация передается на хранение в базу данных.

Цель *прогноза на 30-минутном интервале* состоит в определении вероятной мощности в конце 3-минутного интервала по фактическим 3-минутным значениям мощности в его начале. Если прогнозные значения с большой вероятностью и малым отклонением будут совпадать с фактической мощностью в конце 30-минутного интервала, то появится возможность оперативного упреждающего снижения мощности для исключения ее превышений в конце указанного интервала.

Предварительно весь 30-минутный интервал разбивается на десять 3-минутных (или шесть 5-минутных) интервалов. По истечению очередных 3 мин в базу данных записывается значение 3-минутной мощности. Кроме того, задается в часы пик (в течение расчетного периода они обычно не меняются) 30-минутный лимит, за превышение которого возможно применение санкций в виде штрафа.

Если очередной 30-минутный интервал только начался, то прогнозное значение мощности *Р L* на конец очередного (/-го) 30-минутного интервала определяется по формуле [4.11]:

*РС = Р№Ы\* 10,* (4.13)

где 10 - число 3-минутных интервалов на 30-минутном интервале;

*PiQL'1* - мощность в конце (£-1) - го интервала.

После истечения первого 3-минутиого интервала (£-м) 30-минутном интервале (4.11]:

По окончании очередных 3 мин рассчитываются:

максимальное iV,, и минимальное *Pmin* значения 3-минутной мощности на 30-минутном интервале;

отклонения прогнозного значения от *Ртах* и *Pmi№*

После каждого очередного 30-минутного интервала вычисляется вероятность прогноза скользящим методом, например, по 10 — 20 30-минутным интервалам. Вероятность оценивается как отношение числа удачных к общему числу прогнозов (прошедших 30-минутных интервалов). Удачным может считаться прогноз мощности, значение которой после окончания очередного 30-минутного интервала отклонилось от фактической мощности менее чем на 5 *%.*

*Перспективный прогноз* осуществляется на расчетный период. Для повышения достоверности перспективного прогноза необходимо увязывать электропотребление с плановым объемом выпускаемой продукции на интервале прогноза и нормами потребления электроэнергии.

В начале расчетного периода за основу берутся сведения согласно договору предприятия с энергоснабжающей организацией. Договорное значение (ограничение, лимит) потребляемой электроэнергии распределяется по суткам текущего расчетного периода. В базу данных вводится график работы, составленный с учетом рабочих, ремонтных и выходных дней на текущий расчетный период. Фактические средние значения потребленной электроэнергии по рабочим дням (возможно с привязкой к объему выпущенной продукции) умножаются на число рабочих дней. При этом учитывается среднее электропотребление в рабочие, выходные и ремонтные сутки. Если фактическое потребление отличается в 1,5 — 2 раза от планируемого на эти сутки, то график работы в текущем расчетном периоде корректируется.

Вероятное отклонение от установленного лимита на конец расчетного периода определяется в следующей последовательности:

рассчитывается вероятное электропотребление на оставшийся период с учетом средних значений потребления в рабочие, ремонтные и выходные сутки;

фиксируется фактическое суммарное потребление электроэнергии с начала расчетного периода по текущие сутки:

суммируется вероятное потребление на оставшийся период (прогнозное значение) с фактическим суммарным потреблением электроэнергии с начала расчетного периода на текущие сутки;

определяется разность между лимитом электропотребления на текущий расчетный период и его прогнозным значением.

Вероятное отклонение от лимита на потребление в конце текущего расчетного периода *AF1* определяется по формуле [4.11]:

*AFL = FPL-FL,* (4.15)

где *FPL -* прогнозное суммарное потребление до конца расчетного периода, *кВт\*ч;*

*FL-* лимит на потребление в текущем расчетном периоде, *кВт* \*ч.

Анализ результатов перспективного прогноза позволяет уточнять лимиты на текущий расчетный период и обеспечивать эффективное электропотребление.

**9. Оценка правильности определения максимума нагрузки. Потребители-регуляторы**

Снижение максимумов (пиков) нагрузки в часы максимума энергосистемы позволяет снизить потери электроэнергии. Регулирование суточных графиков нагрузки может осуществляться несколькими способами. В первую очередь необходимо выравнивать график за счет перевода наиболее энергоемкого оборудования, работающего периодически, с часов максимума на другие часы суток. Таким оборудованием могут считаться, например, отдельные виды крупных станков, сварочные машины, компрессоры, насосы артезианских скважин, испытательные и зарядные станции, холодильные установки, мельницы, установки токов высокой частоты, отдельные виды элекротермического оборудования, пилорамы и др. С этой же целью целесообразно в часы максимумов нагрузок энергосистемы провести на предприятиях текущие и профилактические ремонты технологического и энергетического оборудования, упорядочить работу вспомогательных цехов для снижения их электрических нагрузок в указанные часы, установить твердый график работы вентиляционных установок и т.д. При выполнении мероприятий по отключению в часы максимумов соответствующего оборудования следует учитывать влияние выключения данного оборудования на другие производственные процессы и на работу предприятия в целом.

Снижение нагрузки может достигаться путем рассредоточения по времени пусков крупных электроприемников, создания запасов полуфабриката за счет интенсификации их производства вне часов максимума.

К мероприятиям по выравниванию суточных графиков относятся также смещение времени начала и окончания различных смен с целью совмещения с часами максимума нагрузки межсменных и обеденных перерывов на предприятиях; введением третьей (ночной) смены для энергоемкого оборудования; введение разных выходных дней для предприятий. Мероприятия по изменению режима работы связаны с изменением условий труда работников предприятий, поэтому их осуществление может быть допущено только в крайних случаях.

На присоединенную мощность влияют максимумы (пики) нагрузки, образующиеся при неравномерном потреблении. Выравнивание нагрузки позволяет снизить присоединенную мощность.

Чтобы определить максимальную (пиковую) технологическую нагрузку, строят плановый график потребления, учитывая данные отчетного года, планируемый режим работы оборудования, сменности и возможности сокращения расхода энергии.

Расчет энергии на двигательные цели производится отдельно для крупных и мелких электродвигателей, которые объединяют в группы по принципу одинакового режима работы.

Для крупных электродвигателей строятся плановые графики нагрузки на основании данных о режиме работы и отчетных данных. Из графиков можно определить требуемое количество электроэнергии.

Мелкие двигатели по характеру работы разбиваются на однородные группы. Для каждой группы находится мощность присоединенная, т.е. сумма мощностей, взятых по паспорту с учетом потерь в двигателях.

Данные в паспорте должны быть точными, так как изношенное оборудование потребляет энергии на 30 - 35 % больше, чем обкатанная новая машина, а у новой необкатанной машины расход энергии повышен примерно на 10% против нормы.

В результате анализа и расчетов получаются все необходимые данные о величине присоединенной мощности. Для завершения расчетов необходимо иметь полученные из отчетных графиков и скорректированные коэффициенты спроса и нагрузки.

В зависимости от полноты информации о нагрузках элементов сети за расчетный период, для расчетов нагрузочных потерь могут использоваться следующие методы [4.2]:

1 Методы поэлементных расчетов, использующие формулу

***к* Т/4/**

А»; «ЗД\* £\*,£(/• (4.16)

где *к* - число элементов сети;

*1ц* - токовая нагрузка *i-* го элемента сопротивлением *Ri* в момент времени/, *6t* - периодичность опроса датчиков, фиксирующих токовые нагрузки элементов.

2 Методы характерных режимов, использующие формулу

*bW^ihPitt,* (4.17)

где АР, - нагрузочные потери мощности в сети в j'-m режиме продолжительностью *t,* часов;

и - число режимов.

3 Методы характерных суток, использующие формулу

Д», (4.18)

где *т -* число характерных суток, потери электроэнергии за каждые из которых, рассчитанные по известным графикам нагрузки в узлах сети, составляют

Дж - эквивалентная продолжительность в году «-го характерного графика (число суток).

4 Методы числа часов наибольших потерь т, использующие формулу

АГн = ЛРл<пг, (4.19)

где ДРшю - потери мощности в режиме максимальной нагрузки сети.

5 Методы средних нагрузок, использующие формулу

где ДРер - потери мощности в сети при средних нагрузках узлов (или сети в целом) за время *Т;*

Аф - коэффициент формы графика мощности или тока.

6 Статические методы, использующие регрессионные зависимости потерь электроэнергии от обобщенных характеристик схем и режимов электрических сетей.

Выравнивание графика нагрузки сети осуществляется с помощью применения к потребителям стимулирующих мер, обеспечивающих перенос части нагрузки на ночные часы. Снижение потерь электроэнергии в сети определяют по формуле [4.2]

где индексами 1 и 2 обозначены коэффициенты формы графика до выравнивания и после него;

*AW№ -* нагрузочные потери в сети при коэффициенте формы *кц.*

Одним го путей снижения пиков нагрузки является использование на промышленных предприятиях *потребителей-регуляторов,* т. е. такого электротехнологического оборудования, которое может работать в режиме регулирования в соответствии с потребностями энергосистемы. При этом получаемая в энергосистеме экономия средств может превышать дополнительные затраты потребителя-регулятора.

Оптимизация режимов сети по напряжению, мощности и частоте используется в распределительных сетях с учетом специфики их работы. Как известно, в центрах питания (ЦП) сетей 6-10и35кВ широко используется регулирование напряжения. Основной задачей регулирования напряжения в ЦП является обеспечение допустимых отклонений напряжения электроприемников, присоединенных к сетям 6 - 10 кВ и ниже. При этом, как правило, удается одновременно снизить и потери электроэнергии в сетях. Возможности такого снижения увеличиваются при наличии в ЦП всех сетей 6 — 10 кВ трансформаторов с РПН.

В распределительных сетях повышение уровня напряжения приводит не только к уменьшению потерь мощности, но и к росту потребляемой мощности нагрузок в соответствии с их статическими характеристиками по напряжению. Поэтому для определения целесообразности повышения уровня напряжения в распределительных сетях надо анализировать его влияние на изменения потерь мощности в сети и потребление нагрузок. Кроме того, надо учитывать и ущерб потребителей от низкого качества напряжения.

К трехфазным сетям 0,4 кВ подключается большое количество однофазных электроприемников, присоединяемых к одной фазе я нулевому проводу. Их подключение производится по возможности равномерно между фазами, однако токи фаз /А, /в я /с оказываются в той ила иной степени неодинаковыми.

Различают вероятностную несимметрию, имеющую перемежающийся характер с большей загрузкой то одной, то другой фазы, и систематическую несимметрию, при которой неодинаковы средние значения нагрузок. Первый вид несимметрии может быть устранен лишь специальными устройствами с тири-сторным управлением, переключающими часть нагрузок с перегруженной на недогруженную фазу. Систематическая несимметрия может быть снижена путем периодического (i - 2 раза в год) перераспределения нагрузок между фазами.

**Список литературы**

Ахметов P.P., Кабанов Н.Д., Сатов В.Д. Сетевой контроллер СИКОН // Приборы и системы управления. — 1995 - № 5.

М.Г. Баширов, Э.М. Баширова, Н.К. Буланкин Экономика электропотребления в промышленности , Уфа 2004г.