МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт химии и энергетики

Кафедра «Электроснабжение и электротехника»

13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

Энергосбережение и энергоэффективность

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ)

на тему «Разработка мероприятий по минимизации потерь электроэнергии на предприятии ТОО «BARON» г. Алма–Ата»

Обучающийся _____ _____

Руководитель к.т.н., О. В. Самолина

Консультант _____

Тольятти 2022

Оглавление

Введение.....3
Глава 1 Характеристика предприятия и системы электроснабжения.....5
1.1 Краткая характеристика предприятия и его структурных подразделений.....5
1.2 Описание системы электроснабжения предприятия.....7
1.3 Описание систем автоматизации и управления предприятия.....13
Глава 2 Анализ литературных источников по исследуемой проблеме.....17
2.1 Основные факторы, приводящие к потерям электроэнергии.....17
2.2 Структура потерь электроэнергии.....23
2.3 Методы и мероприятия по минимизации потерь электроэнергии…30
Глава 3 Разработка мероприятий по минимизации потерь электроэнергии в системе электроснабжения предприятия.....37
3.1 Выбор и описание мероприятий по минимизации потерь электроэнергии в системе электроснабжения предприятия.....37
3.2 Разработка плана по реализации указанных мероприятий минимизации потерь электроэнергии в системе электроснабжения предприятия.....37
Глава 4 Разработка усовершенствованной методики прогнозирования энергопотребления аскуэ с целью минимизации потерь электроэнергии.....41
4.1 Разработка усовершенствованной методики прогнозирования энергопотребления АСКУЭ.....41
4.2 Программная реализация нейросетевой модели прогнозирования энергопотребления АСКУЭ.....47
4.3 Экономическое обоснование внедрения АСКУЭ на предприятии. .56
Глава 5 Реконструкция питающих кабельных линий 0,38 кВ с целью минимизации потерь электроэнергии.....59
5.1 Обоснование реконструкции питающих кабельных линий 0,38 кВ в электрической сети предприятия.....59
5.2 Определение потерь электроэнергии в кабельных линиях до реконструкции и после её проведения.....61
5.3 Определение экономической эффективности реконструкции питающих кабельных линий 0,38 кВ в электрической сети предприятия 68
Заключение.....71
Список используемой литературы и используемых источников.....73

Введение

Критерий энергоэффективности и потерь в электрической сети является важным показателем состояния самой системы учета электроэнергии и эффективности работы энергосбытовых организаций, специализирующихся на поставках электроэнергии. По каждому вводу этот показатель говорит о текущем количестве нерешенных вопросов, которые необходимо решить для строительства, модернизации и реконструкции электросети. Также следует отметить необходимость принятия решений в том, чтобы повысить эффективность, с которой собираются финансовые средства в результате пользования энергией, поставленной для потребителей и так далее.

Для действительных потерь электрической энергии характерно выступать в качестве разницы между количеством электроэнергии, поступившей в сеть от других коммунальных организаций, и количеством электроэнергии, потребленной непосредственно принимающими объектами, подключенными к сети, и переданной другим организациям.

На данный момент отсутствуют документы, которые определяют правило по установлению в сетях электроэнергии баланса энергии и режима расчёта непосредственно его составных элементов. Необходимость разрешения задач состоит в том, что компания, которая передаёт электрическую энергию, должна возместить действительные потери энергии по своим сетям распределения. В процессе расчёта тарифа на осуществление оплаты услуг передачи энергии электричества по сетям компаний (снабжающих энергией) включен размер потерь электроэнергии в технологическом плане, являющихся нормативными.

Фактические потери электроэнергии в большинстве сетевых компаний превышают потери непосредственно технологического характера. Поэтому организации, занимаясь оплатой фактических потерь электроэнергии и

получая компенсацию в размере стоимости потерь (в технологическом выражении) электроэнергии, переносят потери в финансовое выражение.

Цель работы – снижение потерь электрической энергии на производственном предприятии ТОО «BARON» г. Алма-Ата.

Задачи исследования:

- разработать усовершенствованную методику прогнозирования энергопотребления АСКУЭ;
- осуществить программную реализацию нейросетевой модели прогнозирования энергопотребления АСКУЭ;
- экономически обосновать внедрение АСКУЭ на исследуемом предприятии.

Глава 1 Характеристика предприятия и системы электроснабжения

1.1 Краткая характеристика предприятия и его структурных подразделений

Кампания Baron Foods Limited представляет собой динамичную и уважаемую кампанию, производящую продукцию в 3-х Карибских странах из экологически чистых продуктов. В настоящее время Кампания производит 165 видов продукций, сертифицированных в соответствии с FSSC 22000. Линейка товаров Baron Foods Limited включает в себя экзотические и гурманные соусы, кетчупы, специи, пищевые добавки, майонез низкой жирности, подливы для салата, различные коктейли и др.

С момента основания в ноябре 1991 Baron Foods Limited проводит политику мирового лидерства в удовлетворении клиентов новаторскими продуктами. Цель Кампании – оставаться мировым лидером в данной индустрии и предлагать продукты высокого качества Карибского стиля, а также постоянно фокусироваться на желаниях потребителей [31].

Сама компания так характеризует свою миссию следующим образом: «В нашем постоянном стремлении к совершенству, в Baron Foods Limited разрабатывают новые продукты карибского стиля, которые отличаются высоким качеством и замечательной презентабельностью. Поддерживаемые постоянной мотивацией и высоко квалифицированным персоналом, мы оптимистично смотрим в будущее и стремимся предложить политику создания доступной и прекрасной продукции для полного удовлетворения наших клиентов».

На производстве кампании задействовано более 200 человек. Основные заводы расположены в Сент-Люсии, Гренаде и Тринидаде и Тобаго. Отличительной особенностью производственных предприятий в Гренаде, Тринидаде и Тобаго является агропереработка. Следует отметить, что

кампания не ограничила свой охват странами, в которых находятся его основные производственные мощности, а построила обширную сеть, которая облегчает экспорт в США, Канаду, Европу, Гайаны, страны Карибского бассейна и другие страны.

Baron Foods Limited также удовлетворяет потребности рынков контрактной упаковки и частных торговых марок.

Еще одна особенностью Baron Foods Limited является ее связь с секторами сельского хозяйства и туризма. Baron Foods Limited укрепил связи с местными фермерами для получения необходимого для производства продукции сырья, тем самым стимулируя рост местного сельского хозяйства.

Предвидя, что безопасность пищевых продуктов может стать препятствием для выхода на рынок, особенно на европейских рынках, кампания Baron Foods Limited стремилась обеспечить достижение наивысшего уровня сертификации, совершенствуя системы контроля качества.

Кроме того, Baron Foods Limited установила прочные партнерские отношения с ключевыми партнерами в местной и международной индустрии туризма. Эти партнеры продают продукты в подарочных упаковках или как эксклюзивные продукты [31].

Компания имеет импортера и дистрибьютора в России: ООО «ТехПромКонтракт».

Компания ТОО «BARON» занимается производством продуктов питания: замороженные полуфабрикаты (пельмени, вареники, манты и т. п.), мясо, колбасы и мясные деликатесы. Компания следующим образом выражает свою задачу – помочь сэкономить время на кухне, предлагая качественный продукт по доступной цене. Они постоянно совершенствуют технологию производства на базе машиностроительного подразделения, а мясо выращивают на собственной ферме.

В компании работает молодой, энергичный и целеустремленный штат высококвалифицированного, квалифицированного и опытного персонала, чья

миссия состоит в том, чтобы удовлетворять постоянно меняющиеся вкусы как местного, так и международного рынка. Сотрудники имеют бесплатное питание и сменную рабочую униформу, маршрутный автобус для развозки по домам и льготы при покупке продуктов компании.

ТОО «BARON» также стремится к производству мирового класса согласно международным стандартам. Для этого ТОО «BARON» критически и постоянно анализирует и улучшает свои стандарты производительности в своем стремлении к совершенству, а также опирается на различные инновации, в том числе и касаемо производственных процессов и систем обеспечения предприятия.

1.2 Описание системы электроснабжения предприятия

Функционирование нынешних производственных учреждений тесно взаимосвязано с дальнейшим потреблением электроэнергии, которая непосредственно вырабатывается соответственно станциями электроэнергии.

Система передачи и распределения электроэнергии состоит из нескольких ключевых компонентов: повышающих трансформаторов, линий электропередач, подстанций, первичных линий распределения напряжения, линейных или понижающих трансформаторов и вторичных линии, которые соединяются с конечными потребителями – отдельными домами и предприятиями [34].

Электростанция представляет собой производственное учреждение, которое вырабатывает энергию и обеспечивает отправку потребителям по электросети. Установка электричества, использующаяся для трансформации и разделения электроэнергии, именуется непосредственно подстанцией электроэнергии.

Электрическая установка, передающая энергию, – это линия электропередачи (ЛЭП). Электросеть – совокупность линий электропередач (как воздушных, так и кабельных), а также промежуточных станций,

функционирующих непосредственно на той или иной местности. Сочетание электрических станций, коммуникаций и потребителей энергии, которые связаны непосредственно с различными производственными процессами, а также с передачей и использованием электрической энергии, именуются энергосистемой. На конкретных электрических станциях осуществляется выработка разной энергии электрической, тепловой, это необходимо непосредственно для производства пищевого типа [4].

Упрощенная схема системы передачи и распределения электроэнергии показана на рисунке 1.

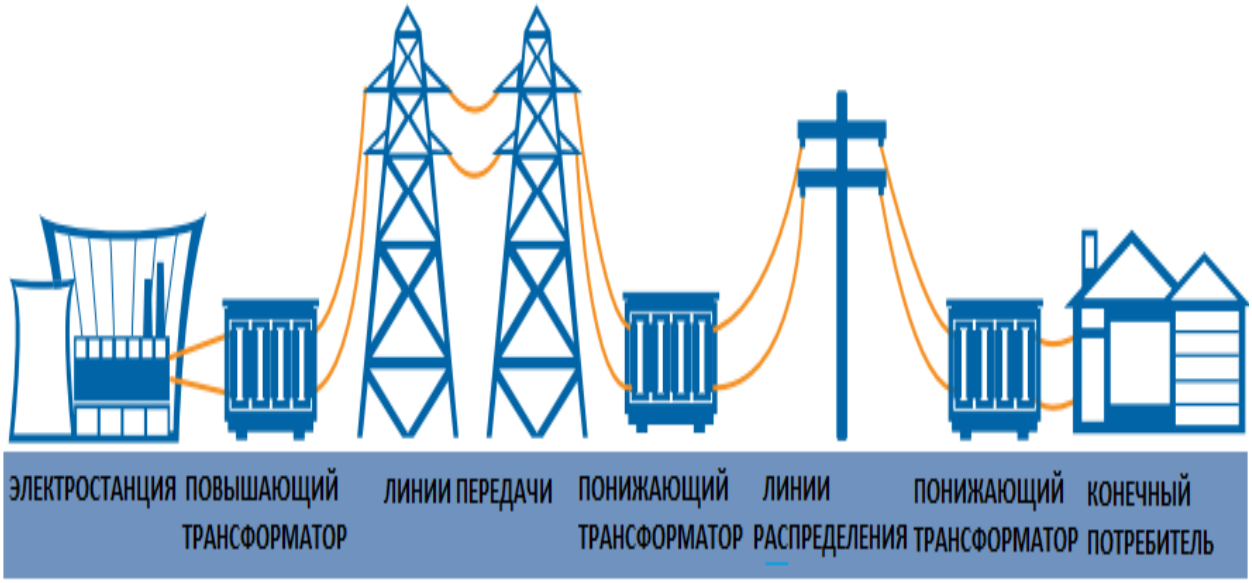


Рисунок 1 – Упрощенная схема системы передачи и распределения электроэнергии

Повышающие трансформаторы являют собой трансформаторы, расположенные на генерирующих объектах, которые преобразуют мощность, вырабатываемую генерирующими установками, в напряжения, подходящие для линий электропередач. Обычно рассчитаны на генераторные установки с умеренными потерями при нормальных рабочих уровнях. Однако, если они несут большую мощность, чем их первоначальная предполагаемая мощность, потери резко возрастают.

Линии электропередач доставляют энергию от генераторов на территорию обслуживания. Хотя сами проводники имеют низкое сопротивление, длина линий и сечение проводников влияют на потери.

Многие предприятия имеют в своих системах промежуточную ступень, при которой мощность берется с «распределительных станций», которые получают электроэнергию высокого напряжения и передают ее на несколько распределительных подстанций.

Трансформаторы подстанции берут энергию из системы передачи и преобразуют ее в напряжение распределения.

Регуляторы напряжения представляют собой трансформаторы с несколькими ответвлениями, установленными вдоль распределительных цепей для повышения или понижения напряжения в различных точках. Они позволяют принимать более высокие уровни распределенных ресурсов в цепь.

Первичные распределительные линии соединяют подстанции с цепями, которые обеспечивают электроэнергией целые кварталы. Чем выше напряжение, тем меньше ток и, следовательно, меньше резистивные потери на этих линиях. Однако для более высоких напряжений требуются более высокие опоры (или более дорогая технология подземных работ), поэтому существует компромисс между стоимостью и эффективностью.

Линейные трансформаторы являют собой небольшие цилиндры и преобразуют первичную мощность распределения напряжения в напряжения, которые мы используем в наших домах и на предприятиях

Вторичные распределительные линии соединяют линейные трансформаторы с отдельными домами и предприятиями. Обычно они очень короткие, отчасти потому, что при этих более низких напряжениях сила тока, необходимая для передачи энергии, значительна, что требует более крупных (и, следовательно, более дорогих) проводников [35].

К ТОО «BARON» имеют отношение инструменты разного типа, в частности, механические, тепловые, а также технические, и

вспомогательные. Главные виды электрооборудования пищевого производства – это непосредственно оборудование изготовления изделия макаронные и также кондитерские, а также линии жестяно–баночного типа, пива и напитков, оборудование для производства сахара, расфасовочно–упаковочные машины и тому подобное.

Важное значение в пищевом производстве занимает оборудование для осуществления функции переработки. В данное оборудование входят устройства, предназначенные для переработки различных пищевых продуктов. Посредством электрооборудования выполняются, непосредственно на пищевом производстве, следующее виды переработки сырья:

- холодная, к которой имеют отношение формовка, а также осуществление функции мойки, нарезки и измельчения, а также перемешивания и очищения;
- тепловая, к которой имеют отношение разные функции, в частности, это варка и жарка (данные функции выполняются непосредственно котлами для варки пищевых продуктов, устройствами для приготовления кофе, приборами для кипячения воды, наглухо закрытыми сосудами для нагревания (под давлением выше атмосферного), вакуум–аппаратами и тому подобное).

Подача электрической энергии самим приемникам должна осуществляться в нужном количестве, высокого качества и без остановок любой системой электрического снабжения. При 50 Гц происходит получение питания электрической энергией, непосредственно от трехфазных коммуникаций, производственными пищевыми объектами, не нуждающимися в водяном паре (в большом количестве) или в горячей воде.

Процесс снабжения производства электричеством зависит непосредственно от удаленности и особенностей энергетического источника, а также от локальных условий, запросов, категории, нахождения и от того, какова мощность приемников.

Система снабжения электричеством пищевого производственного учреждения включает в себя разные системы:

- внутреннего снабжения электричеством;
- внешнего снабжения электричеством.

Как минимум устройства электротехнического типа, а также, как максимум, подстанции производства пищевого типа входят непосредственно в систему внешнего снабжения электрической энергией пищевого производственного учреждения.

Подача энергии осуществляется при шести или двадцати двух киловольтах на эти подстанции, какое–либо значение из этих напряжений избирается с учётом производственной мощности, местонахождения (удаления) от энергосетей, конечных итогов раскатом технического и экономического типа

Состав внутреннего электрического снабжения производственного процесса включает в себя компоненты распределения энергии на местности производства при таком напряжении, которое зависит от того, какие у производственного учреждения значения протяженности и мощности.

Снабжение электричеством производственных учреждений пищевого типа, мощностью меньше ста киловатт выполняется непосредственно от соответствующей промежуточной станции понизительного типа общей сферы применения, с учётом её местоположения не больше, чем двести метров от производственного учреждения.

Данная станция обеспечивает энергией соответствующие пункты распределения. Помимо этого, данная станция также обеспечивает в одно и то же время электроэнергией прочие производственные учреждения при таком же напряжении электротока.

Если промежуточная станция понижающего типа расположена непосредственно от самого объекта более, чем на двести метров и под высокой мощности, то система снабжения электроэнергией является

нерациональной, так как повышаются потери непосредственно на кабели вторичного напряжения и утраты энергии в данных соединениях.

По этой причине энергия ведётся непосредственно на пространство производственного учреждения под напряжением шесть или десять киловольт к собственной промежуточной станции, от неё подаётся вторичное напряжение, равное 0,4000 кВ к пунктам приемников распределения [21].

При снабжении энергией пищевых производственных учреждений, состоящих непосредственно из трёх и более зданий, находящихся на большом удалении между собой, применяется как минимум 3 промежуточные станции понизительного типа, расположенных непосредственно в корпусах отдельного типа.

Посредством глубокого введения первичного напряжения, равного шесть (как минимум) или десять (как максимум) киловольт данные промежуточные станции питаются – это обеспечивает уменьшение потерь непосредственно разноцветных металлов, а также сокращение энергетических потерь непосредственно в соответствующих коммуникациях двоичного напряжения тока.

Понизительные промежуточные станции получают питание непосредственно от основной распределительной промежуточной станции или основной понизительной.

Следует отметить, что данные станции располагаются непосредственно в пространстве пищевого производственного учреждения.

Для увеличения степени надёжности системы электрического снабжения производства пищевого типа используются соответственно кабельные коммуникации, непосредственно между промежуточными станциями трансформаторного типа, тем самым предоставляя возможность при возникновении внештатных обстоятельств обеспечить ответственные приемники на временной промежуток, необходимый для ликвидации указанных обстоятельств.

1.3 Описание систем автоматизации и управления предприятия

Автоматизация управления предприятием осуществляется с помощью специальных автоматизированных систем, внедренных в каждый процесс производственного цикла.

АСУ ТП отличаются различными функциями и характеристиками, за счёт которых обеспечивается высокий уровень безопасности и стабильность работы производственного учреждения. Эти системы обеспечивают эффективное решение разных функций:

- контролирование массы и очень точное дозирование материала в авторежиме;
- сильное уменьшение трудоемкости продуктов, которые выпускаются;
- получение в актуальном режиме важных данных технических и экономических;
- обеспечение эффективных тратах необходимого сырья и также непосредственно самих изделий, нуждающихся в окончательной отработке;
- обеспечение поддержки конкретного режима на производственных учреждениях промышленности, которая является пищевой;
- выполнение внутреннего мониторинга надёжности непосредственно на каждой стадии производственного процесса;
- уменьшение до минимума временных остановок работы (технологических) оборудования;
- улучшения качества приемки материала, использующегося для последующей промышленной обработки;
- уменьшение количества продуктов в браком;
- снижение потерь сырья;
- увеличение надёжности полностью готовых продуктов питания;

- сделанное в нужный момент оповещение об опасности появления ситуации, которая является внештатной.

Использование новейшего программного обеспечения (ПО) обеспечивает возможность использовать множество сродных действий без необходимости дальнейшего найма сотрудников. Это даёт возможность снизить величину различных проблем, которые возникают по причине каких–либо неверных действий со стороны человека (сотрудника). Посредством автоматизации производства пищевых продуктов обеспечивается надёжный мониторинг любого процесса технологического характера, а также менеджмент финансов. Кроме того, важно выделить тот факт, что есть такие положительные качества системы, как, например, оперативность менеджмента, достоверность данных и отображение данных технологического характера в том формате, который является приемлемым и комфортным для специалиста–оператора.

Установку АЛ технологического типа и предполагает автоматизация производств пищевых продуктов. Также автоматизация подразумевает использование мониторинговых сиестам и программных инструментов, а также реализацию АРМ с последующим наущением сотрудников. Данная система обеспечивается с дальнейшим увеличением и усилением мощностей промышленного производства.

Некоторые компании, занимающиеся производством пищевых продуктов, признают, что им нужна улучшенная глобальная инфраструктура автоматизации даже на самых автоматизированных предприятиях. Этот шаг требует смены парадигмы в проектировании, выборе и развертывании систем автоматизации процессов, от программного обеспечения автоматизации до аппаратного обеспечения для управления заводом и использования большего количества международных стандартов автоматизации и передового опыта.

Использование АСУ ТП на производстве пищевых прокатов позволяет решить следующие задачи:

- повысить урожайность,

- увеличить производительность,
- снизить рисков безопасности,
- оптимизировать управления ресурсами,
- повысить эффективность использования активов.

Использование АСУ ТП на производстве пищевых прокатов осуществляется в несколько этапов:

- осуществление проверки производства технического типа;
- разработка способов улучшения;
- выбор наилучшего оборудования и также выбор оптимальных автоматизированных инструментов;
- формирование ТЗ с учетом определённых производственных задач промышленности пищевого типа;
- создание проекта и последующая подготовка необходимых документов для АСУ ТП;
- создание шкафов силовых и управленческих;
- поставка и последующая шеф-установка соответствующего оборудования на том или ином объекте;
- ПНР;
- обучение сотрудников работе с соответствующими автоматизационными системами [35].

Таким образом, АСУ ТП позволяет автоматизировать основные технологические операции на производстве в целом или в его части, однако, подчеркивается необходимость вмешательства человека в определенные операции – для поддержания контроля над процессом и решения возникающих проблем.

Выводы по главе 1

Рассмотрена характеристика предприятия ТОО «BARON». Компания ТОО «BARON» занимается производством продуктов питания. Для производства мирового класса согласно международным стандартам ТОО «BARON» анализирует и улучшает не только стандарты

производительности, но и совершенствует производственные процессов и систем обеспечения предприятия путем автоматизации.

Была рассмотрена также система электроснабжения предприятия в общем, и в частности предприятия ТОО «BARON», которая включает в себя различные системы. К ТОО «BARON» имеют отношение инструменты разного типа, в частности, механические, тепловые, а также технические, и вспомогательные. Помимо этого, были описаны системы автоматизации и управления предприятия. Системы автоматизации и управления технологическими процессами позволяют организовать работу предприятия в соответствии со всеми текущими требованиями качества управления производственных процессов в различных секторах экономики.

Глава 2 Анализ литературных источников по исследуемой проблеме

2.1 Основные факторы, приводящие к потерям электроэнергии

Исследование потерь электроэнергии проводится для оптимизации сетевых операторов, учитывающее соблюдение режима сохранения энергии от источника питания до конечных потребителей стремясь, таким образом, разработать стратегии для смягчения этой разницы в энергии между начальным процессом и концом каждого контура системы [34].

Потери электроэнергии являются составной частью любой электрической сети и возникают в результате передачи и распределения энергии. Они составляют значительную часть энергетических потоков [32].

Потери электроэнергии возникают как в линиях передачи, так и в линиях распределения, а также в трансформаторах, основных компонентах системы распределения электроэнергии или «сети». Некоторые потери, называемые «потери в сердечнике» или «потери без нагрузки», связаны с питанием трансформаторов на подстанциях и в распределительной системе. Большую долю подобных потерь называют «резистивными» или «медными» потерями; эти потери отражают сопротивление самих материалов поток электричества. Потери в сердечнике обычно составляют от 25 до 30 % от общих потерь при распределении и не увеличиваются (или не уменьшаются) с изменения нагрузки.

На них в значительной степени влияют характеристики стальных пластин, используемых для изготовления сердечников трансформаторов. Резистивные потери аналогичны потерям на трение в линиях и трансформаторах.

С увеличением нагрузки провода (в том числе и в трансформаторах) нагреваются сильнее, материал становится более резистивным,

увеличиваются потери в линии. По этой причине резистивные потери увеличиваются в геометрической прогрессии вместе с током в линии.

В периоды низкой нагрузки системные потери почти полностью представляют собой потери в сердечнике и могут составлять всего три процента.

Однако в периоды пикового потребления электроэнергии резистивные потери стать доминирующим. В часы максимальной нагрузки средние потери в линии увеличиваются до 10–15 %, но предельные потери в линии (те, которых можно избежать при снижении нагрузки) могут возрасти до 20 % и более.

Эта концепция аналогична автостраде в час пик – даже небольшое уменьшение интенсивности движения может привести к значительному снижению «трения» и улучшить транспортный поток. В пиковые периоды может потребоваться пять работающих электростанций, чтобы обеспечить конечное потребление электроэнергии, обычно вырабатываемой четырьмя.

Следовательно, потери электроэнергии в линии частично зависят и от проектирования и конструкции системы и от работы основных электрических нагрузок, а также и от того, насколько хорошо управляются пиковые нагрузки [29].

Таким образом, потери электроэнергии понимаются как разница между энергией, поступающей в сеть и вытекающей из нее энергии (разница между количеством электроэнергии, поступающей в сеть, и количеством электроэнергии, доставляемой конечным пользователям), отражая степень производительности систем передачи и распределения [32]. Поступления энергии состоят из электричества, которое генерируется и подается в систему передачи (и распределения), изъятие состоит в потреблении клиентами (крупными и мелкими).

Убытки также включают в себя поставленную, но не выставленную на оплату электроэнергию, что напрямую выражается в финансовых потерях и в

значительной степени представляет собой показатель операционной надежности коммунальных предприятий.

Наиболее простой способ классифицировать потери – разделить их на технические и нетехнические. составные части. Первые являются следствием законов физики и снижаются за счет более эффективного оборудования, однако, их нельзя полностью и экономически устранить за счет текущей технологии. Последний компонент состоит из энергии, поставленной, но не измеренной и зависит от социально-экономических условий.

Нетехнические потери могут быть дополнительно разбиты на несколько подкомпонентов, некоторые из которых не считаются частью потерь электроэнергии из-за различных определений. При передаче потери в основном измеряются (или рассчитываются на основе измеряемых переменных), в то время как они часто оцениваются по распределению [30].

Главные первопричины электрических потерь непосредственно – потери нагрузочного типа появляются непосредственно на линии электропередач, оборудовании и также на различных элементах электросетей. Подобные потери зависимы от общей нагрузки. Следует отметить, что данный компонент включает в себя потери непосредственно в линиях электропередач и расход в аппаратах для повышения или понижения электрического тока, а также потери в силовых трансформаторах подстанций.

Следует отметить, что каждый компонент системы передачи и распределения вносит свой вклад в потери электроэнергии, поэтому потери можно избежать на конечном потреблении или счетчиках потребителя, перемещая резервное копирование системы до уровня генерации. Потери в линиях системы передачи обычно включают две (или более) дополнительные ступени преобразования и один (или более) дополнительный набор линий. В зависимости от напряжения и расстояния потери в линии передачи составляют от двух до пяти процентов [34].

Потери непосредственно в линиях электропередач связаны с таким показателем, как сила тока [21]. Принцип повышения в три и более раз применяется во время передачи электрической энергии на дальние расстояния – это обеспечивает пропорциональное уменьшение непосредственно самого тока и уменьшение потерь.

Расход в аппаратах для повышения или понижения электрического тока, имеющего разную природу (магнитную и электрическую), и потери в силовых трансформаторах подстанций являются сильными факторами потери электроэнергии в целом.

Нецелевой расход промежуточных станций, (между основной станцией, линией и сетью) в других компонентах не предполагается в этой категории, из-за сложностей в проведении расчетов и по причине небольших потерь. Для этого вводится такая составляющая.

В категории потерь, являющихся условными и постоянными, относятся такие потери, непосредственно взаимосвязанные с обычным использованием электрического оборудования. К таким потерям относятся:

- функционирование силовых установок вхолостую;
- траты, связанные непосредственно с оборудованием, которое обеспечивает возмещение нагрузки реактивного типа [9].

Если рассматривать остальные расходы по категориями, то их сущность состоит в соответствии с разным устройством, отмечается отсутствие зависимости их параметров в соответствии с нагрузкой.

Примером может послужить силовая изоляция, аппаратов, осуществляющих учет по коммуникациям 0,38 кВ, трансформаторов, которые изменяют ток, специальных приборов, на основании которых отграничивается то, как действует напряжение.

Климатическая компонента. Нецелевые потери могут происходит по причине особенностей климата на той или иной территории, где проходят линии электропередач. В коммуникациях с напряжением 6 кВт (и более) зависит непосредственно такой показатель «силы тока (утечки)»

непосредственно в самих изолирующих элементах. В основных линиях электросети (от ста десяти киловольт) большая часть всех потерь приходится непосредственно на так называемые коронные разряды. Появление данных разрядов связано с высокой влажностью воздушного пространства. Кроме этого в минусовую температуру для наших климатических условий обыденно поведение льда непосредственно на линиях, находящихся под большим напряжением, и на простых линиях электропередач.

Слой льда на линиях электропередач. Принимая во внимание гололёд, важно знать потери электрической энергии от нагревания в процессе топления льда.

Важны также потери, связанные с поддержанием деятельности функционирования промежуточных станций. К этой части имеет отношение потери электроэнергии, связанные с функцией аппаратов вспомогательного типа. Данное оборудование обеспечивает применение главных элементов, которые в свою очередь обеспечивают трансформацию электрической энергии/её распределение. Приборы регистрации учитывают затраты электроэнергии.

Перечень главных потребителей, входящих в эту категорию, следующий:

- вентилирующие и охлаждающие системы оборудования трансформирующего типа;
- система нагревания и вентиляции помещения технологического типа, внутренние приборы освещения;
- освещение местностей, которые прилегают к промежуточным станциям;
- устройство для восполнения заряда АКБ;
- цепи оперативного типа и также мониторинговые и управляющие системы;
- системы отопления оборудования внешнего типа, к примеру, модули для управления специальными выключателями;

- разные типы компрессоров;
- подсобные механизмы;
- оборудование для проведения работ, связанных с ремонтом, аппаратура коммуникации и т.д.

Стоит также отметить наличие и коммерческой составляющей. Структура таки потерь характеризуется сальдо двух затрат – фактических и технических.

Для разности в норме характерно приравнивание к нулевой отметке [22].

Получение такого значения не осуществляется практикой, поскольку отмечается наличие определенных особенностей устройств, которые учитывают потраченную энергию и особенностей, которыми характеризуются электросчетчики, монтированные у пользователя.

К данной компоненте имеют отношение возникшие проблемы непосредственно в самих счетах, которые выставлены потребителю и также хищения электрической энергии. Если рассматривать первый случай, то такое обстоятельство возникает по разным первопричинам:

- соглашение на энергопоставку включает данные о потребителе, которые не являются полными и точными;
- неверно приведён тариф;
- нет мониторинга за приборами регистрации;
- проблемы, которые связаны непосредственно с ранее исправленными счетами и так далее.

Рассматривая хищения, важно отметить, что эта проблема является насущной в любой стране.

Обычно такие антиконституционные способы присущи потребителям-мошенникам. Иногда случаются проблемы с производственными учреждениями. Однако данные обстоятельства случаются редко, не могут быть устанавливающими. Обыкновенно то, что наибольшая часть всех хищений сдувается зимой в районах с нарушениями теплоснабжения.

Существует несколько методов уменьшения показаний регистрационных приборов.

Первый метод – механический. Включает вмешательство в деятельность непосредственно самого прибора, например, это снижение скорости вращения диска посредством непосредственного механического давления, корректировка положения счетчика энергии, посредством его положения под углом в 45°. Редко используется варварский метод: срывают пломбы, разбалансируют механизм. Профессиональный специалист быстро определит вмешательство механического характера.

Второй метод – электронный. Существуют различные варианты – незаконное присоединение к воздушным коммуникациям посредством «наброса», способ капиталовложения фазы нагрузочного тока, применение приборов для компенсации. Также существуют разные варианты с шунтированием цепи токового типа учетного прибора или же переключение двух компонентов – фазы и 0–я.

Третий метод – магнитный. Здесь к корпусной части прибора индукции учета подносят магнит из неодима. Последний влияет на устаревшие счётчики энергии [30].

Практически все новейшие учётные призоры нельзя каким-либо образом «обмануть» указанными выше методами. Кроме того, данные попытки регистрируются, что становится причиной разных неприятных последствий.

2.2 Структура потерь электроэнергии

Потери электроэнергии в электрических сетях являются важнейшим показателем экономичности их работы, наглядным индикатором состояния системы учета электроэнергии, а также эффективности электросетевых организаций [24].

Потери в электрических сетях неизбежны. Правильный их учет важен как для сетевых организаций, так и для потребителей для проведения корректных расчетов. Нормы потерь электрических сетей в зависимости от планируемого потребления регулируются электросетевыми компаниями.

Структура потерь неоднородна – потери электроэнергии можно разделить на технологические потери, потери на собственные нужды организаций и коммерческие потери. Отметим, что непосредственно коммерческие убытки обычно являются предметом споров при возникновении коммерческих отношений между сетевой энергоснабжающей организацией и потребителем [28].

Действительные утраты электроэнергии устанавливают как различие электроэнергии, которая попала в сеть и далее была отпущена потребителям непосредственно из сети. Для детального анализа и нормирования потерь необходимо целесообразно использовать укрупненную структуру потерь электроэнергии (в зависимости от физической природы и специфики методов определения количественных значений) [30]. На основании этого критерия потери разделяют на составные части:

- технические – из-за процессов в проводах и электрооборудовании, происходящими при передаче электроэнергии по электрическим сетям, включают в себя расход электроэнергии на собственные нужды подстанций;
- на собственные нужды сетевых организаций – необходимы для обеспечения эксплуатации технологического оборудования подстанций и жизнь обслуживающего персонала;
- ошибочные – представляют недоучет электроэнергии, обусловленный техническими характеристиками и режимами работы приборов учета электроэнергии на объекте;
- коммерческие – несанкционированный выбор мощности электрической энергии, отсутствие соответствия оплаты за энергию

(непосредственно бытовыми потребителями) данным электросчетчиков, другие причины в области мониторинга энергопотребления [37].

Следует отметить, что технические, ошибочные и потери на собственные нужды из-за технологии производственного процесса передачи электроэнергии по сетям и инструментального учета его поступления, а также подачи выделяют в отдельную категорию технологических потерь [6]. К технологическим потерям должны быть устремлены фактические издержки энергии.

У потерь коммерческого характера не предполагается самостоятельного описания математического типа и поэтому потери не могут быть автономно подсчитаны.

Укрупненная структура потерь приведена на рисунке 2.

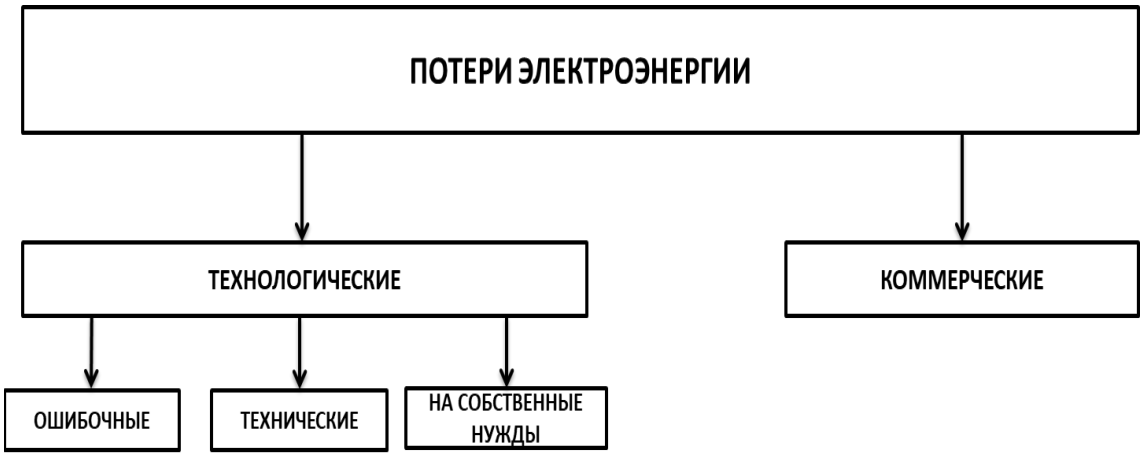


Рисунок 2 – Укрупненная стуктура потерь электроэнергии

Значение потерь устанавливают как несходство непосредственно между действительными утратами и итогом первых двух компонентов, которые предполагают потери технологического характера [25] – разница между фактическими потерями и расчетными технологическими.

Отметим, что каждый структурный компонент имеет свою более подробную структуру, ведь каждую категорию можно разделить на поэлементные составляющие

Подробная структура потерь электроэнергии представлена на рисунке 3.

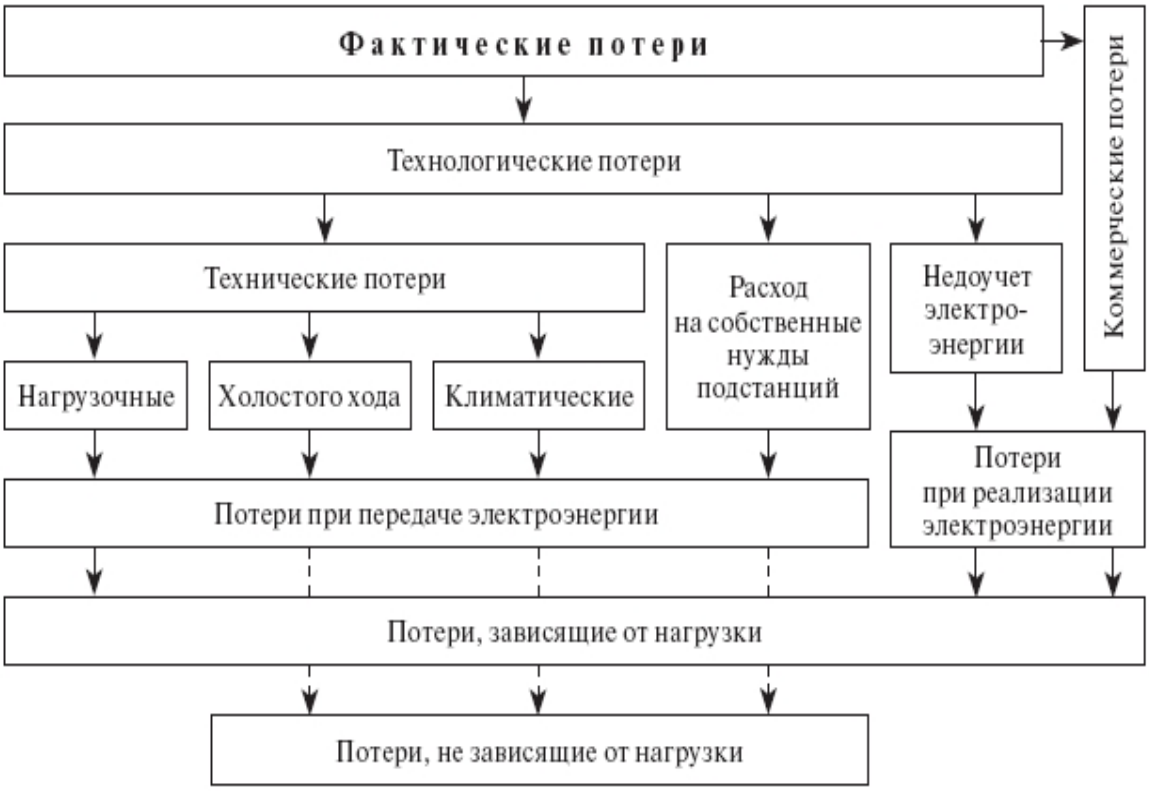


Рисунок 3 – Подробная стуктура потерь электроэнергии

Разобравшись со структурой, перейдем к причинам, вызывающим нецелевой расход в каждой из перечисленных выше категорий. Начнем с составляющих технологического фактора:

а) нагрузочные потери, они возникают в ЛЭП, оборудовании и различных элементах электросетей. Такие расходы напрямую зависят от суммарной нагрузки. В данную составляющую входят:

1) потери в ЛЭП, они напрямую связаны с силой тока. Именно поэтому при передаче электроэнергии на большие расстояния используется принцип повышения в несколько раз, что способствует пропорциональному уменьшению тока, соответственно, и затрат;

2) расход в трансформаторах, имеющий магнитную и электрическую природу [17];

3) нецелевой расход в других элементах не входит в данную категорию, ввиду сложностей таких расчетов и незначительного объема затрат. Для этого предусмотрена следующая составляющая;

б) категория условно-постоянных расходов. В нее входят затраты, связанные со штатной эксплуатацией электрооборудования, к которым относятся:

1) холостая работа силовых установок;

2) затраты в оборудовании, обеспечивающем компенсацию реактивной нагрузки;

3) другие виды затрат в различных устройствах, характеристики которых не зависят от нагрузки. В качестве примера можно привести силовую изоляцию, приборы учета в сетях 0,38 кВ, измерительные трансформаторы тока, ограничители перенапряжения и т.д.;

в) климатическая составляющая. Нецелевой расход электроэнергии может быть связан с климатическими условиями характерными для той местности, где проходят ЛЭП. В сетях 6 кВ и выше от этого зависит величина тока утечки в изоляторах. В магистралях от 110 кВ большая доля затрат приходится на коронные разряды, возникновению которых способствует влажность воздуха. Помимо этого, в холодное время года для нашего климата характерно такое явление, как обледенение на проводах высоковольтных линий, а также обычных ЛЭП [26].

Учитывая последний фактор, следует учитывать затраты электроэнергии на расплавление льда. Расходы на поддержку работы подстанций: к данной категории отнесены затраты электрической энергии на функционирование вспомогательных устройств. Такое оборудование необходимо для нормальной эксплуатации основных узлов, отвечающих за

преобразование электроэнергии и ее распределение. Фиксация затрат осуществляется приборами учета [16].

Приведем список основных потребителей, относящихся к данной категории:

- системы вентиляции и охлаждения трансформаторного оборудования;
- отопление и вентиляция технологического помещения, а также внутренние осветительные приборы;
- освещение прилегающих к подстанциям территорий;
- зарядное оборудование АКБ;
- оперативные цепи и системы контроля и управления;
- системы обогрева наружного оборудования, например, модули управления воздушными выключателями;
- различные виды компрессорного оборудования;
- вспомогательные механизмы;
- оборудование для ремонтных работ, аппаратура связи, а также другие приспособления.

Коммерческая составляющая: под данными затратами подразумевается сальдо между абсолютными (фактическими) и техническими потерями.

К данной составляющей также относятся ошибки в счетах, выставленных потребителю и хищения электроэнергии. В первом случае подобная ситуация может возникнуть по следующим причинам:

- в договоре на поставку электроэнергии указана неполная или некорректная информация о потребителе;
- неправильно указанный тариф;
- отсутствие контроля за данными приборов учета;
- ошибки, связанные с ранее откорректированными счетами и т.д.

Хищениями, как правило, занимаются бытовые потребители. Однако, иногда возникают инциденты и с предприятиями, но такие случаи не являются определяющими. Характерно, что пик хищений приходится на

холодное время года, причем в тех регионах, где имеются проблемы с теплоснабжением.

Понятие норматива потерь: под данным термином подразумевается установка экономически обоснованных критериев нецелевого расхода за конкретный период. При нормировании учитываются все составляющие. Каждая из них тщательно анализируется отдельно.

По итогу, производятся вычисления с учетом фактического (абсолютного) уровня затрат за прошедший период и анализа различных возможностей, позволяющих реализовать выявленные резервы для снижения потерь. Нормативы не статичны, а регулярно пересматриваются. Под абсолютным уровнем затрат в данном случае подразумевается сальдо между переданной электроэнергией и техническими (относительными) потерями. Нормативы технологических потерь определяются путем соответствующих вычислений [27].

Таким образом, экономический показатель статуса сетей электрической энергии – потери энергии в данных сетях. В соответствии с позицией специалистов в энергетической сфере, важно, чтобы относительные утраты электрической энергии, во время ее передачи в электросетях, не были больше четырёх процентов. Самая высокая степень потерь энергии должна быть на значении десяти процентов.

Учитывая степень потерь электрической энергии, можно утверждать, что есть определённая потребность в объёме введения соответствующих мер по сбережению энергии.

Выявленная структура потерь (технологические, ошибочные и коммерческие потери) позволяет анализировать и планировать мероприятия, которые в целом приведут потери рассматриваемого предприятия к нормируемому показателю.

2.3 Методы и мероприятия по минимизации потерь электроэнергии

Как было отмечено ранее, потери электроэнергиии являются важным комплексным показателем, поскольку они составляют значительную долю во всей энергосистеме предприятия.

Потери при передаче и распределении электроэнергии возникают, когда количество произведенной электроэнергии превышает количество электроэнергии, поставленной конечным пользователям. Потери возникают как по техническим причинам, например, из-за слишком длинных распределительных линий или проводников неподходящего размера, так и по нетехническим причинам, например, воровство, что особенно распространено в некоторых странах с развивающейся экономикой.

Существует несколько способов уменьшить потери электроэнергии при передаче и распределении.

Зачастую эти методы классифицируют как: организационные, технические и методы, направленные на совершенствование системы учета электроэнергии.

К организационным мероприятиям относят нахождение мест отключения с дублирующим электроснабжением, снижение несимметричной фазной нагрузки, а также оптимизацияю загрузки силовых трансформаторов.

К техническим относят такие мероприятия, в которых задействовано использование специального оборудования.

Методы, направленные на совершенствование систем учета электроэнергии связаны с применением автоматических систем учета электроэнергии и электросчетчиков высокого уровня точности.

Некоторые из вариантов снижения технических потерь включают такие мероприятия, как замена трансформаторов неправильной мощности, улучшение качества соединения проводников (линий электропередач) и повышение доступности реактивной мощности за счет установки батарей конденсаторов вдоль линий электропередачи. Для сокращения

нетехнических причины, необходимо бороться с хищениями, усложняя кражей электроэнергии из линий [36].

Следует отметить, когда потери происходят во время транспортировки, они являются прямым показателем технической эффективности системы. Когда же потери связаны с нетехническими факторами, они отражают операционную эффективность предприятий.

Потери электроэнергии при передаче происходят в основном в результате технических факторов, климатических явлений и конкретных географических условий. Напротив, когда электроэнергия поступает в распределительные системы, доставляющие ее конечным пользователям, потери являются результатом как технических, так и нетехнических факторов. Это связано с тем, что распределение (и коммерциализация) включает в себя несколько шагов в дополнение к транспортировке электроэнергии, включая подключение, измерение и взимание платы за услугу.

Несмотря на то, что невозможно полностью устранить потери, их можно свести к минимуму за счет повышения энергоэффективности с помощью интеллектуальных подключенных инструментов.

Таким образом, существует три главных вида способов и мер, нацеленных на уменьшение энерготрат в коммуникациях: организационные, а также технические и те, которые направлены на совершенствование систем расчетного и также технического учета электрической энергии [26]. Рассмотрим более подробно каждый метод.

Реконструкция обеспечит главное действие в уменьшении потерь. Другие меры: увеличение пропускной функции и повышение качества функционирования электросетей, сбалансированности режимов данных сетей, то есть посредством применения мер, являющихся капиталоемкими [23].

Главные меры, помимо вышеуказанных, для электросетей 110 кВт, образующих систему:

- налаживание работы по непосредственному изготовлению продукции и широкое использование на практике настраиваемых реакторов, которые являются управляемыми, шунтируемыми, а также компенсаторов статического типа реактивной мощности для улучшения потоков мощности и уменьшения уровней напряжения в элементах коммуникаций;

- создание новых электросетей и увеличение пропускной функции имеющихся коммуникаций для того, чтобы выдавать активную мощность от «закрытых» станций для уничтожения недостающих элементов и повышенных перетоков транзитного типа;

- формирование энергетики нетрадиционного, а также возобновляемого типа (небольших гидроэлектростанций, а также ветроэлектростанций, гидроэлектростанций приливного и геотермального типа и тому подобное) в целях выдачи низких мощностей в отдаленные недостающие элементы электросетей [11]-[14].

В ближайшем будущем будут важными оптимизация режима электросетей по мощности активного и реактивного типа, настройка напряжения в электрических коммуникациях, улучшение процесса по загрузке аппаратов для повышения или понижения напряжения тока, выполнение деятельности непосредственно под напряжением и тому подобное [9].

К мерам, направленным на уменьшение технических потерь электроэнергии в распределительных электрических сетях 0,4–35 кВ относятся:

- использование 10 кВ в качестве основного напряжения распределительной сети;

- увеличение доли сетей напряжением 35 кВ;

- сокращение радиуса действия и строительство ВЛ 0,4 кВ в трехфазном исполнении по всей длине;

- применение самонесущих изолированных и защищенных проводов для ВЛ напряжением 0,4–10 кВ;

- использование максимального допустимого сечения провода в электрических сетях 0,4–10 кВ с целью адаптации их пропускной способности к росту нагрузок в течение всего срока службы;
- разработка и внедрение нового более экономичного электрооборудования, в частности, распределительных трансформаторов с уменьшенными активными и реактивными потерями холостого хода, встроенных в КТП и ЗТП конденсаторных батарей;
- применение столбовых трансформаторов малой мощности 6–10/0,4 кВ для сокращения протяженности сетей 0,4 кВ и потерь электроэнергии в них;
- более широкое использование устройств автоматического регулирования напряжения под нагрузкой, вольтодобавочных трансформаторов, средств местного регулирования напряжения для повышения качества электроэнергии и снижения ее потерь;
- интегрированная автоматика и телемеханизация сетей, применение РУ нового поколения, средств, позволяющих дистанционно локализовать повреждения в сетях для сокращения продолжительности неоптимальных ремонтных и послеремонтных режимов, поиск и устранение непредвиденных ситуаций;
- повышение надежности измерений в электросетях с использованием новых информационных технологий, автоматизация процессов обработки телеметрической данных [7]-[10], [18].

Важны качественные подходы к тому или иному мероприятию по уменьшению утрат и оцениванию их сопоставительной результативности в обстоятельствах акционирования энергетической отрасли, когда все решения принимают по капиталовложению для того, чтобы получить максимальную доходность этого акционерного общества, достичь определённых уровней доходности производственного процесса, которые были запланированы, а также достичь распределения станций и тому подобное.

На данный момент любые инвестиции в оптимизацию учётной системы могут быть окуплены в сжатые сроки по сравнению с затратами, связанными с увеличением трат на увеличение пропускной функции электросетей, на возмещение мощности реактивного типа.

Улучшение энергоучета даёт возможность приобрести прямой эффект достаточно быстро.

В том числе, как считают специалисты, повышение собираемости средств на 15 %, в среднем, непосредственно за электричество, которое было отправлено энергопотребителям, обеспечивает замена устаревших счетчиков, которые являются «малоамперными» на новые счётчики класса 2,0.

Создание и использование АСКУЭ – главный способ решения вопроса по снижению потерь, в частности, для тех потребителей, которые являются бытовыми, тесная связь данных систем с обеспечением (программным и техническим), обеспечение АСКУЭ и АСДУ качественными коммуникационными каналами и каналами передачи данных, аттестация АСКУЭ метрологического типа.

Только пошаговое формирование и улучшение учётной системы, ее преобразование, метрологическое обеспечение измерений электрической энергии, улучшение нормативной основы способны обеспечить выполнение задачи по эффективному введению в использование АСКУЭ.

Ввиду того, что создание и использование АСКУЭ в качестве основного мероприятия по снижению потерь электроэнергии относят к стратегиям, направленным на управление, следует отметить связь с «человеческим фактором».

«Человеческий фактор» – этот тот аспект, от которого зависит внедрение мер, направленных на уменьшение энергопотерь в коммуникациях. Под данным аспектом понимается следующее:

- обучение и повышение квалификации персонала;
- осознание персоналом важности для предприятия в целом и для его работников лично эффективного решения поставленной задачи;

- мотивация персонала, моральное и материальное стимулирование;
- связь с общественностью, широкое оповещение о целях и задачах снижения потерь, ожидаемых и полученных результатах.

Преимущества существующих мероприятий по снижению электрических потерь следующие:

- финансовые – ввиду того, что потери при распределении могут быть чрезвычайно дорогостоящими из-за электроэнергии, которая была произведена, но никогда не использовалась и не выставлялась в счетах, подобное снижение электрических потерь поможет сократить финансовые затраты;
- для окружающей среды – ввиду того, что энергоэффективная сеть требует меньшего энергопотребления, это может привести к уменьшению загрязнения воздуха, а также избежать растраты ресурсов и сократить использование ископаемого топлива (к примеру, повышение эффективности глобальной сети за счет снижения технических потерь даст возможность сэкономить около 500 метрических тонн двуокиси углерода в год);
- регулирование – введение новых стандартов, требующих повышения эффективности распределительных сетей стимулирует более эффективное управлению потерями [15], [19].

Таким образом, меньшие потери электроэнергии связаны с большей финансовой устойчивостью предприятий, поскольку дополнительные доходы увеличивают возмещение затрат, повышают капитализацию энергетического сектора и улучшают инвестиционную способность сектора.

Кроме того, снижение потерь электроэнергии потенциально может способствовать сокращению выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, а также снижению тарифов на электроэнергию для потребителей.

Помимо этого, увеличение собираемости счетов за электроэнергию не только увеличивает доходы, но и посылает рыночный сигнал,

препятствующий чрезмерному потреблению и стимулирующий практику энергосбережения.

Сокращение потерь электроэнергии также могло бы помочь в достижении цели всеобщего доступа к услугам электроснабжения.

Таким образом, были рассмотрены существующие методы и мероприятия по минимизации потерь электроэнергии.

Выводы по главе 2

В данной главе был проведен анализ литературных источников по исследуемой теме, а также рассмотрены основные причины потери электроэнергии на предприятии, их структура и методы по минимизации потерь электроэнергии. Потери электроэнергии представляют собой разницу между количеством электроэнергии, поступающей в сеть, и количеством электроэнергии, доставляемой конечным пользователям. Потери электроэнергии состоят из технической, ошибочной, потерь на собственные нужды и коммерческой частей.

Выделяют три способа их минимизации – организационные, технические и направленные на совершенствование систем учета электрической энергии. Минимизация потерь положительно сказывается на финансовой устойчивости предприятий, способствует сокращению выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, а также стимулирует более эффективное управлению потерями.

Создание и использование АСКУЭ – наиболее предпочтительный способ решения вопроса по снижению потерь электроэнергии.

Глава 3 Разработка мероприятий по минимизации потерь электроэнергии в системе электроснабжения предприятия

3.1 Выбор и описание мероприятий по минимизации потерь электроэнергии в системе электроснабжения предприятия

Оборудование и дальнейший монтаж АСКУЭ – лучшая мера, обеспечивающая уменьшение энергозатрат в электроснабжающей системе производственного учреждения главная функция АСКУЭ, а именно:

- сбор в автоматизированном виде потребления параметров электричества, поступающих непосредственно от счетчиков учёта, с последующими процессами обработки и хранения;
- определение и снижение затрат (технического и коммерческого характера) и дальнейший расчет энергобаланса и энергомощности;
- обеспечение контроля за режимами потребления энергии производственного учреждения для обеспечения высокого качества работы системы электронного снабжения, формирования и последующей печати форм отчёта;
- формирование архивов данных, которые являются долговременными и электронными.

Таким образом, внедрение АСКУЭ позволит значительно минимизировать потери электроэнергии.

3.2 Разработка плана по реализации указанных мероприятий минимизации потерь электроэнергии в системе электроснабжения предприятия

Главные направления, направленные на решение задачи снижения энергозатрат имеют разный характер – организационный или технический [3].

Общее использование мер, обеспечивающих уменьшение энергопотерь, на каждом звене систем электроснабжения производственного учреждения приводят к эффекту как к техническому, так и к экономическому [3]-[5].

С учётом аспектов, которые проведены после выполненного разбора литературных источников исследователей, а также после выполненного анализа электроснабжающей системы, с учётом способов и подходов [1]-[5], сформирован план. Он обеспечит осуществление совокупности мер, направленных на снижение энергопотерь в производственном учреждении ТОО «BARON» г.Алма–Ата Республики Казахстан (рисунок 4).

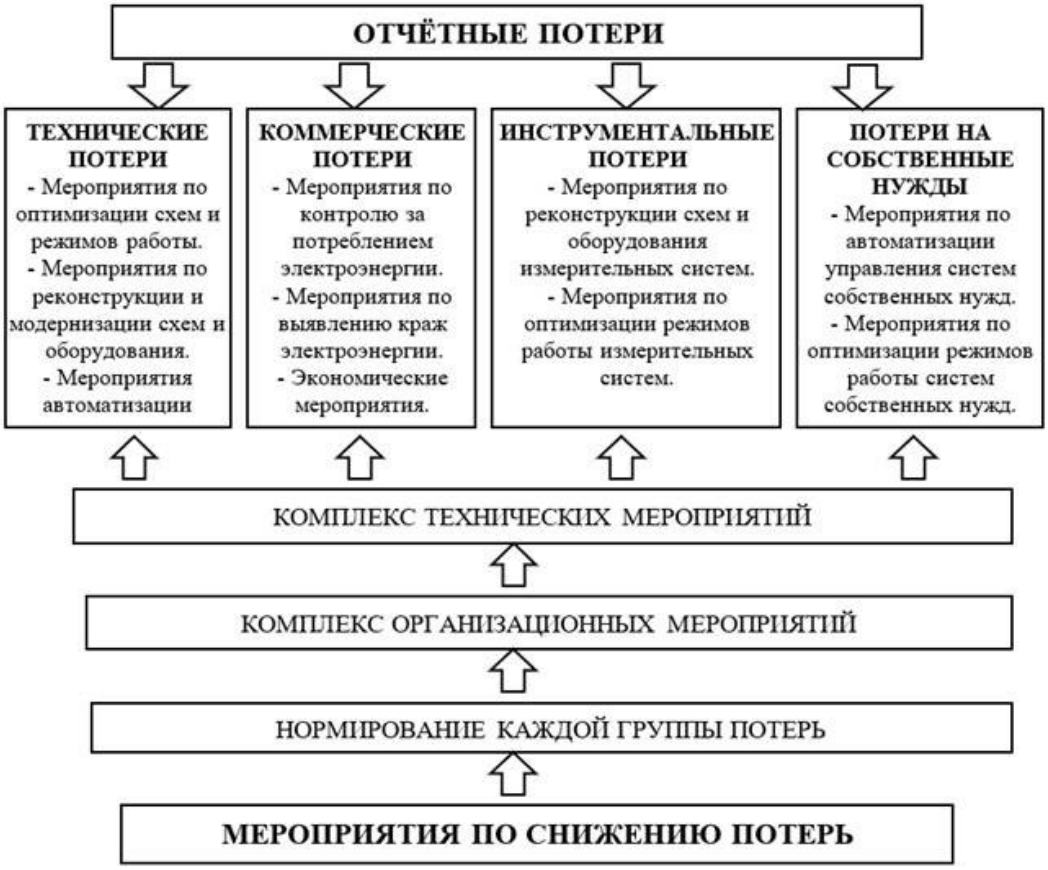


Рисунок 4 – План реализации комплекса мероприятий по минимизации потерь электроэнергии на предприятии ТОО «BARON» г. Алма–Ата

В то же время созданный план выполнения совокупности мер, направленных на снижение энергозатрат в производственном учреждении

ТОО «BARON» заключает в себе этапы, реализуемые непосредственно в следующем алгоритме:

- первоначальный этап включает в себя точное и надёжное нормирование энергопотерь, которое важно выполнять для любой совокупности энергопотерь отдельно, потому что они разнятся по своей структуре, нельзя их обобщать [4], [5]. В то же время важно принимать во внимание тот факт, что есть важнейшие аспекты, как технического, так и экономического плана: в целях установления потерь технического характера – это режимы функционирования схемы, а также характеристики работы конкретного типа оборудования, его процент износа, показатели электричества реактивного типа(потребляемого) и мера компенсации, факторы климатических особенностей, величина загрузки непосредственно самого оборудования; для потерь коммерческого типа – неимение воровства и долгов непосредственно по оплате за энергию, которая была использована; для потерь инструментального типа – статус измерительных систем, их степень износа и также погрешностей; для расходов на личные потребности – неучтённые издержки на личные потребности питающих промежуточных станций энергетической системы. Правила энергопотерь обоснуется непосредственно на стадии создания проекта;
- следующий этап включает введение в использование совокупности организационных мер, направленных непосредственно на уменьшение энергопотерь: создание организационных документов, которые предназначаются для того, чтобы награждать сотрудников, осуществляющих необходимые указания по уменьшения энергозатрат, введение положений по верному осуществлению процесса технологического плана, мера воздействия против совершивших неверные действия и т.д.;
- последний этап включает в себя создание и введение в действие совокупности мер, направленных на уменьшение всех групп энерготрат с учётом характеристик в плане техники, а также параметров снабжающей системы конкретного производственного учреждения. Главные меры,

направленные на снижение разных потерь были подробно описаны на рисунке 1.

Для ТОО «BARON» наиболее результативные меры, снижающие энергопотери энергии включают в себя улучшение старых питающих коммуникаций, введение в действие АСКУЭ с новыми электросчётчиками. Эти факторы – цель последующих научных исследований.

Ввиду того, что срок службы линий электропередачи велик, также как и инвестиции на строительство новых линий электропередач, вопрос потерь электричества на линии передачи требует особого внимания. Поэтому отмечается важность дальнейшей разработки усовершенствованных методик прогнозирования электропотребления внедряемой АСКУЭ для минимизаци потерь электроэнергии, а также представить точные данные о потерях.

Выводы по главе 3

В данной главе была проведена разработка мероприятий по минимизации потерь электроэнергии в системе электроснабжения предприятия. Был произведен выбор мероприятий по минимизации потерь электроэнергии в системе электроснабжения предприятия и разработан план по их реализации. Внедрение АСКУЭ и улучшение устаревших питающих коммуникаций позволит значительно минимизировать потери электроэнергии для ТОО «BARON».

Глава 4 Разработка усовершенствованной методики прогнозирования энергопотребления АСКУЭ с целью минимизации потерь электроэнергии

4.1 Разработка усовершенствованной методики прогнозирования энергопотребления АСКУЭ

Каждый конечный потребитель (особенно промышенное предприятие) заинтересован в использовании системы учета электроэнергии для точного учета и контроля потребления, а также оптимизации своих затрат на основе получаемых (актуальных!) данных. о поступлении электрической энергии на границе балансовой принадлежности предприятия.

Стабильная экономика энергоресурсов, при которой наблюдается снижение издержек (в финансовом плане) уменьшение финансовых затрат производственных учреждений – это цель, которая является доминирующей непосредственно во время применения АСКУЭ.

Результативность в экономическом плане может быть в пределах семнадцати–двадцати шести процентов в двенадцать месяцев от общего использования ресурсов.

Меньше чем за 12 месяцев осуществляется возможность возвещения непосредственно тех затрат, которые использовались для создания и введения в использование новейшей АСКУЭ.

На данный момент АСКУЭ производственного учреждения является неотъемлемым компонентом – без него не представляется возможным результативное решение вопросов, связанных с расчётов за энергоресурсы ресурсы, как с лицами, поставляющими энергоресурсы, так и лицами, использующими эти ресурсы, постоянной экономии энергоносителей и уменьшения энергозатрат в части себестоимости производственных продуктов.

Организационная а также техническая часть расхода энергии на промышленных заводах состоят из шести базовых частей:

- условная часть контракта состоит в том, что компании выставляют счета этим лицам, поставляющим ресурсы, и потребителям за энергию, которую они получают непосредственно от своих поставщиков, непосредственно за ту энергию, которую они потребляют. Используются указанные в соглашении тарифы. Они больше фактического значения, что приводит к дополнительным денежным издержкам. С помощью коммерческого учета в системе АСКУЭ данные затраты можно быстро минимизировать;
- тарифная часть основана непосредственно на производственных расчётах за энергоресурсы с собственными поставщиками по действительным тарифам. Неимение учета является причиной отсутствия возможности воспользоваться наиболее выгодной ценой лицу, потребляющему ресурсы. Данная часть сводится к минимуму посредством учёта в АСКУЭ;
- корректировать функции деятельности производственного оборудования даёт возможность непосредственно режимная и тарифная часть (как в пределах времени, так и при определении объёма потреблений энергии). В данном случае, учёт в АСКУЭ поможет с компонентами составления прогноза и выполнения процедуры анализа нагрузочного состава;
- АСКУЭ обеспечивает значительное снижение числа нарушений в техническом плане, в частности, нарушения цикла производственного учреждения и не результативного использования оборудования за счёт капитального, с подробностью на базе цехов учета непосредственно по всему производственному учреждению. Этот учет включает в себя непосредственно ресурсные производственные расчёты;
- человеческий фактор является частью, исключающей издержки, непосредственно связанные с применение промышленного оборудования и

изделия производственного учреждения работниками в собственных целях. За счёт организации в условиях производственного учреждения учета непосредственно в АСКУЭ с довольно подробными расчетами норм во время выпуска единицы продукции даёт возможность предотвратить данные издержки. Эта часть включает эффект менеджмента. Возникает возможность контролировать все обстоятельства, которые могут появляться в условиях производственного учреждения, а также уменьшить период принятия тех или иных решений для того, чтобы улучшить процессы производства;

- технический учет в АСКУЭ дает возможность сократить бесхозный объем потребления энергии. Эта часть содержит отсутствие заинтересованности и равнодушия сотрудников к тем затратам, которые являются энергетическими [20].

Процессы измерения, вычисления и выполнения анализа параметров качества электроэнергии сообразно КС РК является целью установки приборов, контролирующих качество электрической энергии.

АСКУЭ, которая принята в использование, представляет собой совокупность программных и технических инструментов, которая включает в себя:

- осуществляющие первичный учет счетчики энергии цифрового формата;
- преобразователи первичные, осуществляющие трансформацию двух составляющих энергии – ее тока и также напряжения;
- устройства, осуществляющие получение и передачу информации (УСПД) и каналов коммуникации УСПД непосредственно с учетными устройствами;
- специальные оборудования СПД, а также ИВК;
- средств счетчиков (их ПО), УСПД, а также оборудования СПД/ИВК.

ПКЭ задействуются непосредственно во время включения АСКУЭ, а также задействуются элементы учета энергетических ресурсов.

Таким образом, процесс работы АСКУЭ выглядит следующим образом. На базе счетчиков регистрации энергии посредством преобразователей I/U выполняется измерение энергии электрической. Посредством использования счетчиков выполняют измерение/вычисление мощности, а также непосредственно энергии потребляемого типа, потраченной энергии. Временной промежуток времени приведения усредненного показателя мощности равен тридцати минутам. УСПД уровня ИВКЭ выполняет процедуру автосбора необходимой информации (с промежутком в полчаса) непосредственно с конкретных счетчиков по соответствующему цифровому интерфейсу посредством трансформаторов каналов коммуникации, которые являются промежуточными.

УСПД осуществляет считывание непосредственно по запросам, а также автоматически:

- журналы: статусный, корректировки временного интервала, состояний инструментов измерений, а также обстоятельств,
- выполнение процедуры чтения массивов энергии учета итога нарастающего типа,
- профиль такого показателя, как мощность.

Архивы УСПД включают полученные и обработанные данные. Получение нагрузочного профиля выполняется с учетом перехода, который запрограммирован в соответствующих счетчиках. По соответствующим запросам сервера коммуникации системы ИВК передаются необходимые данные непосредственно от УСПД в целях хранения в заданной форме и дальнейшего отображения. Не меньше одного раза в 24 часа опрос УСПД выполняется непосредственно ИВК.

Следует отметить, что данные передаются с определённым временным интервалом. ПКЭ измеряют характеристики качества электроэнергии, а также выполняют процесс накопления измеренных данных и обстоятельств. Вся информация непосредственно с ПКЭ отправляется прямо в УСПД с конкретным временным интервалом.

Таблица 1 иллюстрирует функции, а также совокупности конкретных задач, временной промежуток осуществления и автоматизационную степень АСКУЭ функций.

Таблица 1 – Состав функций, комплексов задач, период выполнения и степень автоматизации функций АСКУЭ, рекомендуемой к внедрению в ТОО «BARON»

Функция	Задача	Период решения, степень автоматизации
Определение величин, определяющих учет электричества	Принятие аналоговых сигналов непосредственно от ТТ, ТН первичного типа	Постоянно автоматически
Получение и начальная обработка сигналов в аналоговой форме (осуществляется трансформация сигналов аналогового типа в цифру непосредственно от преобразователей, которые являются первичными; определение данных параметров учета непосредственно по алгоритмам расчета, которые были заданы; учет полученных по параметрам учета значений; проверка выхода параметров регистрируемых показателей за возможные границы и создание соответствующих признаков выхода за границы)	Принятие аналоговых данных измерительного формата непосредственно от ТТ, ТН первичного типа и трансформация в цифровой формат в соответствующих счётчиках регистрации энергии электрической	То же
Хранение информации результатов измерений в архивных базах электросчетчиков (интегральные значения подсчитанных параметров на конкретных временных промежутках, а также средние значения промежуточных значений параметров, принимаемых во внимание)	Хранение результатов измерений в независимой памяти и дальнейшая отправка данных непосредственно в УСПД	30 минут для регистрации электроэнергии, осуществляется в автоматическом режиме

Продолжение таблицы 1

Сбор и сохранение в памяти информации технологического характера о работе программного и аппаратного обеспечения системы, архивные записи (журнал событий), включающий информацию об аварийных ситуациях, связанных с работой аппаратного и программного обеспечения системы, а также записи об отключениях электроэнергии в узле учета и внесение записи времени постоянной функции учетного узла	Запись данных о статусе прибора, хранение их в архиве счетчика электроэнергии и дальнейшее отображение на экране монитора АРМ, на ЖКИ прибора учета электроэнергии по запросу операциониста	При возникновении обстоятельства, в авторежиме, с отметкой времени (конкретной даты, а также времени)
Описание данных технологу	Отображение табличных, графических видеокадров на мониторе контрольной панели; вывод на ЖКИ прибора учета электричества	По требованию оператора процесса с промежутком от 1 до 30 секунд
Дистанционный (сетевой) мониторинг аппаратных и программных системных функций	Отображение видеокадров на экране монитора АРМ в таблицах, графиках; вывод на экран журналов обстоятельств	По требованию оператора технологической установки с запаздыванием в пределах 1–30 секунд
Перевод времени счетчиков электрической энергии в синхронный режим	Добиться обеспечения точности синхронизации показаний счетчиков электричества с точностью не менее 5,0 секунд в день	Автоматически

Предлагаемая система АСКУЭ включает в себя пункты учета электроэнергии, которые выполняют следующие функции:

- это автоматические замеры сигналов ТТ и ТН и их трансформация в соответствующие величины, определяемые устройством для учёта;
- автоматизированное определение времени и промежутков времени в измерительном оборудовании;

- настройка и установление параметров работы систем;
- автономный и дистанционный сбор информации;
- регистрация данных минимум 2 месяца (в зависимости от объема архивного хранилища);
- визуальный мониторинг и вывод на экран данных замеров и расчетов;
- защита от неавторизованного доступа на уровне аппаратного и программного обеспечения;
- автоматический сбор всех параметров и расчет среднечасовых значений параметров с сохранением на заданные периоды, как минимум по часам (продолжительностью 35 дней), по дням (продолжительностью 2 месяца), по месяцам (продолжительностью 12 месяцев);
- дистанционный мониторинг параметров функционирования программных и аппаратных компонентов системы АСКУЭ.

Таким образом, была разработана усовершенствованная методика прогнозирования энергопотребления АСКУЭ и ее функции.

4.2 Программная реализация нейросетевой модели прогнозирования энергопотребления АСКУЭ

Изменения непосредственно в самих устройствах автоматизации обеспечиваются мерами:

- подготовка к производственной работе;
- организация условий на объектах сообразно стандартам и правилам;
- выполнение работ сообразно проектным документам;
- соблюдение запросов инструкции по использованию технического инструмента, выходящего в АСКУЭ, при установке и вводе в использование данного технического инструмента.

Для организации эффективной защиты аппаратного и программного обеспечения предусмотрены следующие меры:

- присоединение ПКЭ непосредственно к обмоткам преобразователей U и I (вторичные обмотки) параллельно электросчетчикам;
- пломбирование ТТ и ТН (сборок клеммных промежуточного типа).

Многоуровневый доступ к ПО технических инструментов с разделением прав клиентов, посредством системы паролей, организован непосредственно на программном уровне. Погрешность комплексов измерения, в процессе проектирования, в частности, в числе каналов должна быть обеспечена ее минимизация в соответствии с решениями по проекту.

Методическими материалами и НПА, в частности, Законами РФ, ГК РФ, нормами, правилами, разными положениями и правила производственного учреждения, перечнем рекомендаций и методическими указаниями, ведомственными официальными распоряжениями и прочими свидетельствами подвергается регламентации метрологическое обеспечение АСКУЭ [18, с. 144].

В условиях, в которых используется АСКУЭ, основной погрешностью измерений является граница ДОП канала измерения, при так называемой, доверительной вероятности, равной 0,9500.

Пределы допускаемых относительных погрешностей приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Пределы допускаемых относительных погрешностей

Значение параметра cos φ	Показатели нормы ДОП измерительного комплекса, %		
	для нагрузок до 5%	для малых нагрузок (5%–20%)	для интервала нагрузок 20%–120%
cos φ = 0,5–0,8	не указывается	не менее 5,5%	не менее 3,0%
cos φ=0,8–1,0	то же	не менее 2,9%	не менее 1,7%

В соответствии с нормами Государственного стандарта ГОСТ 7746–2001, отписывающего границы погрешностей 2-речных обмоток в целях измерения и учета в рабочих обстоятельствах использования по 28 6.4.1 при заданном режиме должны отвечать соответствующим значениям [1]. Данные по классу 0,5 приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Пределы допускаемых погрешностей ТТ

Класс точности	Первичный ток, % номинального значения	Предел допускаемой погрешности			Предел вторичной нагрузки, % номинального значения
		токовой, %	угловой		
			мин.	рад.	
0,5	5	±1,5	±90`	±2,7	25–100
	20	±0,75	±45`	±1,35	
	100–120	±0,5	±30`	±0,9	

В соответствии с Государственным стандартом ГОСТ Р 52323–2005 «При нормальных условиях, приведённых непосредственно в пункте 8.5, основные допуски средства измерений, выраженные в %, не должны превышать тех границ, которые приведены в таблицах 4 и 5 для конкретного класса точности». Вся информация о погрешностях применяемых электросчетчиков с точностью по классу не больше 0,2 S приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Пределы допускаемых погрешностей счетчика

Значение тока	Коэффициент мощности	Пределы допускаемой погрешности, % для счетчиков класса точности 0,2S
от 0,01Iном до 0,05Iном	1	±0,4
от 0,05Iном до 1,2Iном включительно	–	±0,2
от 0,02Iном до 0,1Iном	0,5 инд., 0,8 емк.	±0,5
от 0,1Iном до 1,2Iном включительно	0,5 инд., 0,8 емк.	±0,3

В соответствии с Государственным стандартом ГОСТ Р 50948–2001 определяется по соответствующей формуле дополнительная погрешность счетчика (в плане температуры):

$$\delta_{ct} = K_t \times \Delta t, \quad (1)$$

где K_t – это усреднённый температурный коэффициент счетчика;

Δt –значение, которое показывает ненормальную температуру воздуха, определяется по формуле:

$$\Delta t = \left| tB(н) - t_{норм} \right|. \quad (2)$$

Для расчётов принимается значение $\Delta t = 10\ ℃$.

Нормальная температура $t_{норм} = 23\ ℃$.

Значение $\cos\varphi = 0{,}8$.

Таким образом,

$$\delta_{ct} = 0{,}014 \times 10 = 0{,}14.$$

Поскольку счетчики электроэнергии расположены вдали от источников электромагнитных полей, дополнительная погрешность из-за внешних магнитных полей очень мала и может быть проигнорирована.

Для электросчётчиков погрешность движения внутренних часов равна ±0,5сек/сутки. Датирование корректировок осуществляется непосредственно в самих счетчиках.

В среднем в сутки погрешность измеряемой величины фактического текущего календарного временного промежутка счетчиком достигает уровня в 0,0005%. Непосредственно для УСПД с учётом внешнего изменения непосредственно от УССВ, который связан с системой спутников, обеспечивается степень точного соответствия процесса измерения УСПД астрономического времени, как минимум, ± 1 сек/сутки.

В среднем за сутки погрешность измерения фактического времени УСПД = 0,001 %. УСПД обеспечивает поддержку общего времени системы, осуществляя в автоматическом режиме изменение часов, присоединённых электросчётчиков. Во время каждого опроса электросчётчика УСПД происходит считывание его времени и если есть необходимость осуществляется выдача команды непосредственно на изменение времени в самом счетчике.

Период задержки приведения к синхронизму времени в коммуникационных линиях УСПД – счетчики определяется непосредственно в соответствии с формулой:

$$T_{зад} = Vn/S, \qquad (3)$$

где V – объем посылки синхронизации времени, байт;

n – количество бит (в том числе служебные) на 1 байт данных, которые передаются;

S – скорость в коммуникационном канале, бит/с.

Во время установления объема посылки синхронизации принимается в учёт ответ счетчика, непосредственно на запрос от УСПД о действительном времени счетчика (двадцать два байта) и также команда УСПД непосредственно на изменение времени счетчика (восемнадцать байт). Количество бит (в частности. служебные) на 1 байт данных, которые передаются $n = 10$.

Скорость в коммуникационном канале рассчитывается следующим образом:

Принимается,

$$S = 9600 \ \ бит/сек,$$

$$T_{зад} = (22 + 18) \times 10/9600 = 0{,}04 \ \ с.$$

В среднем в сутки погрешность непосредственно от рассинхронизации времени системных элементов равна:

$$\delta = \Delta t + T_{зад} / 86400 \times 100\,\% = 0{,}002\,\%,$$

где $\Delta tp = 2\ c$ – наибольшее временное расхождение УСПД и также электросчетчика.

Во время расчётов применяется соответствующая типовая методика осуществления корректировок энергии и также мощности. Анализ итогов корректировок электроэнергии осуществляется таким образом.

Различие данных непосредственно между разными выходами канала измерения представляет собой значение электроэнергии за различный период, который был выбран. Граница возможной погрешности (относительного типа) канала измерения в процессе замера электрической энергии δ_w можно определить по соответствующей формуле:

$$\delta_w = \pm 1 \times \left(\delta_l^{\,2} + \delta_u^{\,2} + \delta_n^{\,2} + \delta_c^{\,2} + \delta\varnothing^2 + \ldots + \delta_j^{\,2} + \delta_{yc}^{\,2} \right), \quad (4)$$

где δ_l , δ_u – значения погрешностей соответственно ТТ и ТН, %;

δ_n – значение погрешности к которой присоединен счетчик к ТН в случае потерь напряжения в линии;

δ_c – значение основной относительной погрешности выбранного счетчика;

$\delta\varnothing$ – значение погрешности схемы подключения счетчика (за счет угловых погрешностей ТТ и ТН);

δ_j – значение дополнительной погрешности счетчика от j–ой влияющей величины (постоянная составляющая в цепи переменного тока, ресинхронизация напряжений, форма кривой тока, температура и т.д.);

δ_{yc} – значение относительной погрешности устройства сбора и передачи данных.

При измерениях активной энергии погрешность δ вычисляют по следующей формуле:

$$\delta \varnothing = 0{,}029 \times \left(\varnothing l^2 + \varnothing u^2 \right) \times \left(1 - \cos^2 \varphi / \cos \varphi \right) \qquad (5)$$

При измерениях реактивной энергии погрешность δ вычисляют по формуле:

$$\delta \varnothing = 0{,}029 \times \left(\varnothing l^2 + \varnothing u^2 \right) \times \left(\cos \varphi / 1 - \cos^2 \varphi \right), \qquad (6)$$

где $\varnothing l$ – угловая погрешность ТТ, мин;

$\varnothing u$ – угловая погрешность ТН, мин;

$\cos \varphi$ – коэффициент мощности контролируемого присоединения.

Относительную погрешность УСПД вычисляют по формуле:

$$\Delta_{yc} = \delta T^2 + \delta T \,.\, P \,.^2 \qquad (7)$$

где δT – погрешность измерений фактического астрономического времени в среднем за 24 ч.;

$\delta T \,.\, P \,.$ – погрешность рассинхронизации при измерениях текущего астрономического времени, %.

В процессе замера δp граница возможной относительной погрешности комплекса измерения определяется по соответствующей формуле:

$$\Delta_p = \pm 1{,}1 \times \left(\delta_w / 1{,}1 + \delta_T{}^2 \right), \qquad (8)$$

где δ_w – граница возможной относительной погрешности канала измерения при замерах энергии, %;

δ_T – погрешность СИ времени, использующегося непосредственно для замера непосредственно в составе АСКУЭ временного промежутка (временного промежутка), %.

Значения интервальной погрешности измерения расхода δ_{op} и временной погрешности СИ (измерителя энергии) δT очень маленькие, поэтому относительная погрешность δ_p канала измерителя средней мощности равна относительной погрешности канала измерителя мощности, т.е. $\delta_p = \delta_w$.

При проверке точности полученных конечных итогов измерений основной задачей является проверка точности осуществления всех необходимых действий и соблюдения требуемых положений. Кроме того, необходимо проверить соответствие конкретным значениям погрешности, присвоенным измерительным каналам АСКУЭ. Контроль периодический и выполняется один раз в четыре года.

В целом, относительная погрешность избранного канала измерения АСКУЭ имеет величину, которая не больше: $\delta_w = \pm 2{,}92\,\%$ при $I_l = 5 \div 20\,\%$ от $I_{l\,ном}$ и $\delta_w = \pm 2{,}41\,\%$ при $I_l = 20 \div 100\,\%$ от $Il_{ном}$ (при доверительной вероятности $P = 0{,}95$.

Осуществляя поверку АСКУЭ, важно вычислить действительные значения погрешностей комплексов измерения, которые являются относительными. На все эти комплексы формируется соответствующий паспорт–протокол.

Осуществляя расчёты, важно располагать соответствующими показателями надежности ИВКЭ, они не должны сильно разниться от данных:

- усреднённых значений наработки на отказ – минимум 35 тыс. часов и времени на системное восстановление – не больше суток. Важно, чтобы все данные показателей качества, применяемых счетчиков электроэнергии не были ниже установленных значений:

- средних значений наработки (непосредственно на сам отказ) – не меньше 35 тыс. часов, а также времени на восстановления – не более семи дней.

Блок–схема проектной оценки надежности ИИК и ИВКЭ представлена на рисунке 5.

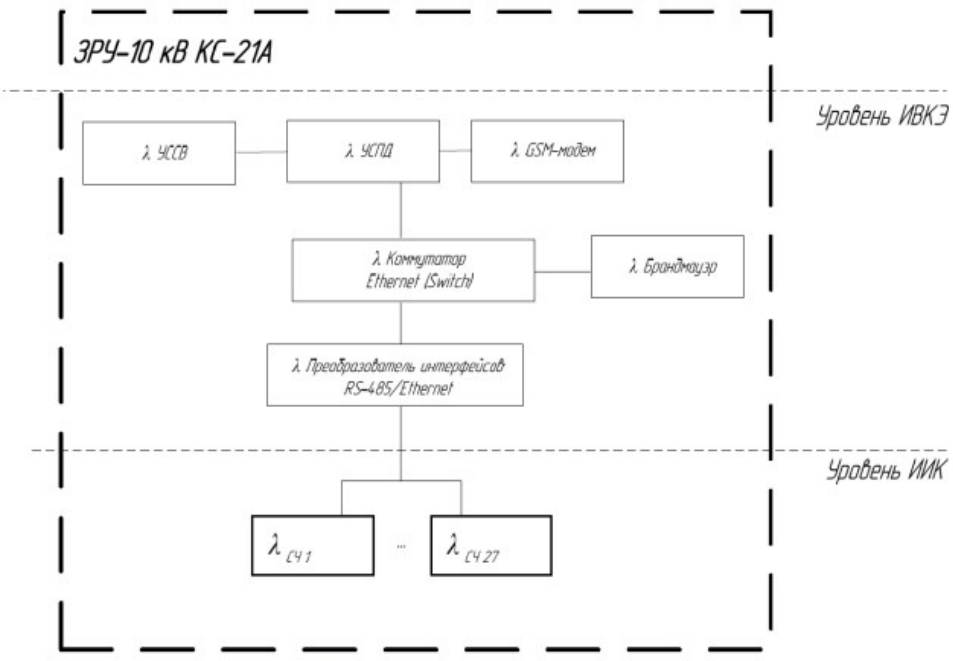


Рисунок 5 – Блок–схема проектной оценки надежности

Параметры надежности элементов ИИК и ИВКЭ представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Параметры надежности элементов

Позиция	Наименование	Тип	Состояние после отказа	Количество
Уровень ИИК				
1	счетчик электроэнергии	СЭТ4ТМ.03М	восстанавливаемый	27
2	трансформатор тока	ARJA1/N2J	невосстанавливаемый	51
3	трансформатор тока	ARJP3	невосстанавливаемый	27
4	трансформатор тока	ARJP2/N2F	невосстанавливаемый	3
5	трансформатор напряжения	VRQ3n/S2	невосстанавливаемый	12

Продолжение таблицы 5

Уровень ИВКЭ				
1	асинхронный сервер RS485/Ethernet	MOXA NPort 5630–8	восстанавливаемый	1
2	УСПД	RTU–327–E1–B04–M04	восстанавливаемый	1
3	УССВ	УССВ–2	восстанавливаемый	1
4	коммутатор Ethernet (Switch)	Cisco – WSC2960+ 24TC–L	восстанавливаемый	1
5	брандмауэр	Cisco ASA 5512–K8	восстанавливаемый	1
6	GSM–модем	Teleofis RX100– R2	восстанавливаемый	1

Далее проведем экономическое обоснование внедрения АСКУЭ на предприятии.

4.3 Экономическое обоснование внедрения АСКУЭ на предприятии

Использование электронных счетчиков может оказать значительное экономическое воздействие, учитывая, что их стоимость высока и зависит от количества учитываемой электроэнергии, а также от структуры учета и порядка тарификации. Необходимым условием эффективной замены индуктивных счетчиков на электронные является переход на многотарифный учет, автоматизация сбора данных и ведение балансов таких показателей, как энергия и мощность в системах АСКУЭ.

Особенности приборной регистрации количества потраченной электрической энергии в системе:

- доступность большого количества счетчиков со сроком службы 30 лет;
- существенные инвестиции в ремонт счетчиков;
- работа счетчиков электроэнергии в зоне нестандартных погрешностей;

- индуктивные счетчики переходят непосредственно в область отрицательной погрешности, если они работают много времени;
- грядущий переход на многотарифный учет электроэнергии;
- потребность в повышении надежности учета.

В связи с высокими затратами не все проблемы с повторным учетом в парке приборов учета электроэнергии могут быть решены сразу. В качестве первого шага на подстанциях 35–330 кВ должны быть внедрены непосредственно электронные счетчики с более высокой точностью и также с высокой чувствительностью для повышения надежности межсистемного и внутрисистемного учета расхода и пропускной способности электроэнергии и поставок потребителям по прямым каналам (около значения в 1,2 млрд. кВтч/год).

Измеритель должен быть высокофункциональным, например, высокочувствительным (*0,05 % I_{nom}).* Непосредственно такой показатель, как класс точности – не выше 0,5; множество тарифов; усреднённое значение наработки на отказ минимум 30 тыс. часов; замеры параметров качества энергии; возможность использования интерфейсов RS–232 и RS–485 в качестве первичного преобразователя и концентратора информации об энергопотреблении АСКУЭ; возможность использования самого широкого диапазона количественных параметров энергии (энергия, мощность) и параметров качества энергии (напряжение, а также ток, частота, коэффициенты мощности/гармоник) непосредственно для измерения, подсчета, а также регистрации и отображения.

Счетчики с аналогичными параметрами и высокой надежностью производятся в Российской Федерации (Alfa) и Литве (LZMF). Высокая цена не позволяет широко использовать их в Российской Федерации, а другие электросчетчики с аналогичными параметрами, произведенные в странах СНГ, не отвечают запросам качества.

После всестороннего рассмотрения конструктивного исполнения различных счетчиков и с учетом технических возможностей МУП

«Горводоканал» представляется целесообразным осуществить покупку системы «АСКУЭ–Сфера», для чего были составлены письмо о намерениях и проект договора о совместной деятельности. Такой выбор связан с повышенными характеристиками данного счетчика (техническими и также эксплуатационными).

Главные особенности экономического результата:

- уменьшения затрат энергетической системы на выработку энергии – как электрической, так и тепловой, посредством выравнивания графиков нагрузок (суточных);
- уменьшение энергозатрат во время передачи энергии;
- сокращение числа неучитываемого электричества посредством улучшения учёта энергии;
- уменьшение потрать на осуществление функций мониторинга и управления потреблением энергии;
- уменьшение эксплуатационных потерь на использование учетных приборов посредством удлинения временных промежутков (межремонтных, а также межпроверочных).

Таким образом, внедрение АСКУЭ экономически обосновано.

Выводы по главе

Была проведена разработка усовершенствованной методики прогнозирования энергопотребления АСКУЭ с целью минимизации потерь электроэнергии. Для этого более детально был рассмотрен процесс работы и функции предлагаемой АСКУЭ, программно реализована нейросетевая модель прогнозирования энергопотребления АСКУЭ и дано экономическое обоснование внедрения АСКУЭ на предприятии. Как следствие, внедрение предлагаемой АСКУЭ позволит не только уменьшит затраты непосредственно на электроэнергию, а также и позволит сократить ряд иных трат.

Глава 5 Реконструкция питающих кабельных линий 0,38 кВ с целью минимизации потерь электроэнергии

5.1 Обоснование реконструкции питающих кабельных линий 0,38 кВ в электрической сети предприятия

Для ЛЭП 0,38 кВ и промежуточных станций 10/0,4 кВ задание должно содержать:

- обоснование проекта;
- место и тип возведения;
- протяженность ЛЭП 0,38000 кВ;
- тип промежуточных станций трансформаторного типа;
- этап проектирования; период реализации проекта;
- дату начала возведения; названия проектных и строительных учреждений;
- инвестиции [22].

К проектной документации на сеть 0,38000 кВ должны быть приложены: условия на подключение к электросети; акт оценивания состояния коммуникации 0,38 кВ; данные об уровне потребления электроэнергии на 1 жилое помещение и иные материалы.

Проектирование возведения сетей на базе планов развития коммуникаций 35...110 кВ и 10 кВ обычно осуществляется в один этап, то есть разрабатывается проект и документация на дальнейшее возведение электросетей.

При планировании возведения сетей, расширения, реконструкции и технического перевооружения электросетей в пределах 0,38000...110 кВ с/х типа применяются НТПС и другие документы. Запросы стандартов не относятся к проводке цепей непосредственно в сооружениях до 1000 В.

Линии 0,38000...10 кВ обычно должны быть воздушными. Кабельные коммуникации следует применять там, где ПУЭ не позволяет использовать

воздушные коммуникации для питания потребителей, которые являются ответственными (как минимум 1 основная или резервная линия) и также других потребителей в районах с суровыми климатическими условиями (IV – особая ледовая зона) и ценной землей.

Трансформаторные подстанции на 10/0,38000 кВ должны использоваться как закрытые подстанции заводской сборки.

В основу оправданности технических решений положены технико–экономические расчеты. Предпочтение следует отдавать варианту с наименьшими затратами среди технически сопоставимых вариантов.

Решения для энергосистем избираются непосредственно на основе нормального, технического и аварийного режимов работы.

Потери напряжения между элементами сети распределяются на основе расчета по допустимому отклонению напряжения (Государственный стандарт ГОСТ 13109–97 – возможное отклонение нормального напряжения непосредственно потребителя ± пять процентов от номинального значения, наибольшее отклонение ± десять процентов) на уровнях напряжения непосредственно на шинах потребителей электроэнергии и электростанции.

Уровень допустимых потерь напряжений не должен превышать 10 % на системах 10 кВ, 8 % на системах 0,38/0,22 кВ, 1 % на проводке одноэтажных жилых домов и 2% на сетях зданий, сооружений, двухэтажных и многоэтажных зданий.

В отсутствие исходных данных, для расчета отклонений напряжения на уровне потребителей, рекомендуется, чтобы потери напряжения в элементах сети 0,38 кВ составляли: 8 % на линиях, питающих потребителей, шесть с половиной процентов на промышленных линиях и четыре процента от номинала на животноводческих фермах.

При планировании с/х сетей, мощность систем компенсации должна определяться при условии достижения оптимального коэффициента реактивной мощности для минимизации издержек на уменьшение потерь энергии.

Запросы во время составления проекта к линиям электропередачи 0,38/0,22 кВ:

- при проектировании воздушных линий с совместной подвеской на опорах проводов линий электропередачи 0,38/0,22 кВ и линий проводного вещания напряжением до 360 В необходимо руководствоваться ПУЭ, использования опор ВЛ для совместной подвески проводов электроснабжения (380 В) и проводного вещания (не выше 360 В) и НТПС;
- для разработки ВЛ с объединённой подвеской питающих линий 0,38/0,22 кВ и линий до 360 В важно соблюдать ПУЭ, применять опоры ВЛ для общей подвески питающих линий (380 В) и линий передачи (максимум 360 В) и применять НТПС;
- в случае параллельных линий 0,38 кВ и 10 кВ важно изучить возможность использования общих столбов для общей подвески проводов обеих линий [22].

Таким образом, реконструкции питающих кабельных линий 0,38 кВ в электрической сети предприятия вполне оправданы.

5.2 Определение потерь электроэнергии в кабельных линиях до реконструкции и после её проведения

Размер фактических потерь электрической энергии в электрических сетях определяется как разница между объемом электрической энергии, переданной в электрическую сеть из других сетей или от производителей электрической энергии, и объемом электрической энергии, которая поставлена по договорам энергоснабжения (купли–продажи (поставки) электрической энергии (мощности) и потреблена энергопринимающими устройствами, присоединенными к данной электрической сети, а также объемом электрической энергии, которая передана в электрические сети других сетевых организаций.

В отношении потребителя, энергопринимающее оборудование которого присоединено к объектам электросетевого хозяйства, с использованием которых указанный потребитель оказывает услуги по передаче электрической энергии, размер фактических потерь электрической энергии, возникающих на таких объектах электросетевого хозяйства $V_{факт}$, определяется по следующей формуле:

$$V_{факт} = V_{отп} \times (N/100\% - N) \quad (9)$$

где $V_{отп}$ – объем отпуска электрической энергии из электрических сетей потребителя электрической энергии, осуществляющего деятельность по оказанию услуг по передаче электрической энергии, в энергопринимающие устройства (объекты электросетевого хозяйства) смежных субъектов электроэнергетики;

N – величина технологического расхода (потерь) электрической энергии (уровень потерь электрической энергии при ее передаче по электрическим сетям), которая рассчитана в процентах от объема отпуска электрической энергии в электрическую сеть потребителя электрической энергии, осуществляющего деятельность по оказанию услуг по передаче электрической энергии, как сетевой организации и учтена органом исполнительной власти субъекта Российской Федерации в области государственного регулирования тарифов при установлении единых (котловых) тарифов.

Сетевые организации обязаны оплачивать стоимость электрической энергии в объеме фактических потерь электрической энергии, возникших в принадлежащих им объектах сетевого хозяйства.

Стоимость электрической энергии в объеме фактических потерь электрической энергии, возникших на объектах электросетевого хозяйства, входящих в единую национальную (общероссийскую) электрическую сеть и принадлежащих собственникам или иным законным владельцам, которые

ограничены в соответствии с Федеральным законом «Об электроэнергетике» в осуществлении своих прав в части права заключения договоров об оказании услуг по передаче электрической энергии с использованием указанных объектов, оплачивается той организацией, которая в соответствии с договором о порядке использования таких объектов обязана приобретать электрическую энергию (мощность) для компенсации возникающих в них фактических потерь электрической энергии.

Потребители услуг, за исключением производителей электрической энергии, обязаны оплачивать в составе тарифа за услуги по передаче электрической энергии нормативные потери, возникающие при передаче электрической энергии по сети сетевой организацией, с которой соответствующими лицами заключен договор.

Потребители услуг, опосредованно присоединенные через энергетические установки производителей электрической энергии, оплачивают в составе тарифа за услуги по передаче электрической энергии нормативные потери только на объемы электрической энергии, не обеспеченные выработкой соответствующей электрической станцией.

Потребители услуг оплачивают потери электрической энергии сверх норматива в случае, если будет доказано, что потери возникли по вине этих потребителей услуг.

Нормативы потерь электрической энергии при ее передаче по электрическим сетям утверждаются федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим функции по выработке и реализации государственной политики и нормативно–правовому регулированию в сфере топливно–энергетического комплекса, в соответствии с настоящими Правилами и методикой определения нормативов потерь электрической энергии при ее передаче по электрическим сетям, утверждаемой федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим функции по выработке и реализации государственной политики и нормативно–правовому регулированию в сфере топливно–энергетического комплекса, по

согласованию с федеральным органом исполнительной власти в области государственного регулирования тарифов и федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим функции по выработке государственной политики и нормативно–правовому регулированию в сфере анализа и прогнозирования социально–экономического развития.

Нормативы потерь электрической энергии в электрических сетях устанавливаются в отношении совокупности линий электропередачи и иных объектов электросетевого хозяйства, принадлежащих соответствующей сетевой организации (собственнику или иному законному владельцу объектов электросетевого хозяйства, входящих в единую национальную (общероссийскую) электрическую сеть, который ограничен в соответствии с Федеральным законом «Об электроэнергетике» в осуществлении своих прав в части права заключения договоров об оказании услуг по передаче электрической энергии с использованием указанных объектов), с учетом дифференциации по уровням напряжения сетей при установлении тарифов на услуги по передаче электрической энергии.

Нормативы потерь электрической энергии при ее передаче по электрическим сетям территориальных сетевых организаций определяются на основе сравнительного анализа потерь с дифференциацией по уровням напряжения исходя из необходимости сокращения нормативов потерь электрической энергии к 2017 году не менее чем на 11 %уровня потерь электрической энергии, предусмотренного в сводном прогнозном балансе производства и поставок электрической энергии (мощности) в рамках Единой энергетической системы России по субъектам Российской Федерации на 2012 год, в соответствии с порядком, предусмотренным методикой определения нормативов потерь электрической энергии при ее передаче по электрическим сетям.

Методика определения нормативов потерь электрической энергии при ее передаче по электрическим сетям предусматривает снижение нормативов потерь электрической энергии к 2017 году не менее чем на 11 % уровня

потерь электрической энергии, предусмотренного в сводном прогнозном балансе производства и поставок электрической энергии (мощности) в рамках Единой энергетической системы России по субъектам Российской Федерации на 2012 год, и определение нормативов указанных потерь на основе:

- технологических потерь электрической энергии в объектах электросетевого хозяйства, обусловленных физическими процессами, происходящими при передаче электрической энергии, с учетом технических характеристик линий электропередачи, силовых трансформаторов и иных объектов электросетевого хозяйства, определяющих величину переменных потерь в соответствии с технологией передачи и преобразования электрической энергии, условно–постоянных потерь для линий электропередачи, силовых трансформаторов и иных объектов электросетевого хозяйства;
- сравнительного анализа потерь электрической энергии при ее передаче по электрическим сетям территориальных сетевых организаций с дифференциацией по уровням напряжения.

Стоимость потерь электрической энергии при ее передаче по электрическим сетям единой национальной (общероссийской) электрической сети определяется как произведение объема фактического отпуска электрической энергии из единой национальной (общероссийской) электрической сети в течение расчетного периода в отношении потребителя услуг по передаче электрической энергии, норматива потерь электрической энергии при ее передаче по электрическим сетям единой национальной (общероссийской) электрической сети и ставки тарифа на услуги по передаче электрической энергии, используемой для целей определения расходов на оплату нормативных потерь электрической энергии при ее передаче по электрическим сетям единой национальной (общероссийской) электрической сети, определяемой в соответствии с Основами ценообразования в области регулируемых цен (тарифов) в электроэнергетике.

В случае если центр питания (распределительное устройство подстанции, входящей в единую национальную (общероссийскую) электрическую сеть, или распределительное устройство электрической станции, соединенное с линиями электропередачи, входящими в единую национальную (общероссийскую) электрическую сеть) (далее – центр питания) и энергопринимающие устройства (объекты электросетевого хозяйства) потребителя услуг по передаче электрической энергии, присоединенные к таким центрам питания, расположены в разных субъектах Российской Федерации, при определении стоимости потерь электрической энергии при ее передаче по электрическим сетям единой национальной (общероссийской) электрической сети используется норматив потерь электрической энергии при ее передаче по электрическим сетям единой национальной (общероссийской) электрической сети для соответствующего уровня напряжения в отношении субъекта Российской Федерации, в котором расположен центр питания.

Фактический отпуск электрической энергии из единой национальной (общероссийской) электрической сети потребителю услуг по передаче электрической энергии в течение расчетного периода для целей настоящего пункта определяется как разность между объемами перетоков электрической энергии от центров питания в сеть потребителя услуг по передаче электрической энергии и объемами перетоков из сети потребителя услуг по передаче электрической энергии в единую национальную (общероссийскую) электрическую сеть по каждому субъекту Российской Федерации и уровню напряжения.

В случае если фактический отпуск электрической энергии из единой национальной (общероссийской) электрической сети в сеть потребителя услуг по передаче электрической энергии осуществляется от нескольких центров питания, расположенных в разных субъектах Российской Федерации, при определении фактического отпуска электрической энергии из единой национальной (общероссийской) электрической сети в сеть

потребителя услуг по передаче электрической энергии суммарный объем перетока электрической энергии из сети потребителя услуг по передаче электрической энергии в единую национальную (общероссийскую) электрическую сеть вычитается из объемов перетоков электрической энергии от центров питания в сеть потребителя услуг по передаче электрической энергии пропорционально объемам перетоков электрической энергии от центров питания в сеть потребителя услуг по передаче электрической энергии по каждому субъекту Российской Федерации и уровню напряжения.

В случае если объем фактического отпуска электрической энергии из единой национальной (общероссийской) электрической сети потребителю услуг по передаче электрической энергии на одном уровне напряжения имеет положительное значение, а на другом уровне напряжения – отрицательное значение, определяется общий суммарный объем фактического отпуска электрической энергии из единой национальной (общероссийской) электрической сети.

В случае положительного значения суммарного объема фактического отпуска электрической энергии из единой национальной (общероссийской) электрической сети применяется норматив потерь электрической энергии при ее передаче по электрическим сетям единой национальной (общероссийской) электрической сети по соответствующему уровню напряжения того субъекта Российской Федерации, с территории которого фактический отпуск электрической энергии из единой национальной (общероссийской) электрической сети потребителю услуг по передаче электрической энергии имеет положительное значение.

Стоимость потерь электрической энергии при ее передаче по электрическим сетям для территориальных сетевых организаций при применении двухставочного варианта тарифа определяется как произведение объема фактического отпуска электрической энергии потребителям в течение расчетного периода и ставки на оплату нормативных потерь электрической

энергии при ее передаче по электрическим сетям для территориальных сетевых организаций на соответствующем уровне напряжения.

5.3 Определение экономической эффективности реконструкции питающих кабельных линий 0,38 кВ в электрической сети предприятия

Расчет экономической эффективности программы в работе проводится в двух направлениях:

- расчёт экономической эффективности реконструкции кабельных линий с целью уменьшения потерь электроэнергии;
- расчёт экономической эффективности внедрения АСКУЭ с дифференцированными по времени суток тарифов на электроэнергию.

Расчёт эффективности реконструкции кабельных линий с целью уменьшения потерь электроэнергии производится на основе проведенной реконструкции.

В работе рассматривается проблема уменьшения потерь электроэнергии в питающих кабельных линиях электропередачи напряжением 0,38 кВ предприятия (распределительные щиты и линии в качестве примера).

В данное время на указанных структурах также может производится реконструкция, связанная с их перегрузкой, обусловленными подключением новых потребителей, изначально не предусмотренных в проекте, поэтому рассмотрение вопроса уменьшения потерь электроэнергии в указанных перегруженных структурах является актуальным заданием.

С учётом возросшей нагрузки кабельных линий, которая не была первоначально учтена в проекте, разработанному в 70-е годы, производится перерасчёт сечений кабельных линий.

Для этого определяются расчётные нагрузки и расчётный ток кабельных линий и осуществляется выбор сечений провода по длительному

допустимому току и проверка выбранного сечения по допустимой потере напряжения.

Расчетная электрическая нагрузка кабельных линий $P_л$, кВт, определяется следующим образом:

$$P_р = k_0 \times P_{макс}, \quad (10)$$

где k_0 – коэффициент одновременности максимумов нагрузки, ($k_0 = 0{,}9$),

$P_{макс}$ – фактическая максимальная активная нагрузка КЛ, кВт.

Расчетная реактивная нагрузка кабельной линии $Q_л$, кВАр, определяется по следующей формуле:

$$Q_л = P_р \times tg_л, \quad (11)$$

где $tg_л$ – коэффициент реактивной нагрузки, соответствующий значению коэффициента активной нагрузки энергосистемы ($\cos\varphi = 0{,}95$).

Также, согласно требованиям ГОСТ, необходимо проверить кабели на допустимые потери напряжения, которые не должны превышать значений в нормальном режиме $\Delta U_{доп} = 5\%$. Потери напряжения в кабельной линии в нормальном режиме работы ΔU, %, осуществляется по приведенному примеру, представленному на рисунке 6.

Расчет потери напряжения в однофазных сетях 12, 24, 36, 48В

Расчет потери напряжения (без учета индуктивного сопротивления)					
24	Ток I, A	Длина l, м	Сечение F, мм2	Кф.	ΔU, %
A	2	30	4	32	3,94

Рисунок 6 – Расчет потери напряжения в кабельной линии в нормальном режиме работы

Выводы по главе

Была обоснована и проведена реконструкция питающих кабельных линий 0,38 кВ с целью минимизации потерь электроэнергии.

Определены потери электроэнергии в кабельных линиях до реконструкции и после её проведения. Определена экономическая эффективность проводимых мер в двух направлениях – расчёт экономической эффективности реконструкции кабельных линий с целью уменьшения потерь электроэнергии и расчёт экономической эффективности внедрения АСКУЭ с дифференцированными по времени суток тарифов на электроэнергию. Расчёт эффективности реконструкции кабельных линий с целью уменьшения потерь электроэнергии производился на основе проведенной реконструкции.

Заключение

Рыночная экономика, подразумевает постоянный рост затрат на энергоресурсы за счет повышения цен на них. Сюда же смело можно добавить и значительное увеличение потребления энергоресурсов в последние годы. Такие тенденции заставляют всерьез задуматься о более эффективном и менее энергоемком использовании энергоресурсов. Эти факторы диктуют необходимость внедрения эффективных средств учета, способствующих снижению затрат на энергоресурсы, а также разработки энергосберегающей политики и мероприятий по энергосбережению.

АСКУЭ – это автоматизированная система коммерческого учета электроэнергии, полноценным образом обеспечивающей дистанционный сбор информации со специально оборудованных приборов учета, передачу сведений на верхнюю ступень при условии их обработки.

Доминирующей целью при использовании АСКУЭ является стабильная экономика энергетических ресурсов, и как следствие, уменьшение финансовых затрат промышленных предприятий. Экономический эффект может достигать 17-26 % в год от общего потребления ресурсов. Менее чем за один год происходит окупаемость затрат, выделенных на создание и внедрение современной АСКУЭ.

На данный момент АСКУЭ предприятия – это один из самых важнейших механизмов, без которых нет возможности эффективно решать различные проблемы расчетов за энергетические ресурсы с поставщиками и потребителями, постоянной экономии энергетических носителей и снижения доли энергетических затрат в доли себестоимости продукции предприятия.

Для достижения поставленной цели был решен ряд задач: разработана усовершенствованная методика прогнозирования энергопотребления АСКУЭ, осуществлена программная реализацию нейросетевой модели прогнозирования энергопотребления АСКУЭ, дано экономическое обоснование внедрение АСКУЭ на исследуемом предприятии.

В данной работе были рассмотрены причины потери электроэнергии на производстве, их структура. Также, были проанализированы данные, полученные с ТОО «BARON», рассмотрены различные варианты модернизации установки сети электроэнергии в ней, чтобы тем самым улучшить производственные процессы компании.

Использование автоматизированных систем управления в любых областях жизни и деятельности человека позволяет осуществлять точный и достаточно эффективный объемный контроль за потреблением энергоресурсов на предприятии, повышая достоверность учета, оптимизируя затраты на энергоресурсы и делая жизнь более комфортной и удобной. Учет энергоресурсов является стратегически важной задачей, от которой напрямую зависит экономика любой страны. Подсчет баланса позволяет обнаружить утечки и воровство ресурсов. Беспечное использование ресурсов уходит в прошлое. Параллельно со сбором данных, производится мониторинг состояния различных систем (например, отопления, кондиционирования, ОПС и т.д.).

Проведенный анализ показал, что проект по внедрению АСКУЭ является экономически обоснованным и рекомендованным в ТОО «BARON». Поставленная в работе цель достигнута, задачи выполнены.

Список используемой литературы и используемых источников

1. Борисова Л. М., Гершанович Е. А. Экономика энергетики: учеб. пособие. Томск: Изд–во ТПУ, 2014. 208 с.
2. Броерская Н. А. Об учете и нормировании потерь электроэнергии в электрических сетях в условиях реструктуризации отрасли // Энергетик. 2014. №9. С. 16–19.
3. Быстрицкий Г. Ф. Основы энергетики. М.: КноРус, 2013. 350 с.
4. Быстрицкий Г. Ф., Гасангаджиев Г. Г., Кожиченков В. С. Общая энергетика: учеб. пособие. М.: КНОРУС, 2016. 480 с.
5. Воропай Н. И., Ковалев Н. И., Кучеров Ю. Н. Концепция обеспечения надежности в электроэнергетике. М.: Энергия, 2013. 212 с.
6. Воротницкий В. Э., Севостьянов А. В. Снижение коммерческих потерь электроэнергии в электрических сетях с применением измерительных систем // Мир измерений. 2013. №8. С. 11–19.
7. Воротницкий В. Э. Потери электроэнергии в электрических сетях: анализ и опыт снижения. М.: Энергопрогресс, 2013. 103 с.
8. Воротницкий В. Э. Снижение потерь электроэнергии – важнейший путь энергосбережения в электрических сетях // Энергосбережение. 2014. №3. С. 61–64.
9. Воротницкий В. Э., Калинкина Е. В., Комкова В. И., Пятигор В. И. Снижение потерь электроэнергии в электрических сетях. Динамика, структура, методы анализа и мероприятий // Энергосбережение. 2013. №2. С. 90–94.
10. Дергунов Е. А., Труфанов Ф. А., Лобанов А. В. Методы снижения потерь электроэнергии в распределительных сетях // Молодой ученый. 2020. № 21 (311). С. 490-492. URL: https://moluch.ru/archive/311/70578/ (дата обращения: 07.06.2022)

11. Железко Ю. С. Потери электроэнергии. Реактивная мощность. Качество электроэнергии: руководство для практических расчетов. М.: ЭНАС, 2016. 456 с.

12. Железко Ю. С., Артемьев А. В., Савченко О. В. Расчет, анализ и нормирование потерь электроэнергии в электрических сетях: руководство для практических расчетов. М.: Изд–во НЦ ЭНАС, 2004. 280 с.

13. Железо Ю. С. Потери электроэнергии. Реактивная мощность. Качество электроэнергии: руководство для практических расчетов. М.: ЭНАС, 2013. 319 с.

14. Железо Ю. С., Артемьев А. В., Савченко О. В. Расчет, анализ и нормирование потерь электроэнергии в электрических сетях: руководство для практических расчетов. М.: НЦ ЭНАС, 2013. 277 с.

15. Коршунова Л. А. Менеджмент в энергетике: учеб. пособие. Томск: Изд–во ТПУ, 2014. – 188 с.

16. Курбацкий В. Г. Анализ потерь энергии в электрических сетях на базе современных алгоритмов искусственного интеллекта // Электричество, 2015. № 4. С. 12–13.

17. Любимова Н. Г., Петровский Е. С. Экономика и управление в энергетике: учебник для магистров. М.: Юрайт, 2016. 485 с.

18. Максимов А. С. Методические указания по определению потерь электроэнергии и их снижению в городских электрических сетях напряжением 10(6)-0,4 кВ. М.: ОГТИ АКХ, 2014. 45 с.

19. Панова А. В. Экономика энергетики: учеб. Пособие. Владимир: Изд–во ВлГУ, 2013. 87 с.

20. Поликарпова Т. И., Финоченко В. А. Экономика и организация электроэнергетического производства: учеб. пособие. Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2017. – 88 с. URL: https://www.iprbookshop.ru/84186.html (дата обращения: 07.06.2022)

21. Проценко П. П., Курленко В. С. Снижение потерь в сетях 6–0,4 кВ // Энергетика: управление, качество и эффективность использования

энергоресурсов. Сборник трудов IX Международной научно-технической конференции. Амурский государственный университет. 2019. С. 245–250.

22. Регламент о правилах передачи электрической энергии [Электронный ресурс] : Постановление Правительства РФ от 27.12.2004 N 861. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_51030/ (дата обращения: 11.06.2022)

23. Савина Н. В. Разработка инструментария снижения потерь электроэнергии в распределительных сетевых комплексах // Вестник Амурского государственного университета. Естественные и экономические науки. 2019. № 11. С. 18–27.

24. Савина Н. В., Воропай Н. И. Системный анализ потерь электроэнергии в электрических распределительных сетях : учеб. Пособие. Новосибирск: Наука, 2008. 228 с.

25. Садыкова С. М. Анализ потерь электрической энергии и пути их снижения в городских электрических сетях г. Махачкалы. Нормирование технологических потерь электрической энергии // «Системные технологии». № 12. 2014. С. 53-59.

26. Ушаков В. Я. Современные проблемы электроэнергетики. Томск: Изд-во Томского политех. университета, 2014. – 447 с.

27. Хорольский В. Я., Таранов М. А., Петров Д. В. Технико–экономические расчеты распределительных электрических цепей: учеб. пособие. М.: Инфра–М, 2015. 740 с.

28. Щемелева Ю. Б., Щемелев А. Н., Давыдов С. К. Практический опыт исследования структуры электрических потерь // Промышленная энергетика. 2021. № 4. С. 53-59.

29. Якшина Н. В. Целесообразность применения трансформаторов со сниженным электропотреблением // Энергоэксперт. 2015. №3. С. 4–8.

30. 2 nd CEER Report on Power Losses. Brussels: Belgium Arrondissement judiciaire de Bruxelles, 2020. 165 p. URL:

https://www.ceer.eu/documents/104400/-/-/fd4178b4-ed00-6d06-5f4b-8b87d630b060 (дата обращения: 11.06.2022)

31. Baron Foods [Электронный ресурс] : Company profile. URL: http://www.baronfoodsltd.com (дата обращения: 11.06.2022)

32. Dams and development: a new framework for decision-making. The report of world commission on dams. London: Eart scan Publications Ltd, 2000. 356 p. URL: https://archive.internationalrivers.org/sites/default/files/attached-files/world_commission_on_dams_final_report.pdf (дата обращения: 07.06.2022)

33. Helsinki Energy. Annual report 2001. Helsinki: Helsinki Energy, 2002. 32 p.

34. Hunt S., Shuttcworth G. Competition and Choice in Electricity. Chichester: John Wiley & Sons Ltd., 1998. 370 p.

35. Implementing EPA’s Clean Power Plan: A Menu of Options [Электронный ресурс] : Reduce Losses in the Transmission and Distribution System. URL: https://www.4cleanair.org/wp-content/uploads/Documents/Chapter_10.pdf (дата обращения: 11.06.2022)

36. Jihua Xie, Chang Chen,Huan Long A Loss Reduction Optimization Method for Distribution Network Based on Combined Power Loss Reduction Strategy // Data-Enabled Intelligence in Complex Industrial Systems. 2021. Special Issue. URL: https://doi.org/10.1155/2021/9475754 (дата обращения: 11.06.2022)

37. Uzakov B., Kurbonov N., Kamalov Q., Muratov A. To the structure of electricity losses in distribution networks 6 - 110 kV // Energy Systems Research. Web of Conferences 289, 07022. 2021. URL: https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/pdf/2021/65/e3sconf_esr2021_07022.pdf (дата обращения: 11.06.2022)