

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

Институт энергетики и электротехники
(наименование института полностью)

Кафедра «Электроснабжение и электротехника»
(наименование кафедры)

13.03.02 Электроэнергетика и электротехника
(код и наименование направления подготовки, специальности)

Электроснабжение
(направленность (профиль)/специализация)

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему «Применение АСКУЭ для учета энергоснабжения газотранспортных систем»

Студент

М.А. Позднякова

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

О.В. Самолина

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Допустить к защите

Заведующий кафедрой д.т.н., профессор В.В. Вахнина

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

(личная подпись)

« ____ » _____ 2018 г.

Тольятти 2018

АННОТАЦИЯ

В данной выпускной квалификационной работе рассмотрен пример внедрения и использования системы АСКУЭ для учета энергоснабжения газотранспортных систем на примере Тольяттинского ЛПУМГ ООО «Газпром трансгаз Самара». Данная система позволила сэкономить потребляемые энергоресурсы за счет эффективного контроля и анализа их расходования.

Выпускная квалификационная работа состоит из пояснительной записки объемом 47 страниц, в том числе 10 таблиц и 2 рисунка, а также 6 чертежей формата А1.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1 Современный подход к технологиям энергосбережения	7
1.1 Промышленность и энергосбережение	7
2 Энергосберегающие технологии в промышленности	9
3 Энергосбережение и АСКУЭ	10
4 Энергетический учет как инструмент для энергосбережения.	14
5 Внедрение системы АСКУЭ в Тольяттинском ЛПУМГ	18
5.1 Назначение АИИС КУЭ	18
5.2 Цели модернизации АИИС КУЭ	19
5.3 Цели установки приборов контроля качества электроэнергии	19
5.4 Соответствие проекта действующим нормам и правилам техники безопасности	19
5.5 Характеристика объектов автоматизации	19
5.6 Описание процесса деятельности	20
5.7 Состав функций, комплексов задач, период выполнения и степень автоматизации функций АИИС КУЭ	21
5.7 Расчет эффекта энергосбережения от внедрения АСКУЭ в Тольяттинском ЛПУМГ	25
6 Перечень мероприятий по подготовке объекта к вводу в действие	26
7 Метрологическое обеспечение объекта	27
7.1 Метрологическое обеспечение АИИС КУЭ	27
7.2 Расчет погрешностей измерений	27
7.4 Расчет погрешности измерения текущего календарного времени и погрешности от рассинхронизации времени компонентов системы	29
7.5 Расчет относительной погрешности измерительных каналов	30
7.6 Контроль точности результатов измерений	35

7.7 Оценка надежности системы.....	36
7.8 Методика расчёта надежности системы	39
7.9 Расчет показателей надежности ИИК и ИВКЭ	40
7.10 Выводы по надежности системы	42
8. Совершенствование систем вентиляции и кондиционирования воздуха	43
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	45
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ	46

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время использование энергосберегающих решений - одно из главных направлений развития любого предприятия. А связано это в первую очередь с дефицитом важных энергоресурсов, постоянным ростом стоимости их добычи, а также с другими глобальными экологическими проблемами.

Понятие «экономия энергии» было впервые сформулировано на Международной энергетической конференции (МИРЭК) ООН и звучит оно так – «это эффективное использование энергоресурсов за счет применения инновационных решений, которые осуществимы технически, обоснованы экономически, приемлемы с экологической и социальной точек зрения, не изменяют привычного образа жизни». Таким образом, энергосбережение практически сводится к одному, к снижению не расходуемых потерь энергии. Проведенный анализ потерь в различных сферах распределения и потребления электроэнергии, а также производства, показал, что основная часть потерь – а это доля до 90% – приходится на сферу потребления энергии, а потери по передаче электрической энергии на расстояние составляют всего 9–10%. Поэтому необходимо основные усилия по усилению энергосбережения концентрировать именно в сфере потребления электрической энергии.

Главная задача- это увеличение эффективности использования любой энергии принадлежит энергосберегающим технологиям. Отсюда и понятие «энергосберегающая технология» звучит как «новый или усовершенствованный существующий технологический процесс, который характеризуется более высоким коэффициентом полезного использования (КПИ) топливно-энергетических ресурсов».

Развитие уже существующих и внедрение новых энергосберегающих технологий в хозяйственную деятельность как промышленных предприятий, так и обычных граждан на бытовом уровне, является одним из самых важных решений в экологических проблемах, таких как ухудшение климата,

загрязнения атмосферы из-за выбросов ТЭЦ, истощения ископаемых ресурсов и др.

Как правило промышленные предприятия внедряют энергосберегающие технологии, которые позволяют значительно экономить ресурсы:

1. Базовые общедоступные технологии для промышленных предприятий, связанные с использованием разного рода энергии. Это могут быть, например, двигатели с переменной частотой вращения, сжатый воздух, различные теплообменники, светодиодное освещение, пар от вторичных источников, охлаждение, сушка и так далее.

2. Более эффективное и менее затратное производство энергии, которое включает в себя современные модернизированные котельные, использование когенерации, т.е. совместно тепловая энергия и электричество, а также внедрение тригенерации, т.е. тепловая энергия, энергия холода и электричество. А также замену устаревшего оборудования на новое современное, более эффективное.

3. Альтернативные источники энергии.

Промышленные предприятия практически всегда используют механизмы, которые работают не в полную мощность (всегда или часть времени). Это могут быть конвейеры, вентиляторы, насосы и т.п.

Имеется немало устройств, которые помогают уменьшить потери при работе электрооборудования. Основные устройства такого типа — это конденсаторные установки и промышленные частотно регулируемые приводы. Такие электроприводы включают в себя различные встроенные функции по оптимизации энергопотребления могут очень гибко регулировать частоты вращения в зависимости от текущей нагрузки, что позволяет качественно сэкономить до 40-53% потребляемой электрической энергии.

1 Современный подход к технологиям энергосбережения

О внедрении в промышленность и быт энергосберегающих технологий, и эффективном снижении потребления природных энергетических ресурсов в наши дни говорится и пишется очень много.

Конечно, сейчас речь не идёт о полном истощении нефтяных, газовых и угольных запасов, но люди, заботящиеся о благополучии будущих поколений, уже сегодня заявляют о высоком риске возникновения глобальной энергетической катастрофы.

Чтобы избежать энергетического коллапса, учёные всего мира сосредоточены на поиске оптимальных способов решения проблемы. Что-то уже изобретено и воплощено жизнь, другие технологии только проходят начальное тестирование. Есть и только зарождающиеся революционные идеи, требующие самого пристального изучения.

1.1 Промышленность и энергосбережение

Причины экономии энергоресурсов в промышленных масштабах имеют вполне прагматичную мотивацию.

Владельцев предприятий беспокоят всего два фактора — возможное лимитирование доступа к энергетическим запасам и финансы. Ведь успешное и выгодное в экономическом плане производство — это, прежде всего, строгая и продуманная экономия во всём. А сокращение издержек на получение энергии — оптимальный путь к сокращению издержек.

Основные цели, направленные на сбережение различной энергии и любых других соответствующих мероприятий, а также различных технических инноваций на предприятиях — это, в первую очередь, снижение расходов, направленные на приобретение ресурсов и дальнейшее получение прибыли.

Достижение таких целей включает в себя такие этапы как:

– вычисление доли затрат, целевое назначение которой, это получение энергии в себестоимости основного производства;

- детальное исследование работы предприятия и дальнейший анализ энергопотребления;
- повышение эффективности технологии, используемой на производстве (в первую очередь, это сокращение потребления энергетических ресурсов);
- ужесточение контроля и учёта потребления;
- реализация бюджетных (т.е. менее дорогих) вариантов экономии (без внедрения масштабных дорогих инноваций);
- проведение обучения рабочего персонала принципам экономии (включая информационную поддержку и распространение соответствующих тематических инструкций);
- дальнейшее внедрение технологий с окупаемостью более года;
- проведение регулярного мониторинга состояния приборов учёта, а также исполнение рабочим персоналом внедрённого регламента, который направлен на сбережение энергии;
- также необходимо применять финансовое и моральное стимулирование всех без исключения участников мероприятий по сбережению ресурсов.

Основная задача для стран СНГ — перейти от государственного финансирования энергетической модернизации к использованию банковских капиталов и инвестиционных средств.

А это определённая ломка стереотипов в сфере энергетического сервиса, требующая времени и усилий со стороны владельцев всех предприятий.

2 Энергосберегающие технологии в промышленности

Наиболее энергоемкими отраслями промышленности, в которых сосредоточено более двух третей потенциала энергосбережения, являются химическая и нефтехимическая промышленность, топливный комплекс, изготовление строительных материалов, лесная и деревообрабатывающая, а также целлюлозно-бумажная промышленность. Также сюда можно включить еще и пищевую и легкую промышленность.

Основными направлениями для экономии ТЭР в данных отраслях являются несовершенство технологических процессов и устаревшее оборудование, несовершенные схемы энергоснабжения, неиспользование новых и эффективных энергосберегающих и безотходных технологий, низкий уровень утилизации вторичных энергоресурсов, использование энергоемкой осветительной аппаратуры, нерегулируемых электроприводов, малой оснащённостью приборами учета, контроля и регулирования технологических и энергетических процессов.

3 Энергосбережение и АСКУЭ

Доминирующей целью при использовании АСКУЭ является стабильная экономика (или как вариант даже растущая экономика) энергетических ресурсов, и как следствие, уменьшение финансовых затрат промышленных предприятий. Экономический эффект может достигать 17-26% в год (средние показатели среди промышленных предприятий) 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.

И не смотря на рост автоматизации различных процессов производства, до сих пор человеческий фактор играет большую роль при принятии решений. При таком раскладе АСКУЭ может существовать только как автоматизированная система, которая позволяет обнаруживать потери энергоресурсов. Но потенциал позволяет вводить АСКУЭ также и в обратный контур в системе управления энергетическим потреблением предприятия, но не через ответственного сотрудника предприятия (такого как, например, энергетика-диспетчера), а через различные, предназначенные конкретно для данного устройства, которые управляют нагрузками-регуляторами.

На две части: основную и организационно-техническую (рис. 1) можно поделить энергопотребление в принципе любого промышленного предприятия. За счет показателей энергетической емкости технологического оборудования, используемого на предприятиях формируется основная часть. Вторая часть формируется режимом эксплуатации оборудования предприятия. Данный режим зависит от персонала предприятия, в зависимости от различных производственных интересов и потребностей. При изменении первой базовой

части энергопотребления требуется замена устаревшего энергоемкого оборудования и технических процессов на более современные и менее затратные, и энергоемкие, что в первую очередь связано с модернизацией существующего производства и привлечением дополнительных крупных инвестиций.

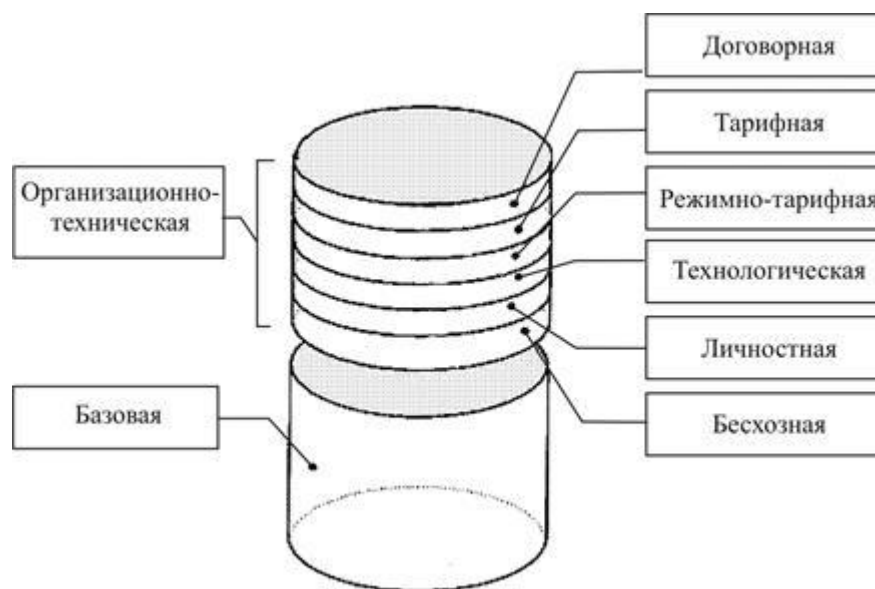


Рисунок 1 - Составляющие энергопотребления предприятия

И если изменение первой части затратный процесс, то можно по возможности постараться минимизировать организационно-техническую часть уровня энергопотребления промышленного предприятия, которая не требует таких больших денежных затрат, но в результате дает быстрый практический эффект.

Организационно-техническая часть энергопотребления промышленного предприятия состоит из 6 основных частей:

– Фиктивная договорная часть – это расчеты предприятия за используемые энергетические ресурсы, которые они получают от своих поставщиков, с этими же поставщиками, а также и потребителями. Используются указанные в договоре цены, которые как правило, выше фактических цен, что влечет за собой дополнительные финансовые потери. С

помощью коммерческого учета в системе АСКУЭ данные затраты можно быстро минимизировать;

– Тарифная часть базируется на расчетах предприятия за энергетические ресурсы со своими поставщиками по фактическим ценам. Отсутствие учета не позволяет использовать самый выгодный для потребителя тариф. Эта часть также минимизируется с помощью коммерческого учета в АСКУЭ;

– Режимно-тарифная часть, позволяет изменять режимы работы промышленного оборудования предприятия как в рамках времени, так и задавая величину энергопотребления. Здесь коммерческий и технический учет в системе АСКУЭ поможет с элементами прогнозирования и анализа состава нагрузок;

– В технологической части, АСКУЭ помогает существенно уменьшить количество нарушений в технологическом цикле предприятия и неэффективное использование оборудования посредством капитального, с детальностью на уровне цехов технического учета по всему предприятию. Данный учет подразумевает введение расчетов по ресурсам предприятия;

– Личностная часть (человеческий фактор) – эта часть содержит расходы, возникающие в следствии использования производственного оборудования и материалов предприятия сотрудниками в своих личных целях. Организация на предприятии технического учета в АСКУЭ с достаточно детальными расчетами норм при выпуске единицы продукции позволяет избавиться от таких затрат. В данную часть можно также включить и управленческий эффект. Появляется возможность вести контроль всех событий, которые могут возникать на предприятии, а также сократить время принятия решений с целью оптимизации производственных процессов;

– И наконец, технический учет в АСКУЭ позволяет минимизировать бесхозную часть энергопотребления. Данная часть включает в себя незаинтересованность и безразличие персонала предприятия к энергетическим потерям разного вида [19].

Организационно-техническая эффективность результатов внедрения в АСКУЭ также зависит от:

- Уменьшения числа ошибочно производимых операций и качественного сокращения времени при локализации места аварии, существенного уменьшения количества аварий и постоянное сокращение времени простоя промышленного оборудования позволяет повысить надежность режима электроснабжения;

- Одна из наиболее важных проблем любого промышленного предприятия, решение которой очень важно найти, это расчет за фактически потребляемые ресурсы, а не за нормированное потребление;

- Реализация функций управления потреблением предприятия. Данный блок позволяет вести учет и технологическую специфику в работе предприятия и соответственно быстро корректировать нормы расхода. Данное управление позволяет не допускать превышение лимитов при потреблении электрической энергии и формировать графики, позволяющие наиболее оптимально строить работу электрооборудования предприятия;

- Современные методы автоматизации выполнения «рутинных операций» (такие как снятие показаний с электросчетчиков, расходомеров и другого оборудования) позволяют существенно сэкономить на трудовых ресурсах, которые раньше приходилось тратить на учет расходования энергетических ресурсов;

Оперативный учет является наиболее качественным и полным контролем. Такой контроль возможен только при автоматизации энергетического учета с помощью АСКУЭ на предприятии и его объектах и позволяет уменьшить расходы. Вышеописанные доли энергетических потерь на различных промышленных предприятиях могут достигать от 13 до 24% и более от общего энергопотребления предприятия.

4 Энергетический учет как инструмент для энергосбережения.

Современная экономика «подразумевает» постоянный рост цен на энергетические ресурсы. Поэтому промышленным предприятиям необходимо постоянно совершенствовать технологии по энергосбережению, разрабатывать новые и совершенствовать старые мероприятия, направленные на эффективное энергосбережение. Сюда можно включить уменьшение доли энергетических затрат в себестоимости продукции, рациональное их (энергоресурсов) использование.

На многих промышленных предприятиях АСКУЭ как система энергосбережения может показать себя достаточно эффективно.

Обеспечение постоянно меняющейся (в лучшую сторону) оптимизации понесенных затрат за потребляемые энергетические ресурсы в условиях постоянно изменяющейся экономической среды достигается за счет АСКУЭ – это некоего инструмента, который позволяет «измерять» экономические обоснования разработок в сфере энергосбережения, осуществлять достаточно большой комплекс мероприятий по энергосбережению на предприятии.

АСКУЭ – это многослойная система, которая включает в себя как программные средства, так и технические средства предприятия. Сервер базы данных – это третий, последний уровень системы. Он позволяет хранить информации и обрабатывать её. Трансформаторные подстанции с установленными на них маршрутизаторами каналов связи (МКС) – это второй уровень АСКУЭ. Дополнительно используются мобильные терминалы. И наконец, программно-технические средства, включая приборы учета (ПУ) и дистанционный управление – это первый уровень АСКУЭ. Здесь связь между оборудованием осуществляется по радио каналам (RF).

Экономия энергоресурсов показывает, что опыт внедрения комплекса АСКУЭ на промышленных предприятиях – это достаточно эффективное средство энергосбережения. Использование только коммерческого учета не позволит внедрить мероприятия по энергосбережению потому что невозможно:

- оперативно регулировать потребление электрической энергии предприятия и других энергетических ресурсов с учетом настоящей загрузки предприятия;

- при повышении предприятием договорной мощности производить разработку планов отключения электрических установок в пиковые моменты нагрузки;

- реализовать оперативные учет потребления предприятием использованной энергии (а также отдельными частями предприятия).

Чтобы разрабатывать мероприятия по эффективному энергосбережению, необходимо внедрение различных специализированных АСКУЭ, что даст предприятию реальный инструмент:

- за соблюдение заданных режимов работы различных компенсирующих устройств производить соответствующий мониторинг;

- разработать и внедрить наиболее оптимальные и эффективные режимы работы используемого на предприятии электрооборудования;

- с целью выявления различных непроизводительных потерь энергоресурсов необходимо производить анализ нагрузок по тарифным зонам и рабочим сменам промышленного предприятия;

- осуществлять контроль за соблюдением потребления энергии, не допускать превышение лимитов;

- искать методы, позволяющие эффективно снижать заявленную мощность и потребление энергоресурсов;

- определять наиболее критические для работающего оборудования временные точки (интервалы) потребления энергоресурсов.

Для эффективного использования АСКУЭ рекомендуется проводить (возможно даже и периодически) следующие организационные и технические мероприятия:

- Сформировать графики, отражающие потребление электроэнергии и мощности (с разбивкой по тарифным зонам, сменам, подразделениям) с помощью АСКУЭ (рекомендуемый период 2–3 месяца);

– с помощью АСКУЭ определить по временной шкале графика, исходя из полученных расчетным методом данных, критические точки потребления мощности и электроэнергии;

– На выбранный период с учетом тарифных зон и рабочих смен сформировать временной график работы электрического оборудования;

– Составить документы, содержащие перечни эксплуатируемого электрооборудования с их номинальным показателем потребления мощности по каждому подразделению;

– Определить крайние критические значения (максимальные и минимальные точки). Дополнительно определить средние значения (по предприятию в целом и по его подразделениям) потребления электрической энергии и мощности.

Улучшить работу используемого электрического оборудования предприятия. Для этих целей можно проработать, например, такие мероприятия как ограничить потребление электрической энергии и потребляемой мощности подразделениями предприятия с учетом планируемой загрузки производственных мощностей предприятия;

Внедрение АСКУЭ на Тольяттинском ЛПУМГ позволило за два года (2016 – 2017 гг.) снизить потребление электрической энергии на 7% и увеличить коэффициент использования лимита мощности с 87 до 96%.

Внедрение и дальнейшее использование АСКУЭ в рамках проведения различных энергосберегающих мероприятий, позволяет за 1-4 месяца окупить произведенные затраты на внедрение системы. В таком случае, следующим шагом является подготовка и заключение договоров с организациями сферы энергоснабжения. В таких договорах используется метод оплаты по цифрам фактического потребления энергетических ресурсов. На предприятии необходимо ввести многотарифную систему оплаты за потребленную энергию.

Дальнейшим шагом автоматизации после АСКУЭ является создание единой АСУ энергоснабжения различных промышленных предприятий. Это

позволит уменьшить количество перерывов (а также и длительность) в электроснабжении предприятия.

5 Внедрение системы АСКУЭ в Тольяттинском ЛПУМГ

В 2012 году, руководством ПАО «Газпром» были приняты решения, направленные на модернизацию существующей Автоматизированной информационно-измерительной системы коммерческого учета электроэнергии (АИИС КУЭ) КЦ-2 Тольяттинского ЛПУМГ ООО «Газпром трансгаз Самара». Необходимость модернизации, существующей АИИС КУЭ КЦ-2, обусловлена тем, что ее оборудование исчерпало срок полезного использования и морально устарело, в связи, с чем не обеспечивается необходимый уровень надежности. В рамках проведения работ по модернизации АИИС КУЭ КЦ-2, предусматривается установка приборов контроля качества электроэнергии (ПКЭ).

5.1 Назначение АИИС КУЭ

Основная функция АИИС КУЭ КЦ-2 – это реализация автоматизированного контроля за потреблением энергоресурсов и коммерческий учет электроэнергии и мощности, а именно:

- Осуществление автоматизированного сбора параметров потребления электроэнергии, которые поступают от электросчетчиков коммерческого и технического учета электроэнергии, с дальнейшей их обработкой и хранением;
- Идентификация и уменьшение технических и коммерческих потерь и расчет баланса энергии и мощности;
- Контроль за режимами энергопотребления предприятия с целью обеспечения надежности системы электроснабжения, создания и печати отчетных форм;
- Формирование долговременных электронных архивов информации;
- передачи полученной информации в АСКУЭ головного офиса ПАО «Газпром» и заинтересованным субъектам ОРЭ.

5.2 Цели модернизации АИИС КУЭ

Целью модернизации АИИС КУЭ КЦ-2 является повышение надежности АИИС КУЭ за счет замены существующего оборудования, так как оно морально устарело и уже не обеспечивает необходимый уровень надежности. Дополнительно в АИИС КУЭ КЦ-2 включаются приборы контроля качества электроэнергии.

5.3 Цели установки приборов контроля качества электроэнергии

Целью установки приборов контроля качества электроэнергии является измерение, вычисление и анализ показателей качества электрической энергии в соответствии с ГОСТ Р 8.655-2009, ГОСТ 30804.4.30-2013 (класса А), ГОСТ 30804.4.7-2013 (класса I), ГОСТ Р 51317.4.15-2012 и норм качества согласно ГОСТ 32144-2013, ГОСТ 33073-2014.

5.4 Соответствие проекта действующим нормам и правилам техники безопасности

Технические решения, указанные в технической документации проекта, соответствуют всем требованиям экологических, противопожарных и санитарно-гигиенических и других норм, а также правилам взрывобезопасности, действующих на территории РФ, и обеспечивают необходимую безопасность для жизни и здоровья сотрудников при эксплуатации системы с соблюдением предусмотренных в проекте мероприятий.

5.5 Характеристика объектов автоматизации

На объекте автоматизации ЗРУ-10кВ КЦ-2 Тольяттинского ЛПУМГ ООО «Газпром трансгаз Самара» ранее была построена АИИС КУЭ КЦ-2 по проекту 2006 года. Срок амортизации – 6 лет. Оборудование АИИС КУЭ КЦ-2 исчерпало срок полезного использования и морально устарело, в связи с чем не

обеспечивается необходимый уровень надежности. Возникла необходимость модернизации существующей системы учета электроэнергии.

В данный момент в ЗРУ-10кВ КЦ-2 приборы контроля качества электроэнергии не установлены.

5.6 Описание процесса деятельности

Модернизируемая АИИС КУЭ КЦ-2 - это комплекс программно-технических средств, который состоит из:

- первичных средств учета – цифровых счетчиков электроэнергии;
- преобразователей первичных – трансформаторов тока и напряжения;
- устройства сбора и передачи данных (УСПД) и каналов связи УСПД с приборами учета;
- оборудования СПД и ИВК;
- средств программного обеспечения счетчиков, УСПД, оборудования СПД и ИВК.

При модернизации в АИИС КУЭ КЦ-2 дополнительно включаются узлы учета энергоресурсов, а также приборы контроля качества электроэнергии (ПКЭ). Функционирование АИИС КУЭ КЦ-2 осуществляется нижеприведенным образом. Измерения электроэнергии выполняются на основе счетчиков учета электроэнергии через первичные преобразователи – трансформаторы тока и напряжения. Счетчики производят измерения и вычисления потребляемой и (или) отданной активной и реактивной электроэнергии и мощности. Интервал времени усреднения мощности 30 минут. УСПД уровня ИВКЭ осуществляет автоматический сбор данных (с интервалом в 30 минут) со счетчиков по цифровому интерфейсу через промежуточные преобразователи каналов связи. УСПД считывает по запросам и в автоматическом режиме: журналы состояний средств измерений, журналы событий, журнал корректировки времени, статусный журнал, чтение массивов учетной энергии нарастающего итога и профиль мощности. Полученные данные обрабатываются и сохраняются в архивах памяти УСПД. Сбор профиля

нагрузки осуществляется с учетом запрограммированного в счетчиках перехода зима/лето. Передача данных от УСПД происходит по запросам коммуникационного сервера системы вышестоящего уровня (ИВК) для хранения и отображения в установленной форме. Уровень ИВК производит опрос УСПД не реже 1 раза в сутки. Передача данных в ИВК, и далее в ИАСУ КУ ОАО «АТС», и другим заинтересованным субъектам ОРЭ осуществляется с заданной периодичностью. Приборы контроля качества электроэнергии (ПКЭ) выполняют измерение показателей качества электрической энергии, накапливает измеренные данные и события. Данные с ПКЭ передаются в УСПД с заданной периодичностью.

5.7 Состав функций, комплексов задач, период выполнения и степень автоматизации функций АИИС КУЭ

В таблице 1 приведен состав функций, комплексов задач, период выполнения и степень автоматизации функций АИИС КУЭ:

Таблица 1 – Состав функций

Функция	Задача	Период решения, степень автоматизации
1	2	3
1. Измерение физических величин, характеризующих учет электроэнергии;	Получение аналоговых сигналов от первичных измерительных преобразователей (ТТ, ТН)	Непрерывно в автоматическом режиме
2. Сбор и первичная обработка аналоговых сигналов. Производится: - преобразование аналоговых сигналов от	Сбор аналоговой измерительной информации от ТТ, ТН и преобразование ее в цифровую форму в	Непрерывно в автоматическом режиме

Продолжение таблицы 1

первичных измерительных преобразователей в цифровую форму; - вычисление значений учитываемых параметров по заданным алгоритмам расчета; - регистрация значений учитываемых параметров; - проверка выхода значений учитываемых параметров за допустимые пределы (уставки) и формирование признаков выхода за уставку.	счетчиках учета электроэнергии.	
3. Архивация результатов измерения в архивы счетчиков электроэнергии заносится: - интегральные значения учитываемых	Хранение измерительной информации в энергонезависимой памяти и последующая передача данных в УСПД	30 минут для учета электрической энергии. Выполняется автоматически

Продолжение таблицы 1

параметров за заданные интервалы времени; - средние интервальные значения учитываемых параметров.		
4. Сбор и хранение технологической информации о работе программно-технических средств системы. В архив (журнал событий) заносится: - сведения о возникновении НС в работе КТС системы; - учет времени перерывов питания узла учета; - учет времени непрерывной работы узла учета;	Регистрация информации о состоянии СИ, накопление в архивах электросчетчиков и последующее отображение на мониторе АРМ, на ЖКИ счетчика электроэнергии по запросам оператора.	По мере возникновения события, в автоматическом режиме, с присвоением метки времени (дата, время)
5. Отображение информации оператору-технологу	Отображение на мониторе АРМ видеокадров в виде таблиц, графиков; Отображение на ЖКИ счетчика электроэнергии	По запросу оператора-технолога с задержкой 1 - 30 с
6. Удаленный (по сети) контроль	Отображение на мониторе АРМ	По запросу оператора-технолога с задержкой 1

Продолжение таблицы 1

работоспособности программно-технических средств системы.	видеокадров в виде таблиц, графиков; Отображение журналов событий.	- 30 с
7. Синхронизация времени в	Обеспечение синхронизации времени	Автоматически
электросчетчиках	в электросчетчиках с точностью не хуже 5,0 с/сутки.	

В состав АИИС КУЭ КС-22 входят точки учета электроэнергии реализующие функции:

- автоматическое измерение сигналов от ТТ, ТН и преобразование их в соответствующие физические величины, измеряемые прибором учёта;
- автоматическое измерение времени и интервалов времени в приборе учёта;
- конфигурирование и настройка параметров системы;
- возможность автономного и дистанционного сбора данных;
- ведение журнала событий не менее 60 суток (с учётом объема памяти, отведённой под архив);
- визуальный контроль и отображение данных результатов измерений и вычислений; – защиту от НСД на аппаратном и программном уровне;
- автоматическое накопление суммарных параметров и вычисление среднечасовых значений параметров с записью в архивы по заданным периодам не менее - по часам (35 суток), по суткам (60 суток), по месяцам (1 год);
- удаленный контроль режима работы программно-технических средств компонентов из состава АИИС КУЭ.

5.8 Расчет эффекта энергосбережения от внедрения АСКУЭ в Тольяттинском ЛПУМГ

Экономия электроэнергии при внедрении АСКУЭ обусловлена снижением потерь, связанных с неправильным анализом баланса о приходе-расходе электроэнергии, выявлением неучтенных потребителей и снижением коммерческих потерь электроэнергии в сетях.

Величину планируемой (фактической) экономии электроэнергии на КС при внедрении АСКУЭ, $\Delta W_{\text{АСКУЭ}}$ тыс. кВт·ч, за расчетный период рассчитывают по формуле

$$\Delta W_{\text{АСКУЭ}} = k_{\text{АСКУЭ}} * W_{\text{КС}}, \quad (1)$$

Где $k_{\text{АСКУЭ}}$ – коэффициент эффективности использования АСКУЭ, рассчитывают в ГТДОНа основании утвержденной НД;

$W_{\text{КС}}$ – планируемая (фактическая) величина потребления электроэнергии КС за расчетный период, тыс. кВт·ч [20].

Рассчитаем экономию электроэнергии при внедрении АСКУЭ в Тольяттинском ЛПУМГ на пример за 2017 год

Исходные данные для расчета:

- объем годового потребления электроэнергии КС за 2017 год $W_{\text{КС}} = 237\,551,638$ тыс. кВт·ч;

- коэффициент эффективности использования АСКУЭ $k_{\text{АСКУЭ}} = 0,035$.

Расчет произведен по формуле 1:

$$\Delta W_{\text{АСКУЭ}} = 0,035 \cdot 237\,551,638 = 8\,314,307 \text{ тыс. кВт·ч.}$$

6 Перечень мероприятий по подготовке объекта к вводу в действие

Изменение объектов автоматизации обеспечивается проведением следующих мероприятий:

- подготовка объектов автоматизации к производству строительно-монтажных и пусконаладочных работ;
- организация безопасного проведения работ на объектах автоматизации в соответствии с действующими нормами и правилами;
- выполнение работ в соответствии с проектной документацией;
- выполнение требований руководств по эксплуатации на технические средства, входящие в АИИС КУЭ при монтаже и наладке данных технических средств.

Для организации защиты технических и программных средств, предусматривается проведение следующих мероприятий:

- параллельно электрическим счетчикам выполнить подключение ПКЭ к обмоткам трансформаторов напряжения и тока (вторичные обмотки);
- осуществить пломбирование измерительных ТТ и ТН (промежуточных клеммных сборок);

На программном уровне организован многоуровневый доступ к ПО технических средств с разграничением прав пользователей через систему паролей.

7 Метрологическое обеспечение объекта

7.1 Метрологическое обеспечение АИИС КУЭ

На стадии проектирования согласно проектным решениям должна быть определена погрешность измерительных комплексов, в частности, каналов и быть обеспечена ее минимизация.

«Метрологическое обеспечение АИИС КУЭ КЦ-2 регламентируется, в первую очередь, методическими документами и нормативными актами, такими как Законы РФ (федеральные и местные), Гражданский кодекс РФ, стандарты (отраслевые и общероссийские), правила, различные положения и инструкции предприятия, рекомендации и методические указания, а также ведомственные приказы и многие другие документы» [18].

В соответствующих рабочих условиях, в которых применяется АИИС КУЭ КЦ-2 за базовую погрешность измерений принимается предел допускаемой относительной погрешности (ДОП) измерительного канала и при доверительной вероятности, равной 0,95.

Таблица 2 - Пределы допускаемых относительных погрешностей.

Значение параметра $\cos \varphi$	Показатели нормы ДОП измерительного комплекса, %		
	Для нагрузок до 5%	Для малых нагрузок (5%-20% вкл.)	Для интервала нагрузок 20%-120%
$\cos \varphi = 0,5 - 0,8$	не указывается	не менее 5,5%	не менее 3,0%
$\cos \varphi = 0,8 - 1,0$	не указывается	не менее 2,9%	не менее 1,7%

7.2 Расчет погрешностей измерений

Согласно ГОСТ 7746-2001 «Пределы допускаемых погрешностей вторичных обмоток для измерений и учета в рабочих условиях применения по

6.4.1 при установившемся режиме должны соответствовать значениям» [1].
Значения по классу точности 0,5 указаны 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	

Согласно ГОСТ Р 52323-2005 «В нормальных условиях, приведенных в 8.5, допускаемые основные погрешности счетчика, выраженные в процентах, не должны превышать пределов для соответствующего класса точности, установленных в таблицах 4 и 5» [2]. Данные о погрешностях используемых электронных счетчиков с классом точности не более 0,2S сведены в таблицу 4.

Таблица 4 - Пределы допускаемых погрешностей счетчика.

Значение тока	Коэффициент мощности	Пределы допускаемой погрешности, % для счетчиков класса точности 0,2S
От $0,01I_{\text{ном}}$ до $0,05I_{\text{ном}}$	1	$\pm 0,4$
От $0,05I_{\text{ном}}$ до $1,2I_{\text{ном}}$ включительно		$\pm 0,2$
От $0,02I_{\text{ном}}$ до $0,1I_{\text{ном}}$	0,5 инд., 0,8 емк.	$\pm 0,5$
От $0,1I_{\text{ном}}$ до $1,2I_{\text{ном}}$ включительно	0,5 инд., 0,8 емк.	$\pm 0,3$

Согласно ГОСТ Р 50948-2001 [3] дополнительная температурная погрешность счетчика вычисляется по формуле:

$$\delta_{ct} = K_t * \Delta t \quad (2)$$

где K_t – это средний температурный коэффициент счетчика;

$\Delta t = |t_B(n) - t_{\text{норм}}|$ - значение отклонения температуры окружающего воздуха от ее нормального значения $t_{\text{норм}} = 23^\circ\text{C}$. При расчетах принимается $\Delta t = 10^\circ\text{C}$.

$$\delta_{ct} = 0,014 * 10 = 0,14 \text{ при } \cos \varphi = 0,8$$

Так как счетчики электрической энергии размещены на удаленном расстоянии от источников электромагнитного поля, то дополнительная погрешность от влияния внешнего магнитного поля очень мала, и ее можно не учитывать.

7.4 Расчет погрешности измерения текущего календарного времени и погрешности от рассинхронизации времени компонентов системы

Для счетчиков погрешность хода внутренних часов составляет $\pm 0,5 \text{ сек/сутки}$. Датирование измерений происходит в счетчиках. Среднесуточная погрешность измерения текущего календарного времени счетчиком составляет $0,0005\%$. Для УСПД при наличии внешней коррекции от УССВ, имеющего связь со спутниковой системой, обеспечивается точность измерения УСПД астрономического времени не хуже $\pm 1 \text{ сек/сутки}$.

Среднесуточная погрешность измерения текущего календарного времени УСПД составляет $0,001\%$. УСПД поддерживает единое системное время, выполняя автоматически коррекцию хода часов подключенных счетчиков. При каждом опросе счетчика УСПД считывает время счетчика и при необходимости

(расхождении времени УСПД и счетчика больше, чем на 2 сек) выдает команду на коррекцию времени в счетчике.

Время задержки синхронизации времени в линиях связи УСПД – счетчики вычисляется по формуле:

$$T_{\text{зад}} = \frac{V_n}{S} \quad (3)$$

где V – объем послыки синхронизации времени, байт;

n – число бит (включая служебные) на байт передаваемой информации;

S – скорость в канале связи, бит/с.

При определении объема послыки синхронизации учитывается ответ счетчика на запрос от УСПД о текущем времени счетчика (22 байта) и команда УСПД на коррекцию времени счетчика (18 байт). Число бит (включая служебные) на байт передаваемой информации $n = 10$. Скорость в канале связи:

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

Среднесуточная погрешность от рассинхронизации времени компонентов системы составляет:

$$\delta_{\text{Т.Р.}} = \frac{\Delta t_p + T_{\text{зад}}}{86400} * 100\% = 0,002\%$$

где $\Delta_{\text{тр}} = 2\text{с}$ – максимальное расхождение времени УСПД и счетчика.

7.5 Расчет относительной погрешности измерительных каналов

При расчетах используется типовая методика выполнения измерений электроэнергии и мощности. Анализ результатов проведенных измерений электрической энергии выполняется так:

Разность показаний между различными выходами измерительного канала - это значение электрической энергии за любой выбранный период. «Предел

допускаемой относительной погрешности измерительного канала при измерении электроэнергии δ_w можно вычислить по формуле»:

$$\delta_w = \pm 1,1 * \sqrt{\delta_1^2 + \delta_U^2 + \delta_L^2 + \delta_c^2 + \delta_\theta^2 + \sum_j \delta_j^2 + \delta_{y.c.}^2} \quad (4)$$

где δ_I, δ_U – значения погрешностей соответственно ТТ и ТН в %;

δ_c – значение основной относительной погрешности выбранного счетчика;

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

$\delta_{y.c.}$ – значение относительной погрешности устройства сбора и передачи данных;

δ_θ – 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.).

При измерениях активной энергии погрешность δ_θ вычисляют по формуле:

$$\delta_\theta = 0,029 * \sqrt{\theta_I^2 + \theta_U^2} * \frac{\sqrt{1 - \cos^2 \varphi}}{\cos \varphi} \quad (5)$$

При измерениях реактивной энергии погрешность δ_θ вычисляют по формуле:

$$\delta_\theta = 0,029 * \sqrt{\theta_I^2 + \theta_U^2} * \frac{\cos \varphi}{\sqrt{1 - \cos^2 \varphi}} \quad (6)$$

где θ_U – угловая погрешность ТН, мин;

θ_I – угловая погрешность ТТ, мин;

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

Относительную погрешность УСПД вычисляют по формуле:

$$\delta_{y.c.} = \sqrt{\delta_T^2 + \delta_{T.P.}^2} \quad (7)$$

где $\delta_{T.P.}$ – погрешность рассинхронизации при измерениях текущего астрономического времени, %;

δ_T – среднесуточная погрешность измерений текущего астрономического времени.

При измерениях мощности δ_p предел допускаемой относительной погрешности измерительного комплекса вычисляют по формуле:

$$\delta_p = \pm 1,1 * \sqrt{\left(\frac{\delta_w}{1,1}\right)^2 + \delta_T^2} \quad (8)$$

где δ_T – погрешность СИ времени, предназначенного для измерений в составе АИИС КУЭ КЦ-2 промежутка времени (временного интервала), %;

δ_w – предел допускаемой относительной погрешности измерительного канала при измерениях электроэнергии, %.

Погрешность измерений значения интервального расхода электроэнергии $\delta_{оп}$ и погрешность СИ времени (счетчика электроэнергии) δ_T пренебрежимо малы, следовательно предел допускаемой относительной погрешности измерительного канала при измерениях средней мощности δ_p равен пределу допускаемой относительной погрешности измерительного канала при измерениях электроэнергии, т.е. $\delta_p = \delta_w$ [21].

Промежуточные и конечные результаты расчетов измерительных комплексов приведены в таблице 5.

Таблица 5 - Погрешность измерительных каналов

№ ИК	Первичный ток I _I /I _{Iном} %	Составляющая погрешности измерительного канала										Суммарная погрешность	
		δI %	θI ми	δU %	θU ми	δθ %	δθ %	δC, %	Дополнительные погрешности счетчиков			δp=δw	δp=δw
						акт	реакт		δ _{ct} , %	δ _{CU} , %	δ _{cf} , %	акт	реакт
1	5-20	1,5	90	0,5	20	2,01	3,56	0,5	0,38	0,28	0,2	2,87	4,33
	20-100	0,75	45	0,5	20	0,98	1,74	0,3	0,38	0,28	0,2	1,52	2,2
	100-200	0,5	30	0,5	20	0,78	1,39	0,3	0,38	0,28	0,2	1,23	1,77
2	5-20	1,5	90	0,5	20	2,01	3,56	0,5	0,38	0,28	0,2	2,87	4,33
	20-100	0,75	45	0,5	20	0,98	1,74	0,3	0,38	0,28	0,2	1,52	2,2
	100-200	0,5	30	0,5	20	0,78	1,39	0,3	0,38	0,28	0,2	1,23	1,77
3	5-20	1,5	90	0,5	20	2,01	3,56	0,5	0,38	0,28	0,2	2,87	4,33
	20-100	0,75	45	0,5	20	0,98	1,74	0,3	0,38	0,28	0,2	1,52	2,2
	100-200	0,5	30	0,5	20	0,78	1,39	0,3	0,38	0,28	0,2	1,23	1,77
4	5-20	1,5	90	0,5	20	2,01	3,56	0,5	0,38	0,28	0,2	2,87	4,33
	20-100	0,75	45	0,5	20	0,98	1,74	0,3	0,38	0,28	0,2	1,52	2,2
	100-200	0,5	30	0,5	20	0,78	1,39	0,3	0,38	0,28	0,2	1,23	1,77
5	5-20	1,5	90	0,5	20	2,01	3,56	0,5	0,38	0,28	0,2	2,87	4,33
	20-100	0,75	45	0,5	20	0,98	1,74	0,3	0,38	0,28	0,2	1,52	2,2
	100-200	0,5	30	0,5	20	0,78	1,39	0,3	0,38	0,28	0,2	1,23	1,77
6	5-20	1,5	90	0,5	20	2,01	3,56	0,5	0,38	0,28	0,2	2,87	4,33
	20-100	0,75	45	0,5	20	0,98	1,74	0,3	0,38	0,28	0,2	1,52	2,2
	100-200	0,5	30	0,5	20	0,78	1,39	0,3	0,38	0,28	0,2	1,23	1,77
7	5-20	1,5	90	0,5	20	2,01	3,56	0,5	0,38	0,28	0,2	2,87	4,33
	20-100	0,75	45	0,5	20	0,98	1,74	0,3	0,38	0,28	0,2	1,52	2,2
	100-200	0,5	30	0,5	20	0,78	1,39	0,3	0,38	0,28	0,2	1,23	1,77
8	5-20	1,5	90	0,5	20	2,01	3,56	0,5	0,38	0,28	0,2	2,87	4,33
	20-100	0,75	45	0,5	20	0,98	1,74	0,3	0,38	0,28	0,2	1,52	2,2
	100-200	0,5	30	0,5	20	0,78	1,39	0,3	0,38	0,28	0,2	1,23	1,77
9	5-20	1,5	90	0,5	20	2,01	3,56	0,5	0,38	0,28	0,2	2,87	4,33
	20-100	0,75	45	0,5	20	0,98	1,74	0,3	0,38	0,28	0,2	1,52	2,2
	100-200	0,5	30	0,5	20	0,78	1,39	0,3	0,38	0,28	0,2	1,23	1,77
10	5-20	1,5	90	0,5	20	2,01	3,56	0,5	0,38	0,28	0,2	2,87	4,33
	20-100	0,75	45	0,5	20	0,98	1,74	0,3	0,38	0,28	0,2	1,52	2,2

Продолжение таблицы 5

	100-200	0,5	30	0,5	20	0,78	1,39	0,3	0,38	0,28	0,2	1,23	1,77
11	5-20	1,5	90	0,5	20	2,01	3,56	0,5	0,38	0,28	0,2	2,87	4,33
	20-100	0,75	45	0,5	20	0,98	1,74	0,3	0,38	0,28	0,2	1,52	2,2
	100-200	0,5	30	0,5	20	0,78	1,39	0,3	0,38	0,28	0,2	1,23	1,77
12	5-20	1,5	90	0,5	20	2,01	3,56	0,5	0,38	0,28	0,2	2,87	4,33
	20-100	0,75	45	0,5	20	0,98	1,74	0,3	0,38	0,28	0,2	1,52	2,2
	100-200	0,5	30	0,5	20	0,78	1,39	0,3	0,38	0,28	0,2	1,23	1,77
13	5-20	1,5	90	0,5	20	2,01	3,56	0,5	0,38	0,28	0,2	2,87	4,33
	20-100	0,75	45	0,5	20	0,98	1,74	0,3	0,38	0,28	0,2	1,52	2,2
	100-200	0,5	30	0,5	20	0,78	1,39	0,3	0,38	0,28	0,2	1,23	1,77
14	5-20	1,5	90	0,5	20	2,01	3,56	0,5	0,38	0,28	0,2	2,87	4,33
	20-100	0,75	45	0,5	20	0,98	1,74	0,3	0,38	0,28	0,2	1,52	2,2
	100-200	0,5	30	0,5	20	0,78	1,39	0,3	0,38	0,28	0,2	1,23	1,77
15	5-20	1,5	90	0,5	20	2,01	3,56	0,5	0,38	0,28	0,2	2,87	4,33
	20-100	0,75	45	0,5	20	0,98	1,74	0,3	0,38	0,28	0,2	1,52	2,2
	100-200	0,5	30	0,5	20	0,78	1,39	0,3	0,38	0,28	0,2	1,23	1,77
16	5-20	1,5	90	0,5	20	2,01	3,56	0,5	0,38	0,28	0,2	2,87	4,33
	20-100	0,75	45	0,5	20	0,98	1,74	0,3	0,38	0,28	0,2	1,52	2,2
	100-200	0,5	30	0,5	20	0,78	1,39	0,3	0,38	0,28	0,2	1,23	1,77
17	5-20	1,5	90	0,5	20	2,01	3,56	0,5	0,38	0,28	0,2	2,87	4,33
	20-100	0,75	45	0,5	20	0,98	1,74	0,3	0,38	0,28	0,2	1,52	2,2
	100-200	0,5	30	0,5	20	0,78	1,39	0,3	0,38	0,28	0,2	1,23	1,77
18	5-20	1,5	90	0,5	20	2,01	3,56	0,5	0,38	0,28	0,2	2,87	4,33
	20-100	0,75	45	0,5	20	0,98	1,74	0,3	0,38	0,28	0,2	1,52	2,2
	100-200	0,5	30	0,5	20	0,78	1,39	0,3	0,38	0,28	0,2	1,23	1,77
19	5-20	1,5	90	0,5	20	2,01	3,56	0,5	0,38	0,28	0,2	2,87	4,33
	20-100	0,75	45	0,5	20	0,98	1,74	0,3	0,38	0,28	0,2	1,52	2,2
	100-200	0,5	30	0,5	20	0,78	1,39	0,3	0,38	0,28	0,2	1,23	1,77
20	5-20	1,5	90	0,5	20	2,01	3,56	0,5	0,38	0,28	0,2	2,87	4,33
	20-100	0,75	45	0,5	20	0,98	1,74	0,3	0,38	0,28	0,2	1,52	2,2
	100-200	0,5	30	0,5	20	0,78	1,39	0,3	0,38	0,28	0,2	1,23	1,77
21	5-20	1,5	90	0,5	20	2,01	3,56	0,5	0,38	0,28	0,2	2,87	4,33
	20-100	0,75	45	0,5	20	0,98	1,74	0,3	0,38	0,28	0,2	1,52	2,2
	100-200	0,5	30	0,5	20	0,78	1,39	0,3	0,38	0,28	0,2	1,23	1,77
22	5-20	1,5	90	0,5	20	2,01	3,56	0,5	0,38	0,28	0,2	2,87	4,33
	20-100	0,75	45	0,5	20	0,98	1,74	0,3	0,38	0,28	0,2	1,52	2,2

Продолжение таблицы 5

	100-200	0,5	30	0,5	20	0,78	1,39	0,3	0,38	0,28	0,2	1,23	1,77
23	5-20	1,5	90	0,5	20	2,01	3,56	0,5	0,38	0,28	0,2	2,87	4,33
	20-100	0,75	45	0,5	20	0,98	1,74	0,3	0,38	0,28	0,2	1,52	2,2
	100-200	0,5	30	0,5	20	0,78	1,39	0,3	0,38	0,28	0,2	1,23	1,77
24	5-20	1,5	90	0,5	20	2,01	3,56	0,5	0,38	0,28	0,2	2,87	4,33
	20-100	0,75	45	0,5	20	0,98	1,74	0,3	0,38	0,28	0,2	1,52	2,2
	100-200	0,5	30	0,5	20	0,78	1,39	0,3	0,38	0,28	0,2	1,23	1,77
25	5-20	1,5	90	0,5	20	2,01	3,56	0,5	0,38	0,28	0,2	2,87	4,33
	20-100	0,75	45	0,5	20	0,98	1,74	0,3	0,38	0,28	0,2	1,52	2,2
	100-200	0,5	30	0,5	20	0,78	1,39	0,3	0,38	0,28	0,2	1,23	1,77
26	5-20	1,5	90	0,5	20	2,01	3,56	0,5	0,38	0,28	0,2	2,87	4,33
	20-100	0,75	45	0,5	20	0,98	1,74	0,3	0,38	0,28	0,2	1,52	2,2
	100-200	0,5	30	0,5	20	0,78	1,39	0,3	0,38	0,28	0,2	1,23	1,77
27	5-20	1,5	90	0,5	20	2,01	3,56	0,5	0,38	0,28	0,2	2,87	4,33
	20-100	0,75	45	0,5	20	0,98	1,74	0,3	0,38	0,28	0,2	1,52	2,2
	100-200	0,5	30	0,5	20	0,78	1,39	0,3	0,38	0,28	0,2	1,23	1,77

7.6 Контроль точности результатов измерений

При контроле точности полученных результатов измерений основная цель - это проверка правильного выполнения всех требуемых операций и соблюдения необходимых правил измерений. К этому же можно добавить проверку удовлетворения требований к конкретным приписанным значениям погрешностей измерительных каналов АИИС КУЭ КЦ-2.

Как правило, контроль является периодическим и проводится один раз в четыре года.

Общая относительная погрешность выбранного измерительного канала АИИС КУЭ КЦ-2 имеет величину не превышающую:

$$\delta_w = \pm 2,92\% \text{ при } I_1 = 5 \div 20 \% \text{ от } I_{1\text{ном}} \text{ и } \delta_w = \pm 2,41\% \text{ при } I_1 = 20 \div 100 \% \text{ от } I_{1\text{ном}} \text{ (при доверительной вероятности } P = 0,95)$$

(9)

При проведении поверки АИИС КУЭ КЦ-2 необходимо определить фактические значения относительных погрешностей измерительных комплексов. На каждый такой измерительный комплекс требуется составить паспорт-протокол в соответствии с[4].

7.7 Оценка надежности системы

При расчетах рекомендуется иметь такие показатели надежности ИВКЭ, чтобы они не сильно отклонялись от:

- показателя средней наработка на отказ – не меньше 35тыс. часов;
- показателя среднего времени восстановления системы - не больше 24 часов.

Рекомендуется, чтобы значения показателей надежности используемых счетчиков электрической энергии не опускались ниже заданных:

- значения средней наработки на отказ – не менее 35 тыс. часов;
- значение среднего времени восстановления - не более 7 суток.

Блок-схема проектной оценки надежности ИИК и ИВКЭ представлена на рисунке 2.

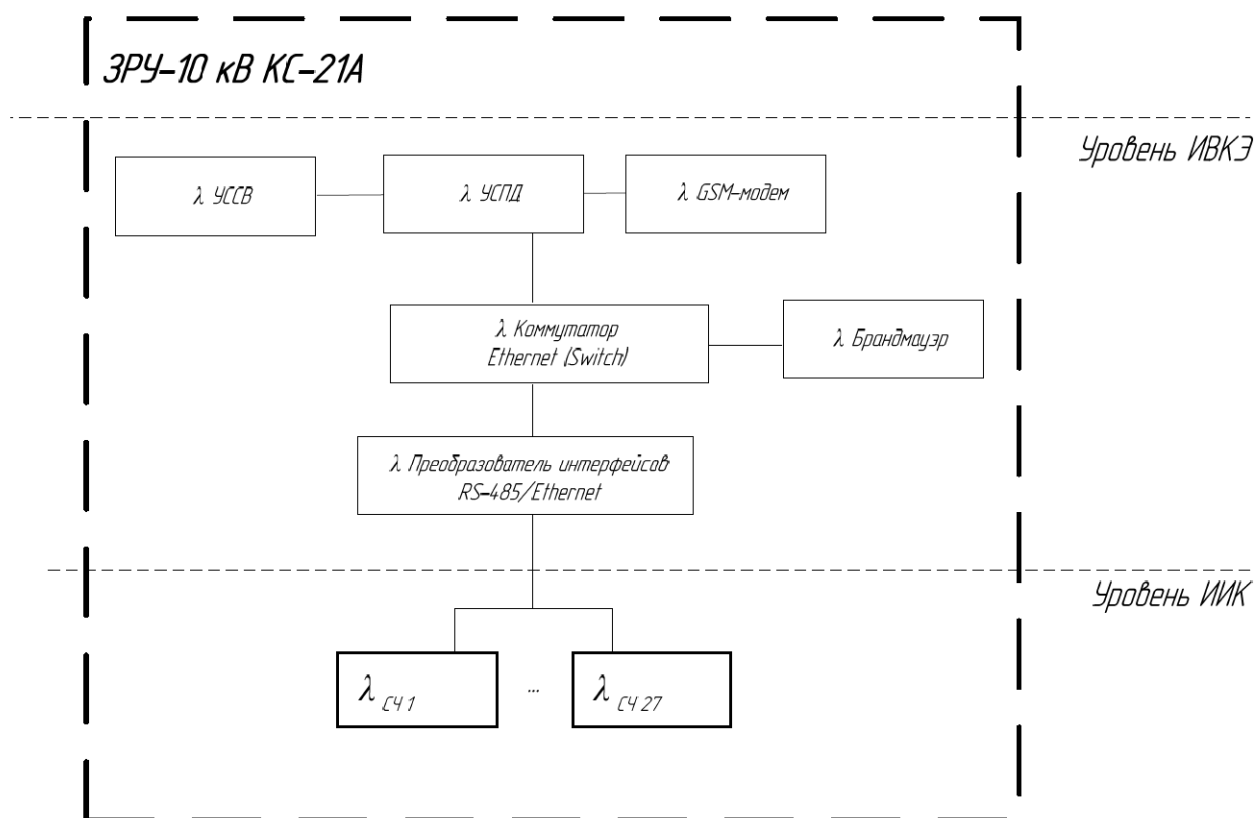


Рисунок 2 - Блок-схема проектной оценки надежности.

Параметры надежности элементов ИИК и ИВКЭ КЦ-2 представлены в таблице 6.

Таблица 6 - Параметры надежности элементов

Позиция	Наименование	Тип	Состояние после отказа	Количество
Уровень ИИК				
1	Счетчик электроэнергии	СЭТ-4ТМ.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	VRQ3п/S2	Невосстанавливаемый	12
Уровень ИВКЭ				
1	Асинхронный сервер RS- 485/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

7.8 Методика расчёта надёжности системы

Главные характеристики, характеризующие надёжность, рассчитываемые в данном разделе, являются: значение средней наработки до отказа (T_{cp}) и показатель коэффициента готовности (K_{Γ}). Расчёт значения средней наработки до отказа (T_{cp}) производится только для последовательно соединённых составных частей (СЧ) схемы. Интенсивность отказов элемента определяется по формуле:

$$\gamma = \frac{1}{T_0} \quad (10)$$

Значение показателя коэффициента готовности выбранного элемента, равное отношению времени исправной работы объекта к общему времени работы компонента или системы) определяется по формуле:

$$K_{\Gamma} = \frac{T_0}{T_B + T_0} \quad (11)$$

Значение средней наработки на отказ при заданных условиях K_{Γ} и T_B будет:

$$T_0 = \frac{K_{\Gamma} * T_B}{1 - K_{\Gamma}} \quad (12)$$

Таким образом, интенсивность отказов нескольких одинаковых элементов можно вычислить по формуле:

$$\gamma_n = n\gamma_i \quad (13)$$

При этом, интенсивность отказов всей системы как сумма интенсивностей отказов всех элементов системы рассчитывается по формуле:

$$\gamma_{\text{общ}} = \sum_{i=1}^n \gamma_i \quad (14)$$

Интенсивность отказов при резервировании двух элементов определяется по формуле:

$$\gamma_{\text{общ}} = \frac{\gamma_1 * \gamma_2}{\gamma_1 + \gamma_2} \quad (15)$$

Среднее время наработки на отказ системы определяется по формуле:

$$T_0 = \frac{1}{\gamma_0} \quad (16)$$

7.9 Расчет показателей надежности ИИК и ИВКЭ

Уровень ИИК. Результат расчета элементов уровня ИИК представлен в таблице 7.

Таблица 7

Поз.	Наименование	Тип	Кол-во	Время наработки на отказ T_0	Интенсивность отказов γ 1/ч
1	Трансформатор тока	ARJA1/N2J	51	4 000 000	0,00001275
2	Трансформатор тока	ARJP3	27	4 000 000	0,00000675
3	Трансформатор тока	ARJP2/N2F	3	4 000 000	0,00000075
4	Трансформатор напряжения	VRQ3n/S2	12	4 000 000	0,000000300
5	Счетчик электроэнергии	СЭТ-4ТМ.03М	26	140 000	0,00018571
Итого для ИИК					0,00020896
Время наработки на отказ ИИК				4 786	

Уровень ИВКЭ. Результат расчета элементов уровня ИВКЭ представлен в таблице 8.

Таблица 8 - Результат расчета элементов уровня ИВКЭ

Поз.	Наименование	Тип	Кол- во	Время наработки на отказ T_0	Интенсивность отказов γ 1/ч
1	УСПД	RTU-327	1	100 000	0,00001000
2	УССВ	УССВ-2	1	74 500	0,00001342
3	Коммутатор	Cisco-WS-C2960-24TC-L	1	339 743	0,00000294
4	Брандмауэр	Cisco ASA 5512-K8	1	250 000	0,00000400
5	Асинхронный сервер RS-485/Ethernet	MOXA NPort 5630-8	1	118 405	0,00000845
6	GSM-модем	Teleofis RX 100-R2	1	50 000	0,00002000
Итого для ИВКЭ					0,00005881
Время наработки на отказ ИВКЭ				17 003	

Уровень ИИК и ИВКЭ. Результат расчета представлен в таблице 9

Таблица 9 - Уровень ИИК и ИВКЭ

Поз.	Наименование	Время наработки на отказ T_0	Интенсивность отказов γ 1/ч
1	Уровень ИИК		0,00020896
2	Уровень ИВКЭ		0,00005881
Итого для ИИК и ИВКЭ			0,00026778
Время наработки на отказ		4 298	

7.10 Выводы по надежности системы

Получив результаты расчетов можно сформулировать следующие заключения:

– уровень вероятности безотказной работы для большинства важных функций системы в данном случае определяется надежностью используемых счетчиков. Это, пожалуй, самое тонкое место в системе, так как характеризуется наибольшим временем восстановления и большим количеством счетчиков;

– время наработки на отказ ИИК и ИВКЭ после модернизации увеличилось до 4298 часов (было 3039 согласно предыдущему проекту);

– выбранные элементы системы и структура ИИК и ИВКЭ АИИС КУЭКЦ-2 соответствуют требованиям, предъявленным в нормативных документах.

8. Совершенствование систем вентиляции и кондиционирования воздуха

В Тольяттинском ЛПУМГ в 2013 году была принята программа энергосбережения за счет совершенствования агрегатов охлаждения газа (АВО газа). В рамках данной программы на компрессорных цехах производится замена алюминиевых лопастей вентиляторов АВО газа на лопасти, изготовленные из композитных материалов [16].

Экономия электроэнергии достигается за счет использования композитных материалов для рабочих колес и диффузоров вентиляторов АВО газа.

Величина фактической годовой экономии электроэнергии $\Delta W_{\phi.K}^{ABO}$ за счет совершенствования конструкции АВО газа за расчетный период рассчитывается по формуле:

$$\Delta W_{\phi.K}^{ABO} = k_{ABO} * W_{ABO} \quad (17)$$

где k_{ABO} - коэффициент эффективности совершенствования конструкции АВО газа, рассчитывают в ГТДО на основании утвержденного НД;

W_{ABO} - потребление электроэнергии вентиляторами АВО, в тыс. кВт/час [20].

Рассмотрим расчет экономии электроэнергии на примере 1 вентилятора АВО-газа при наработке 8760 часов за год и среднем показании тока 45А.

Исходные данные и величина экономии электроэнергии за год приведены в таблице 10.

Таблица 10 - Экономии электроэнергии за год

Наименование материала лопастей	Коэффициент экономии $k_{аса}$	Потребление электроэнергии, тыс.кВт*ч	Экономия электроэнергии $\Delta W_{ф,рев.}^{ABO}$ тыс. кВт*ч
Алюминиевые	-	220,4	0
Композитные	0,01	218,2	2,2

За 2017 год в Тольяттинском ЛПУМГ 12 алюминиевых вентиляторов АВО-газа были заменены на композитные, благодаря системе АСКУЭ можно ежемесячно получать данные по количеству работающих вентиляторов АВО-газа и их наработке. В таблице Совершенство АВО можно увидеть, как рассчитывается потребление электроэнергии композитными вентиляторами АВО-газа, далее эти данные используются для расчета экономии электроэнергии.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В нашем мире, 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 «прожорливом» использовании энергоресурсов. И в конце концов, все это диктует необходимость внедрения эффективных средств учета, способствующих снижению затрат на энергоресурсы, а также разработки энергосберегающей политики и мероприятий по энергосбережению. Использование автоматизированных систем управления (таких как АСУ ТП) 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.).

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. ГОСТ 7746-2001. Трансформаторы тока. Общие технические условия.
2. ГОСТ Р 52323-2005. Аппаратура для измерения электрической энергии переменного тока. Частные требования. Часть 22. Статические счетчики активной энергии классов точности 0,2S и 0,5S.
3. ГОСТ Р 50948-2001. Средства отображения информации индивидуального пользования. Общие эргономические требования и требования безопасности.
4. РД 34.09.101-94. Типовая инструкция по учету электроэнергии при ее производстве, передаче и распределении
5. ГОСТ 1983-2001. Трансформаторы напряжения. Общие технические требования.
6. Семейство ТРДД Trent. В сб. "Работы ведущих авиадвигателестроительных компаний по созданию перспективных авиационных двигателей", ЦИАМ, М.: 2004, 422 с.
7. Internet-источник: www.avid.ru/pr/other/aviadv/IB_19A/IB-19A_51
8. AirtCosmos, 2004, 30/IX N 1934, p. 22,23 (Экспресс информация №39 IX, 2004)
9. Weaving a web of lightweight blades. - Snecma Magazine, No 6 - July 2004, p. 20-21
10. N. Beauclair - Des Aubes de Fan Texanes Pour le GE90 - Air et Cosmos, 1998, N 1663, p 25.
11. ChLeyens, F. Kocian, J. Hausman, W.A. Kaysser - Materials and design solutions for high performance compressor components.- 4-th ONERA/DLR Aerospace Symposium Cologne (Kolu), 13-14 Juni, 2002.
12. Coming Full Circle - Flight International, 27 September - 3 October 2011, p. 34-35

13. Internet-источник: www.flightglobal.com/news/articles/rolls-royce-comes-full-circle-362251
14. Каримбаев Т.Д. Конструкционная прочность деталей из композиционных материалов - В сб. "Научный вклад в создание авиационных двигателей" Книга 1. "Машиностроение", М.: 2000. С. 565-590.
15. Каримбаев Т.Д. Подходы при моделировании деформаций композиционных материалов.// Космонавтика и ракетостроение. №1 (54), 2009 г. С. 91-102.
16. Афанасьев Д.В., М.Ю. Ощенко. Без автоклавная технология.// Композитный мир, №5, 2010 (32). С. 88-37.
17. Каримбаев Т.Д., Афанасьев Д.В., Данышин К.А., Мартовский С.В., Деревянных Ю.А. Колганов С.П., Устройство для получения многослойной заготовки слоистых изделий. Патент на изобретение №2419541 от 13 октября 2009 г.
18. Основные положения по автоматизации объектов энергообеспечения ПАО «Газпром» – М.: Газ автоматика. 2015. – 77 с.
19. Р-01-373-2011. Руководство «Интегрированная система менеджмента Руководство по системе управления энергоэффективностью и ресурсосбережением».
20. СТО Газпром 2-1.20-601-2011. Методика расчета эффекта энергосбережения топливно-энергетических ресурсов, расходуемых на собственные технологические нужды магистрального транспорта газа. М., 2012.
21. «Техническое задание» АУВП.411711 ТЗ «Многоуровневая АСКУЭПАО «Газпром». АИИСКУЭ ООО «Газпромэнерго». Тольяттинское ЛПУ ООО «Самаратрансгаз».