

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

Институт химии и энергетики
(наименование института полностью)

Кафедра «Электроснабжение и электротехника»
(наименование)

13.04.02 Электроэнергетика и электротехника
(код и наименование направления подготовки)

Энергосбережение и энергоэффективность
(направленность (профиль))

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ)

на тему Повышение эффективности электрической части аппарата воздушного охлаждения
газа компрессорного цеха № 5

Обучающийся

Ю. В. Первушин

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Научный
руководитель

к.т.н., доцент С.В. Шаповалов

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Тольятти 2024

Содержание

Введение.....	3
1 Анализ литературных источников по исследуемой проблеме.....	9
1.1 Основные функции и задачи автоматизированных систем контроля и учёта электроэнергии в электрических сетях.....	9
1.2 Обобщённая структура автоматизированных систем контроля и учёта электроэнергии.....	12
1.3 Основные типы автоматизированных систем учета и контроля электроэнергии.....	17
2. Разработка комплекса мероприятий, направленных на повышение энергоэффективности в электрической части аппарата воздушного охлаждения газа компрессорного цеха № 5.....	25
2.1 Характеристика системы электроснабжения компрессорного цеха № 5.....	25
2.2 Анализ текущего состояния основных проблем в электрической части аппарата воздушного охлаждения газа компрессорного цеха № 5.....	29
2.3 Выбор рациональных устройств и схемных решений по автоматизации контроля и учёта электроэнергии в электрической части аппарата воздушного охлаждения газа компрессорного цеха № 5.....	31
3. Техничко-экономическое обоснование внедрения мероприятий, направленных на повышение энергоэффективности в электрической части аппарата воздушного охлаждения газа компрессорного цеха № 5.....	43
3.1 Предварительная оценка технической эффективности внедрения АСКУЭ на объекте.....	43
3.2 Оценка технико-экономической эффективности внедрения АСКУЭ на объекте.....	46
Заключение.....	62
Список используемых источников.....	69

Введение

Эффективность использования энергетических ресурсов во всём мире является одним из важнейших факторов развития современного промышленного и энергетического комплекса.

Актуальные проблемы энергетики и промышленности Российской Федерации включают рост цен на энергоресурсы, подорожание строительства и модернизации, что вызвано международными санкциями, технологическим отставанием, ограниченным доступом инвесторов к зарубежным рынкам капитала, а также внутренними противоречиями, связанными с модернизацией и управлением предприятиями [24].

Современные проблемы развития энергетического и промышленного комплекса Российской Федерации характеризуются непрерывным повышением цен на энергетические ресурсы, а также существенным подорожанием строительства и реновации, что объясняется международными технологическими санкциями, техническим отставанием, сложностью доступа инвесторов к зарубежным финансовым рынкам, внутренними противоречиями стремления к модернизации систем электроснабжения предприятий.

Всё это повышает необходимость внедрения энергосберегающих технологий, а также автоматизированных систем учёта и контроля потребления электроэнергии.

По этим и многим другим причинам, в последние годы в энергетическом и промышленном комплексе страны пристальное внимание уделяется проблемам энергосбережения.

Энергосбережение на энергетических объектах тесно связано с получением точных показателей потребления электроэнергии, а также контроля её параметров на всех этапах передачи потребителям.

Энергосбережение на промышленных и энергетических объектах связано с получением точных данных о потреблении электроэнергии, а также

контролем параметров электрической сети на всех этапах её передачи к потребителю.

Одна из задач, направленная на повышение энергоэффективности, рассматривается в данной работе, где исследован процесс выбора рациональной системы автоматизированного контроля и управления электроэнергией для электрической части аппарата воздушного охлаждения газа компрессорного цеха № 5 ООО «Газпром трансгаз Чайковский», филиала Горнозаводского ЛПУМГ.

Изучение вопросов автоматизированного учёта и контроля электроэнергии началось в середине XX века с развитием вычислительной техники и автоматизации, однако значительный прогресс был достигнут в середине 1980-х годов с появлением микропроцессорных технологий.

В трудах отечественных и зарубежных исследователей, таких как Е. С. Анушин, П. В. Валь, А. С. Ведерников, и многих других, подчеркивается важность разработки методических и технических решений для внедрения автоматизированных систем учёта электроэнергии, математического моделирования, прогнозирования потребления и контроля параметров электрической сети.

Современные исследования демонстрируют, что передовые технологии в автоматизированных системах учёта и контроля включают гибридные методы краткосрочного прогнозирования энергопотребления, которые обеспечивают более высокую точность за счёт объединения преимуществ простых методов.

Основной целью диссертационной работы является повышение энергоэффективности путём улучшения технических характеристик системы учёта электроэнергии и минимизации «инструментальных» потерь в системе учёта и контроля электроэнергии электрической части аппарата воздушного охлаждения газа компрессорного цеха № 5 в системе электроснабжения ООО «Газпром трансгаз Чайковский», филиала Горнозаводского ЛПУМГ.

Гипотеза исследования состоит в том, что повышение энергоэффективности в системе учёта и контроля электроэнергии электрической части аппарата воздушного охлаждения газа компрессорного цеха № 5 ООО «Газпром трансгаз Чайковский», филиала Горнозаводского ЛПУМГ возможно путём улучшения технических характеристик системы учёта электроэнергии и минимизации «инструментальных» потерь.

Объект исследования – электрическая часть аппарата воздушного охлаждения газа компрессорного цеха № 5 в системе электроснабжения ООО «Газпром трансгаз Чайковский».

Предмет исследования – внедрение автоматизированной системы учёта и контроля электроэнергии на объекте исследования.

Актуальность исследования обусловлена необходимостью минимизации погрешностей измерения параметров электрических сетей, а также внедрение автоматизации систем электроснабжения промышленных предприятий и объектов энергетического комплекса [8].

Достижение поставленной цели работы осуществляемая путём замены устаревших и неэффективных средств учёта и контроля электроэнергии на новые инновационные разработки, обладающие повышенной надёжностью, значительно меньшей погрешностью, высокой точностью, полной автоматизацией, а также прочими улучшенными техническими характеристиками.

Для достижения поставленной цели, в работе необходимо решить следующие основные задачи:

- провести анализ литературных источников по исследуемой проблеме, включающий детальную проработку следующих вопросов: основные функции и задачи автоматизированных систем контроля и учёта электроэнергии в электрических сетях, обобщённая структура автоматизированных систем контроля и учёта электроэнергии, основные типы автоматизированных систем учета и контроля электроэнергии;

- на основе сравнительного анализа ведущих мировых производителей, провести аргументированный выбор типа, модели и марки автоматизированной системы учёта и контроля электроэнергии в электрической части аппарата воздушного охлаждения газа компрессорного цеха № 5 в системе электроснабжения ООО «Газпром трансгаз Чайковский», для чего необходимо осуществить анализ технических данных в системе электроснабжения данного предприятия, а также анализ энергопотребления основных подразделений предприятия, с последующим анализом и выявлением проблем в электрической сети объекта исследования;
- провести технико - экономическое обоснование внедрения предложенного варианта автоматизированной системы учёта и контроля электроэнергии в электрической части аппарата воздушного охлаждения газа компрессорного цеха № 5 в системе электроснабжения ООО «Газпром трансгаз Чайковский», для чего необходимо рассчитать технические и экономические характеристики и параметры энергоэффективности при внедрении данной разработки на объекте исследования.

Для решения этих задач в работе использованы методы анализа, дедукции и индукции, методы расчёта электрических цепей, методы расчёта и прогнозирования экономических показателей, методы теории вероятности, математической статистики, теории погрешностей, нечеткой логики, а также методы математического моделирования.

Таким образом, представленное исследование позволяет решить важные практические вопросы энергосбережения и финансовой оптимизации на промышленных предприятиях и объектах энергетического комплекса, что делает данную работу актуальной и значимой для применения в системе электроснабжения объекта исследования, а также на аналогичных предприятиях современного энергетического комплекса.

Научная новизна работы состоит в следующем:

- установлено, что разработанный комплекс практических мероприятий по замене устаревших и неэффективных средств учёта электроэнергии на новые инновационные разработки автоматизированных систем учёта и контроля электроэнергии в электрической части аппарата воздушного охлаждения газа компрессорного цеха № 5 в системе электроснабжения ООО «Газпром трансгаз Чайковский», способен существенно минимизировать погрешности учёта электроэнергии в электрической сети объектов промышленности и энергетики и могут использоваться с целью энергосбережения в системе электроснабжения типичного предприятия;
- установлено, что мероприятия по замене устаревших и неэффективных средств учёта электроэнергии на новые инновационные разработки автоматизированных систем учёта и контроля электроэнергии в электрической части аппарата воздушного охлаждения газа компрессорного цеха № 5 в системе электроснабжения ООО «Газпром трансгаз Чайковский», имеет технический эффект в виде снижения потребления электрической энергии на объекте, а также минимизации «инструментальных» потерь электроэнергии;
- установлено, что предложенные мероприятия по замене устаревших и неэффективных средств учёта электроэнергии на новые инновационные разработки автоматизированных систем учёта и контроля электроэнергии в электрической части аппарата воздушного охлаждения газа компрессорного цеха № 5 в системе электроснабжения ООО «Газпром трансгаз Чайковский», эффективны экономически за счёт снижения оплаты за потребление электроэнергии и оплаты «инструментальных» потерь электроэнергии в электрических сетях объекта исследования;

- расчётным путём установлено, что в результате внедрения АСКУЭ системы SCADA Spectrum Power 5 с дифференцированными тарифами на электроэнергию, в электрической части аппарата воздушного охлаждения газа компрессорного цеха № 5 ООО «Газпром трансгаз Чайковский», филиала Горнозаводского ЛПУМГ, была получена годовая экономия в размере 1018919,52 руб. при капитальных вложениях в 1119129 руб. со сроком окупаемости в 1,1 лет, что является обоснованным решением, направленным на повышение надёжности, эффективности, экономичности и безопасности технологических процессов;
- получил дальнейшее развитие комплексный подход, обосновывающий экономическую целесообразность применения многотарифного учёта электроэнергии для промышленных потребителей. Установлено, что данный вид учёта позволяет значительно сократить затраты на электроэнергию в системе электроснабжения типичного промышленного потребителя, включая объект исследования.

Таким образом, представленное исследование позволяет решить важные практические вопросы энергосбережения и финансовой оптимизации на промышленных предприятиях и объектах энергетического комплекса, что делает данную работу актуальной и значимой для применения в современной энергетике.

Основной текст работы изложен на 72 страницах печатного текста.

Работа состоит из введения, 3 разделов, заключения, содержит 16 рисунков, 5 таблиц, список используемых источников (30 источников).

1 Анализ литературных источников по исследуемой проблеме

1.1 Основные функции и задачи автоматизированных систем контроля и учёта электроэнергии в электрических сетях

На первом этапе работы необходимо провести анализ основных функций и задач автоматизированных систем контроля и учёта электроэнергии (далее – АСКУЭ) в электрических сетях.

Как известно, автоматизированные системы контроля и учёта электроэнергии в электрических сетях играют ключевую роль в обеспечении эффективного и надёжного функционирования энергетической инфраструктуры.

Данные системы способствуют повышению точности измерений, оптимизации распределения электроэнергии и снижению технических потерь.

Благодаря интеграции современных технологий сбора и обработки данных становится возможным своевременное выявление неисправностей и предотвращение аварийных ситуаций.

Кроме того, обеспечивается оперативный доступ к информации о потреблении электроэнергии, что способствует рациональному управлению энергоресурсами и повышению энергетической эффективности.

В результате внедрения данных систем улучшается качество обслуживания потребителей и повышается устойчивость энергетической системы в целом.

«Основной целью учёта электроэнергии является получение достоверной информации о количестве произведённой, переданной, распределённой и потреблённой электрической энергии и мощности на оптовом и розничном рынке» [7].

Укрупненно можно сформулировать следующие основные задачи, которые может и должна решать АСКУЭ [5]:

- «сбор, регистрация и обработка информации с приборов учёта;

- сигнализация и фиксирования предаварийных и аварийных ситуаций;
- формирование и хранение» [3] архивов технологических и учетных параметров, например, графики 3-х или 30-и минутной мощности, потребляемой предприятием и отдельными его подразделениями;
- просмотр графиков, таблиц параметров (текущих или по выбранной дате или промежутка времени из архива);
- формирование учетных, отчетных и технико-экономических документов (по дате или избранным срокам из архива);
- ведение журнала работы системы и оператора (диспетчера);
- распечатки учетной, отчетной и технико-экономической документации;
- настройка параметров и структуры системы под конкретного пользователя и режимы работы предприятия (при вводе в эксплуатацию и в процессе развития предприятия);
- достоверно и постоянно определять свое реальное, а не расчетное или нормативное энергопотребление и обеспечить точные расчеты с поставщиками, абонентами и субабонентами, исключив из них факторы домысла и приписок (в том числе и от переноса потерь поставщика на потребителя);
- обеспечивать обоснованный выбор наиболее выгодного многоставочного тарифа и адекватного ему текущего режима энергопотребления в условиях альтернативности тарифов, а также финансовые расчеты за потребленные энергоресурсы по такому тарифу;
- обеспечивать контроль и регулирование энергопотребления в рамках выбранного тарифа для минимизации затрат энергоресурсов и тарифных платежей;
- «обеспечивать контроль, фиксацию и сигнализацию отклонений величин энергопотребления по заданным внешним и внутренним

- лимитов, режимных и технологических ограничений мощности, расходов и других параметров энергоносителей с целью принятия оперативных решений» [4], предотвращения аварийных ситуаций и минимизации ущерба (в том числе и от возможных штрафных санкций со стороны энергоснабжающих организаций);
- оперативно прогнозировать и планировать энергопотребление предприятия для обеспечения его длительной работы;
 - обеспечивать «внутренний хозрасчет по энергоресурсам между подразделениями предприятия с целью экономии энергоресурсов и их рационального расходования на рабочих местах» [2];
 - выявлять все потери энергоресурсов от нарушения технологических режимов, несанкционированного их использования или бесхозных утечек;
 - контролировать в реальном времени удельные нормы расхода энергоносителей на выпуск продукции и снижать их долю в себестоимости продукции за счет оперативных организационно-технических мероприятий;
 - «автоматически управлять энергопотреблением на основе заданных критериев и приоритетных схем включения/отключения потребителей-регуляторов с целью экономии энергоресурсов» [1].

«Контроль достоверности учета электроэнергии достигается за счет ежемесячного составления баланса электрической энергии, поступившей и была отпущена, с учетом потерь и расходов электроэнергии на собственные нужды.

Баланс составляется на основе показаний счетчиков электрической энергии, снимают в 24 часов местного времени последнего времени каждого расчетного месяца.

Принятый в настоящее время ручной запись показаний счетчиков, по которым составляется баланс электроэнергии, не вполне корректный и приводит к дополнительным погрешностям, поскольку трудно обеспечить

одновременно и безошибочный запись этих показаний, особенно при большом количестве контролируемых счетчиков» [9].

«Внедрение АСКУЭ позволяет:

- оперативно контролировать и анализировать режим потребления электроэнергии и мощности основными потребителями;
- осуществлять оптимальное управление нагрузкой потребителей;
- собирать и формировать данные на энергообъектах;
- собирать и передавать на верхний уровень управления информацию и формировать на этой основе данные для проведения коммерческих расчетов между поставщиками и потребителями электрической энергии;
- автоматизировать финансово-банковские операции и расчеты с потребителями» [2].

Таким образом, установлено, что внедрение АСКУЭ в электрических сетях промышленных предприятий и энергосистемы, позволяет значительно расширить и оптимизировать функции контроля и учёта электроэнергии на данных объектах.

На основании приведённой информации, далее в работе проводится решение поставленных задач.

1.2 Обобщённая структура автоматизированных систем контроля и учёта электроэнергии

В работе, для решения поставленных задач, необходимо привести основные сведения относительно обобщённой структуры АСКУЭ.

Автоматизированные системы контроля и учёта электроэнергии в электрических сетях представляют собой сложные технические комплексы, обеспечивающие сбор, обработку и анализ данных о потреблении и передаче электроэнергии.

В основе системы лежит интегрированная сеть измерительных приборов, включая интеллектуальные счётчики и датчики параметров электрической сети. Приборы взаимодействуют с центрами обработки данных посредством надёжных каналов связи, что позволяет осуществлять мониторинг в реальном времени. Центральный сервер отвечает за хранение и анализ полученной информации, используя специализированное программное обеспечение для выявления аномалий, оптимизации нагрузки и прогнозирования потребления.

Информационная безопасность и надёжность передачи данных обеспечиваются с помощью современных криптографических методов и протоколов связи [29].

Интеграция с другими системами управления энергетической инфраструктурой позволяет повысить эффективность и устойчивость энергетической сети в целом. Как было указано ранее, «решение проблем энергоучета на предприятиях и в энергетическом комплексе, требует создания автоматизированных систем контроля и учета энергоресурсов (АСКУЭ), которые в общем случае содержат три уровня, показанные в работе на рисунке 1» [3], [5], [6], [28].

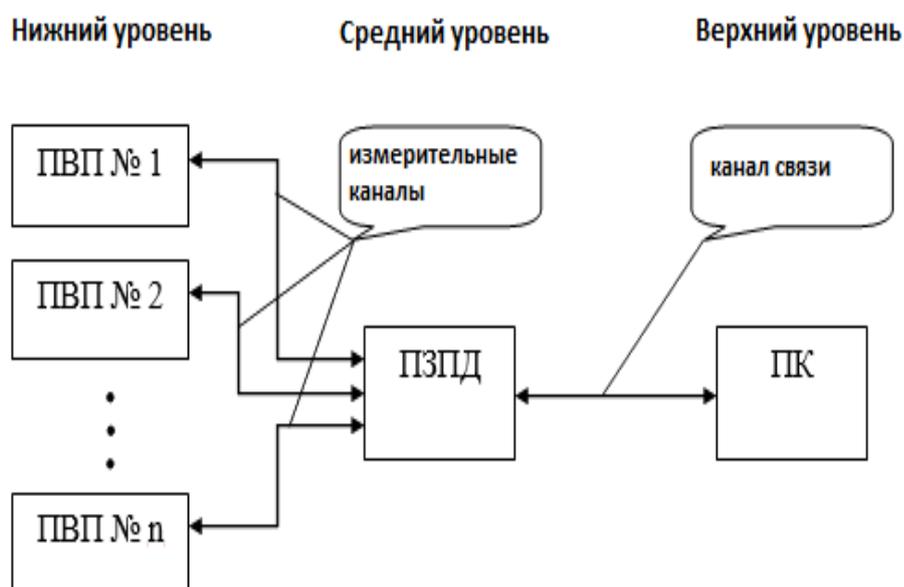


Рисунок 1 – Обобщенная структурная схема трехуровневой АСКУЭ

Приводится краткая характеристика основных структурных элементов обобщенной структурной схемы трехуровневой АСКУЭ, представленной в работе на рисунке 1.

Такая система включает следующие основные элементы в виде трёх основных уровней (нижний, средний и верхний) [27]:

- нижний уровень представляет собой первичные измерительные преобразователи (ПВП). На этом уровне используются, как правило, те технические средства, которые уже установлены на предприятии или те (например, счетчики), которые предпочитает заказчик. Единственное требование к ПВП: они должны иметь аналоговый, числоимпульсный или интерфейсный выход;
- «средний уровень – это устройства сбора и передачи данных (УСПД). В качестве УСПД выступают контроллеры (специализированные измерительные системы или многофункциональные программируемые преобразователи) со встроенным программным обеспечением энергоучета. Контроллеры осуществляют в заданном цикле интервала усреднения круглосуточный сбор измерительных данных с территориально распределенных ПВП, накопления, обработку и передачу этих данных на верхний уровень» [27]. На среднем уровне могут использоваться любые современные микропроцессорные контроллеры, например «Siemens» или «Verneker & Raner». В подсистемах учета электроэнергии могут использоваться электронные сумматоры (концентраторы), которые делают первичную обработку (суммирование по группам потребителей, разбивка по тарифным зонам, формирования отчетности, хранения и т.д.);
- верхний уровень – персональный компьютер (ПК) со специализированным программным обеспечением АСКУЭ, осуществляющий сбор информации с контроллера (или группы контроллеров) среднего уровня, итоговую обработку этой

информации как по точкам учета, так и по их группам - по подразделениям и объектам предприятия, отражение и документирования данных учета в виде, удобном для анализа и принятия решений (управление) оперативным персоналом службы главного энергетика и руководством предприятия.

«Нижний уровень АСКУЭ связан со средним уровнем измерительными каналами, в которые, вообще говоря, входят все измерительные средства и линии связи от точки учета к контроллеру, включая его входные цепи (иногда упрощенно под измерительными каналами подразумевают их часть - цепь передачи данных от ПВП к контроллеру).

Средний уровень АСКУЭ связан с верхним уровнем каналом связи, в качестве которого могут использоваться физические проводные линии связи, выделенные или коммутационные телефонные каналы, радиоканалы (в содержание понятия канала связи входят не только линии связи, но и оборудование связи, обслуживающего эти линии, иногда совокупность каналов связи называют средой связи).

Передача данных по этим каналам осуществляется, как правило, по стандартным или оригинальным протоколам обмена» [27].

«С появлением на рынке в начале 90-х годов 20 века надежных и сравнительно дешевых зарубежных ПК, стало возможным значительную часть функций АСКУЭ снять с контроллеров и передать программному обеспечению ПК, что привело к рождению рассматриваемой трехуровневой структуры АСКУЭ.

Такая структура позволяет решать качественно новые задачи энергоучета, а решение бывших задач ставит на несравненно более высокий уровень, обеспечивается как колоссальной памятью и вычислительными возможностями ПК, так и их средствами отображения и документирования (цветной монитор, графический печать, звуковые эффекты)» [11].

«Дальнейший прогресс в области интегральной технологии позволил функции контроллеров по учету энергоресурсов встраивать непосредственно

в первичные преобразователи, получая таким образом «интеллектуальные ЧПП»» [12].

«Для этих преобразователей трехуровневая схема АСКУЭ может быть трансформирована в двухуровневую структуру ПВП-ПК (рисунок 2), в которой сбор данных с точек учета ведется через определенную среду связи непосредственно на ПК (например, все «интеллектуальные» электросчетчики подключаются к компьютеру через коммутационное телефонное среда)» [4].

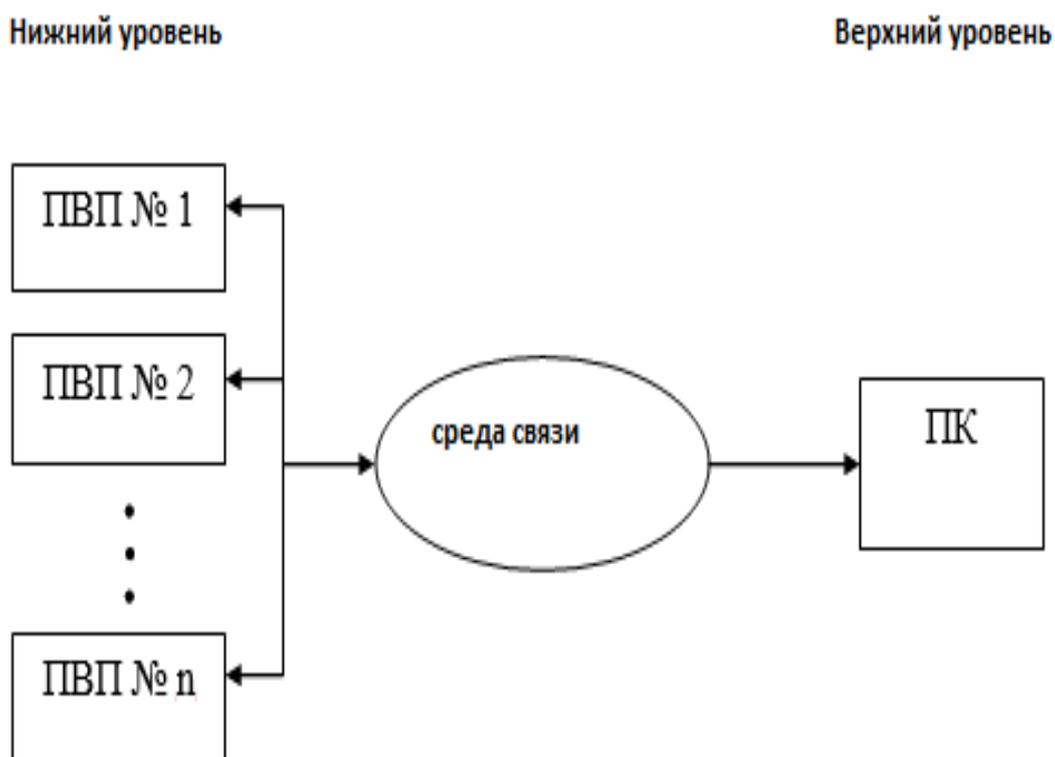


Рисунок 2 – Обобщенная структурная схема двухуровневой АСКУЭ

«Указанный принцип построения АСКУЭ связан с большими финансовыми затратами на достаточно дорогие интеллектуальные ПВП» [14].

Но если нет необходимости в круглосуточном считывании информации со счетчиков системы учёта и контроля электроэнергии, то такая система намного надежнее и удобнее.

Таким образом, в результате рассмотрения данного вопроса, установлено, что на данном этапе времени внедрения АСКУЭ является

рациональным шагом в решении многих проблем, связанных с учетом и контролем расхода электроэнергии.

Использование современных электронных счетчиков электроэнергии с классом точности от 0,2 до 0,5, которые входят в систему АСКУЭ, дает возможность гораздо точнее вести учет электроэнергии [20].

Установлено, что внедрения АСКУЭ в современной энергетике является рациональным шагом в решении многих проблем, связанных с учетом электроэнергии.

Также благодаря внедрению современных систем учета электроэнергии потребитель может значительно экономить на расходах за энергоресурсы и, что немаловажно с точки зрения надёжности, предотвратить аварийные режимы, а также вести детальный учёт потребления электроэнергии.

Установлено, что благодаря АСКУЭ потребитель может расплачиваться за многотарифные системой учета, дает ему возможность более экономить на расходах за энергоресурсы [26].

Эффект от внедрения такой системы достигает в среднем 15-30% от годового потребления электроэнергии, а окупаемость затрат на создание АСКУЭ происходит за 2-3 квартала [11].

Данные показатели литературных источников предлагается проверить в настоящей работе далее.

1.3 Основные типы автоматизированных систем учета и контроля электроэнергии

Далее в работе, на основе литературных источников, необходимо привести характеристику и рассмотреть основные типы автоматизированных систем учета и контроля электроэнергии.

Известно, что минимизация ошибок учёта электроэнергии с внедрением её автоматизированного контроля, является одним из важнейших энергосберегающих мероприятий не только в сетях потребителя, но и в

энергоснабжающих организациях. Таким образом, уменьшение данного показателя до минимально допустимого уровня является приоритетной задачей стратегии современного комплекса энергосбережения страны [8].

Существует несколько типов автоматизированных систем контроля и управления электроэнергией, которые используются в системах электроснабжения потребительских и энергетических организаций.

Некоторые из наиболее распространенных современных типов АСКУЭ включают следующие системы (выделены при проведении анализа) [19]:

- системы управления распределительной электроэнергией (SCADA). Такие SCADA-системы широко применяются для мониторинга и управления электрическими сетями. Данные системы позволяют операторам контролировать и управлять работой распределительной сети, включая сбор и анализ данных, управление энергопотреблением, оптимизацию распределения нагрузки и обнаружение и устранение сбоев;
- системы управления энергопотреблением зданий (BEMS). Эти системы предназначены для контроля и управления энергопотреблением в зданиях. Приведённые системы включают в себя сенсоры и контроллеры, которые мониторят и регулируют освещение, отопление, вентиляцию, кондиционирование воздуха (ОВК) и другие системы, чтобы обеспечить оптимальную энергоэффективность и комфорт для здания и его обитателей;
- системы управления энергосетями (EMS). Современные EMS-системы применяются для контроля и управления энергетическими сетями, включая передачу, распределение и генерацию электроэнергии. Данные системы обеспечивают мониторинг и управление нагрузкой, регулирование напряжения и частоты, оптимизацию использования ресурсов и координацию работы различных компонентов энергосистемы;

- системы управления энергопотреблением промышленных предприятий (IEMS). Такие IEMS-системы разработаны для управления энергопотреблением на промышленных предприятиях. Такие системы позволяют мониторить и контролировать энергозатраты в различных процессах и системах, оптимизировать расход энергии, управлять временем работы оборудования и снижать энергетические потери;
- системы управления энергохранилищами (ESS). Инновационные ESS-системы предназначены для управления энергохранилищами, такими как аккумуляторные батареи или другие устройства хранения энергии. Данные системы могут контролировать заряд и разряд хранилищ, оптимизировать использование хранимой энергии и обеспечивать резервные и аварийные источники питания;
- системы управления дистанционными сетями (DMS). Данные DMS-системы используются для управления распределительными электрическими сетями из центра управления. Приведённые системы позволяют мониторить состояние сети, обнаруживать и устранять сбои, оптимизировать распределение нагрузки и координировать работу различных устройств и подстанций;
- системы автоматического управления генерацией электроэнергии (AGC). Современные AGC-системы применяются в электроэнергетике для автоматического управления генерацией электроэнергии с целью поддержания баланса между спросом и предложением электроэнергии. Данные системы мониторят и регулируют производство электроэнергии, учитывая изменения нагрузки, доступность источников энергии и другие факторы.

Таким образом, в работе представлены основные типы современных автоматизированных систем контроля и управления электроэнергией.

Однако помимо них существует множество других специализированных систем, используемых в различных отраслях промышленности и отраслях энергетики [18], [25].

Известно, что в основе всех систем АСКУЭ лежит разнообразное программное обеспечение.

«Программное обеспечение автоматизированных систем учета и контроля должно иметь русифицированный интерфейс пользователя (включая вспомогательные и сервисные функции), сертифицировано Госстандартом РФ либо самостоятельно, либо в составе типа средств измерения» [7].

Общая структура информационных процессов в АСКУЭ приведена на рисунке 3 [2].



Рисунок 3 – Общая структура информационных процессов в АСКУЭ

На основании анализа требований, предъявляемых к АСКУЭ, установлено, что предпочтение следует отдавать архитектуре системы трехуровневой иерархической схемы с сервером консолидации технологических данных (рисунок 4) [2].



Рисунок 4 – Состав архитектуры системы трехуровневой иерархической схемы с сервером консолидации технологических данных

«Всю совокупность функций программного обеспечения АСКУЭ можно классифицировать по следующим группам функций [17]:

- сбор в автоматическом и ручном (по запросу оператора) режимах параметров АСКУЭ по каждой точке и/или структуре учёта;
- обработка накопленных значений учёта в соответствии с действующими тарифами, схемой электроснабжения и структурой учёта предприятия;
- формирование нормативно-справочной базы учёта предприятия по каждой точке и структуре учёта, тарифам, зонам;

- отображение измерительной и расчетной информации учёта в виде комплекса графиков, таблиц и ведомостей;
- сигнализация о нештатных ситуациях СЭС, автоматическая диагностика АСКУЭ (и её элементов) с анализом поступления информации о сбоях и отказах систем и каналов связи» [3].

«Все эти функции и задачи АСКУЭ необходимо обеспечить современным и надежным программным обеспечением, основанным на использовании новых информационных технологий (многоуровневая архитектура клиент-серверных приложений, полнофункциональные СУБД, организация электронного документооборота)» [3].

«Система АСКУЭ состоит из трех основных элементов:

- первичные средства измерения;
- среда передачи данных;
- программное обеспечение для обработки, хранения и отображения данных, также формирование различных отчетов» [13].

«К первичным средствам измерения относятся:

- счетчики электрической энергии;
- трансформаторы тока и напряжения;
- контроллеры или устройства, осуществляющие синхронизацию всех устройств по времени, а также источники единого времени» [15].

«К среде передачи данных относятся:

- различные преобразователи интерфейсов;
- различные модемы;
- сама среда передачи – витая пара, телефонные линии, радиоканалы, силовые линии (PLC)» [16].

Таким образом, в работе рассмотрены основные типы АСКУЭ, применяемые для решения задач учёта и контроля электроэнергии на объектах промышленности и энергетики. Рассмотрены основные сведения о программном обеспечении АСКУЭ.

На основании анализа требований, предъявляемых к АСКУЭ, установлено, что предпочтение следует отдавать архитектуре системы трехуровневой иерархической схемы с сервером консолидации технологических данных.

Выводы по первому разделу.

В результате выполнения первого раздела магистерской диссертации «Модернизация электрической части аппарата воздушного охлаждения газа компрессорного цеха № 5», на основании анализа технической литературы по данной тематике, проведён анализ основных функций и задач автоматизированных систем контроля и учёта электроэнергии в электрических сетях, рассмотрена обобщённая структура АСКУЭ, проведён анализ основных типов автоматизированных систем учета и контроля электроэнергии.

Перечислены выдающиеся отечественные и зарубежные учёные, внесшие вклад в развитие данного вопроса.

Установлено, что данная тематика актуальна в современных системах электроснабжения отечественных предприятий.

Установлено, что проблема внедрения автоматизации систем учёта и контроля электроэнергии является одной из наиболее актуальных проблем в энергетических системах промышленных предприятий и энергетического сектора Российской Федерации.

В результате рассмотрения вопроса и анализа текущего состояния проблематики автоматизации систем учёта и контроля электроэнергии, установлено, что внедрение АСКУЭ в электрических сетях промышленных предприятий и энергосистемы, позволяет значительно расширить и оптимизировать функции контроля и учёта электроэнергии на данных объектах.

Таким образом, в результате рассмотрения данного вопроса, установлено, что на данном этапе времени внедрения АСКУЭ является

рациональным шагом в решении многих проблем, связанных с учетом и контролем расхода электроэнергии.

Использование современных электронных счетчиков электроэнергии с классом точности от 0,2 до 0,5, которые входят в систему АСКУЭ, дает возможность гораздо точнее вести учет электроэнергии [20].

Установлено, что внедрения АСКУЭ в современной энергетике является рациональным шагом в решении многих проблем, связанных с учетом электроэнергии.

Также благодаря внедрению современных систем учета электроэнергии потребитель может значительно экономить на расходах за энергоресурсы и, что немаловажно с точки зрения надёжности, предотвратить аварийные режимы, а также вести детальный учёт потребления электроэнергии.

Установлено, что благодаря АСКУЭ потребитель может расплачиваться за многотарифные системой учета, дает ему возможность более экономить на расходах за энергоресурсы.

Эффект от внедрения такой системы достигает в среднем 15-30% от годового потребления электроэнергии, а окупаемость затрат на создание АСКУЭ происходит за 2-3 квартала [11]. Данные показатели литературных источников предлагается проверить в настоящей работе далее.

В работе рассмотрены основные типы АСКУЭ, применяемые для решения задач учёта и контроля электроэнергии на объектах промышленности и энергетике. Рассмотрены основные сведения о программном обеспечении АСКУЭ.

На основании анализа требований, предъявляемых к АСКУЭ, установлено, что предпочтение следует отдавать архитектуре системы трехуровневой иерархической схемы с сервером консолидации технологических данных.

Данный материал используется при написании магистерской диссертации в качестве базового теоретического материала.

2. Разработка комплекса мероприятий, направленных на повышение энергоэффективности в электрической части аппарата воздушного охлаждения газа компрессорного цеха № 5

2.1 Характеристика системы электроснабжения компрессорного цеха № 5

ООО «Газпром трансгаз Чайковский» является неразрывным звеном в Единой газотранспортной системе ПАО «Газпром», при этом на сегодняшний день Общество осуществляет транспорт газа по 15 крупнейшим магистральным газопроводам, берущим свое начало с месторождений Западной Сибири и доставляющим «голубое топливо» в центральные районы страны, государства ближнего и дальнего зарубежья.

ООО «Газпром трансгаз Чайковский» является крупным предприятием газотранспортной отрасли, специализирующимся на обеспечении надежной транспортировки природного газа по многочисленным магистральным газопроводам. Организация играет ключевую роль в энергетической системе страны, обеспечивая бесперебойное снабжение газом различных регионов и потребителей.

Основная сфера деятельности компании включает эксплуатацию и обслуживание сложной сети газотранспортных систем, включающих компрессорные станции, газораспределительные узлы и другие инфраструктурные объекты. Предприятие осуществляет контроль и управление потоками газа, при этом неуклонно гарантируя соблюдение технических и экологических стандартов.

Структура организации представляет собой разветвленную сеть филиалов и подразделений, обеспечивающих эффективное управление технологическими процессами. В составе предприятия функционируют специализированные службы и отделы, занимающиеся техническим

обслуживанием оборудования, мониторингом состояния газопроводов и внедрением инновационных технологий.

Основные технические показатели компании отражают высокую производительность и надежность газотранспортной системы. Предприятие эксплуатирует тысячи километров газопроводов, обладает современным парком компрессорных станций и применяет передовые системы автоматизации и контроля. Экономические показатели свидетельствуют о стабильном финансовом положении, высокой рентабельности и значительном вкладе в региональную экономику.

Перспективы развития ООО «Газпром трансгаз Чайковский» связаны с модернизацией существующей инфраструктуры, внедрением цифровых технологий и повышением энергоэффективности. На сегодняшний день компания планирует расширение газотранспортной сети, увеличение пропускной способности, а также улучшение экологической безопасности.

Стратегические планы включают сотрудничество с научно-исследовательскими организациями и инвестиции в инновационные проекты, направленные на развитие отрасли и укрепление позиций на рынке энергетических услуг.

Известно, что энергосбережение является одним из важнейших задач газоснабжающих предприятий страны [1], [22].

Энергосбережения на энергетических объектах тесно связано с получением точных показателей потребления электроэнергии, а также контроля её параметров на всех этапах передачи потребителям [23].

Именно одна из таких задач рассмотрена в данной работе, в которой детально рассмотрен процесс выбора рациональной системы автоматического контроля и управления электроэнергией электрической части одного из важнейших производственных механизмов – аппарата воздушного охлаждения (далее – АВО) газа компрессорного цеха № 5 ООО «Газпром трансгаз Чайковский», филиала Горнозаводского ЛПУМГ. Таким образом, данная задача является актуальной и практически важной.

Однолинейная схема электрических соединений КТП-10/0,4кВ, которая питает электрическую часть аппарата воздушного охлаждения газа компрессорного цеха № 5, а также другие потребители указанного компрессорного цеха, выполнена с применением двух источников раздельного питания в виде силовых понижающих трансформаторов 3Т и 4Т марки ТСЗЛ-1000/10.

Они питают две отдельные секции сборных шин 0,4 кВ КТП-10/0,4 кВ (1С-0,4 кВ и 2С-0,4 кВ).

От 1С-0,4 кВ получают питание 4 шкафа (шкафы № 2 и 3 – линейные, шкаф №4 – вводной, шкаф №1 ячейка 22 – секционное присоединение).

Основными потребителями 1С-0,4 кВ являются вентиляторы, а также ЩСО (ввод №1), ТЦУ-1С-0,4 кВ и ККУ-1.

От 2С-0,4 кВ также получают питание 4 шкафа (шкафы № 5,6,7 – линейные, шкаф №8 – вводной).

Основными потребителями 1С-0,4 кВ являются вентиляторы, а также ЩСО (ввод №2), ТЦУ-2С-0,4 кВ и ККУ-2. Также потребителями 1С-0,4 кВ КТП-10/0,4 кВ являются УКЗ КЦ-5, узел сбора конденсата, а также вводы в коробки механизмов № 101 и 103.

От шкафа №1 ячейки 22 отходит секционное присоединение к шкафу №5 2С-0,4 кВ.

Установлено, что вся электрическая часть АВО газа компрессорного цеха № 5 получает питание от щита ЩСО (показан детально в левой нижней части на рисунке 5).

Также определено, что основными потребителями данного технологического узла являются трёхфазные вентиляторы АВО газа КЦ-5.

Схема электрическая принципиальная управления вентиляторов АВО газа КЦ-5 показана в правом нижнем углу рисунка 5.

Установлено, что все элементы схемы рисунка 5 соответствуют требованиям надёжности. На основании приведённой информации, далее в работе проводится решение поставленных задач.

2.2 Анализ текущего состояния основных проблем в электрической части аппарата воздушного охлаждения газа компрессорного цеха №

В работе, для решения поставленных задач, необходимо провести анализ текущего состояния основных проблем в электрической части аппарата воздушного охлаждения газа компрессорного цеха № 5.

В результате проведения анализа по объекту исследования было установлено, что схема электрическая принципиальная ячеек управления вентиляторов аппарата воздушного охлаждения газа компрессорного цеха № 5 отвечает всем требованиям и задачам работы, всё установленное силовое оборудование схемы и оборудование системы управления объектом – новое и современное, однако существует проблема учёта и контроля потребления электроэнергии данным АВО газа, поэтому данную задачу необходимо решить практически.

На данный момент эта функция выполняется устаревшими системами учёта и контроля на базе индукционных счётчиков, что не соответствует современным требованиям и нормам.

При этом показания активной, реактивной электроэнергии, а также показания потребляемой мощности нагрузки, снимаются в ручном режиме в определённое время суток, что влечёт большую погрешность, несогласованность показаний, а также влияние «человеческого фактора» [1,2].

Кроме того, учёт в системе электроснабжения проводится только на вводных линиях 0,4 кВ питающей КТП-10/0,4 кВ, которая, помимо рассматриваемого аппарата воздушного охлаждения газа, также питает прочие потребители компрессорного цеха № 5.

Данный аспект вносит неразбериху в централизованный учёт электроэнергии на объекте, так как посчитать и спрогнозировать электропотребление мощными электродвигателями переменного тока

рассматриваемого аппарата воздушного охлаждения газа, технически очень проблематично, а иногда совершенно не представляется возможным [3].

Также отсутствие автоматического учёта и контроля электроэнергии на объекте приводит к высоким инструментальным потерям электроэнергии, так как невозможно вести учёт её потребления в режиме реального времени с минимальными погрешностями.

Кроме того, в последние годы внедрение автоматизированной системы учёта и контроля электроэнергии предполагает значительную экономию оплаты за потреблённую электроэнергию путём смещения основного технологического процесса на периоды с минимальной оплатой.

Также выявлено несколько несанкционированных подключений к системе электроснабжения компрессорного цеха, в частности, в электрической части аппарата воздушного охлаждения газа компрессорного цеха № 5.

В связи с этим, требуется установка и внедрение автоматизированной системы контроля и учёта электроэнергии, которая способна решить данную проблему.

Также установлено, что в связи с гибким технологическим процессом на объекте, возникла необходимость в мониторинге системы электропотребления компрессорного цеха и АВО газа, с последующим планированием и обработкой массива данных.

Установлено, что внедрение АСКУЭ способно решить данную проблему в полном объёме.

Следовательно, в работе приведены основные проблемы, возникающие в электрической части аппарата воздушного охлаждения газа компрессорного цеха № 5. Установлено, что они сводятся к установке и внедрении на объекте исследования автоматизированной системы контроля и учёта электроэнергии.

Таким образом, данная проблема требует грамотного и современного технического решения.

2.3 Выбор рациональных устройств и схемных решений по автоматизации контроля и учёта электроэнергии в электрической части аппарата воздушного охлаждения газа компрессорного цеха №

Решение поставленной задачи состоит во внедрении в систему электроснабжения объекта новой современной и перспективной автоматической системы контроля и управления электроэнергией (АСКУЭ), техническая и экономическая целесообразность которой будет детально обоснована и подтверждена в дальнейших исследованиях.

Далее детально рассмотрены и проанализированы основные системы автоматической системы контроля и управления электроэнергией (таблица 1), на основании чего выбрана и предложена наиболее перспективная модель АСКУЭ для применения на объекте исследования [4].

Таблица 1 – Анализ наиболее перспективных современных типов АСКУЭ для применения в электрической части аппарата воздушного охлаждения газа компрессорного цеха № 5

Критерий/тип системы АСКУЭ	SCADA	BEMS	EMS	IEMS	ESS	DMS	AGC
Применяемость для поставленной задачи работы	+	-	+	-	-	+	-
Надёжность работы системы	+	+	+	+	+	+	+
Доступность, удобство использования	+	-	+	+	-	-	-
Простота монтажа, обслуживания и ремонта	+	-	-	+	-	+	-
Относительно низкая стоимость	+	+	+	+	+	-	-

Таким образом, в результате проведённого анализа наиболее перспективных современных типов АСКУЭ, для применения в электрической части аппарата воздушного охлаждения газа компрессорного цеха № 5 рекомендовано использовать такие системы [21]:

- SCADA – системы управления распределительной электроэнергией;

– EMS – системы управления энергосетями.

Выбор конкретной марки АСКУЭ для применения на объекте исследования предлагается провести в следующих исследованиях по теме данной работы.

Известно, что решение проблемы качественного учёта и контроля электроэнергии с целью своевременной передачи показаний, а также контроля параметров электрической сети потребителей и энергосистемы, является актуальной задачей [3].

В результате проведённого анализа наиболее перспективных современных типов АСКУЭ, для применения в электрической части аппарата воздушного охлаждения газа компрессорного цеха № 5, было установлено, что для решения данной задачи на объекте исследования наиболее целесообразно применять следующие системы АСКУЭ:

- SCADA – системы управления распределительной электроэнергией;
- EMS – системы управления энергосетями.

На основании данных результатов, в настоящей работе проводится выбор конкретной модели (марки) АСКУЭ для применения на объекте исследования. Исходя из схемы электрических соединений аппарата воздушного охлаждения газа компрессорного цеха № 5, предлагается установить общую систему АСКУЭ на каждом из вводов (ввод № 1 – ячейка № 15, ввод № 2 – ячейка № 30) питающей КТП-10/0,4 кВ (рисунок 6).

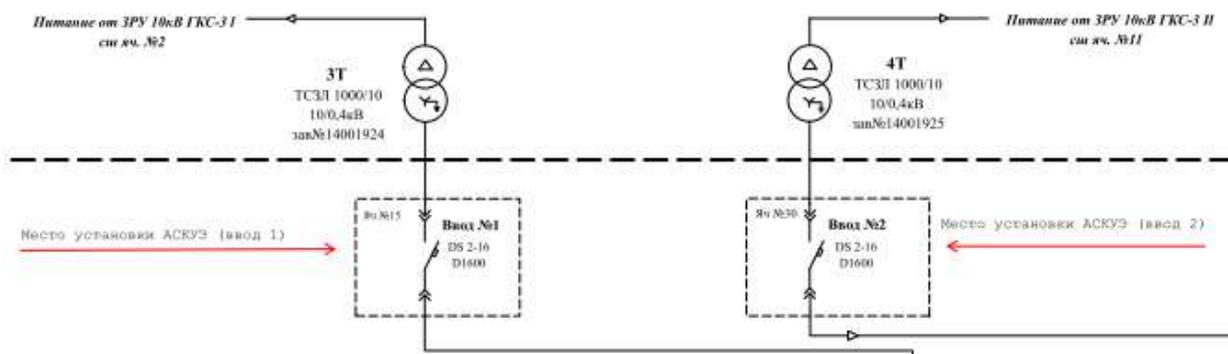


Рисунок 6 – Участок схемы электрических соединений КТП-10/0,4кВ, питающей электрическую часть аппарата воздушного охлаждения газа компрессорного цеха № 5 (первый комплект АСКУЭ)

Таблица 2 – Анализ наиболее перспективных современных моделей (марок) АСКУЭ для применения в электрической части аппарата воздушного охлаждения газа компрессорного цеха № 5

Критерий/модель (марка) системы АСКУЭ, производитель	Spectrum Power 5 (Siemens)	Network Manager (ABB)	EcoStruxure ADMS (Schneider Electric)	PowerOn Advantage (General Electric)	PI System (OSIsoft)
Применяемость для поставленной задачи работы	+	+	+	-	-
Надёжность работы системы	+	+	+	+	+
Доступность, удобство использования, поддержка ПО	+	+	-	-	+
Простота монтажа, обслуживания и ремонта	+	-	-	+	-
Относительно низкая стоимость	+	+	-	-	-
Доступность на рынке Российской Федерации	+	-	-	-	-

Таким образом, в результате рассмотрения данного вопроса, установлено, что на данном этапе времени внедрения АСКУЭ является рациональным шагом в решении многих проблем, связанных с учетом и контролем расхода электроэнергии.

Использование современных электронных счетчиков электроэнергии с классом точности от 0,2 до 0,5, которые входят в систему АСКУЭ, дает возможность гораздо точнее вести учет электроэнергии [10].

Установлено, что внедрения АСКУЭ в современной энергетике является рациональным шагом в решении многих проблем, связанных с учетом электроэнергии.

Также благодаря внедрению современных систем учета электроэнергии потребитель может значительно экономить на расходах за энергоресурсы и, что немаловажно с точки зрения надёжности, предотвратить аварийные режимы, а также вести детальный учёт потребления электроэнергии.

Установлено, что благодаря АСКУЭ потребитель может расплачиваться за многотарифные системой учета, дает ему возможность более экономить на расходах за энергоресурсы.

Таким образом, в результате проведённого анализа наиболее перспективных современных моделей (марок) АСКУЭ, для применения в электрической части аппарата воздушного охлаждения газа компрессорного цеха № 5 рекомендовано использовать систему SCADA модели (марки) Spectrum Power 5 (производитель – Siemens) [30].

Данная система частично производится, реализуется и поддерживается в Российской Федерации через дочерние компании Siemens и Правительства РФ [12].

Таким образом, продукт доступен на рынке Российской Федерации, что значительно упрощает процессы монтажа, обслуживания и возможного ремонта данной системы, а также её наладки и ввода в эксплуатацию на объекте исследования.

Далее проводится краткое описание предложенной системы SCADA модели (марки) Spectrum Power 5 (производитель – Siemens) [12].

Система управления АСКУЭ Spectrum Power 5 представлена в работе на рисунке 8.



Рисунок 8 – Система управления АСКУЭ Spectrum Power 5

Концепция иерархического управления АСКУЭ Spectrum Power 5 представлена на рисунке 9.



Рисунок 9 – Концепция иерархического управления АСКУЭ марки Spectrum Power 5

Организация рабочего процесса АСКУЭ Spectrum Power 5 представлена на рисунке 10.

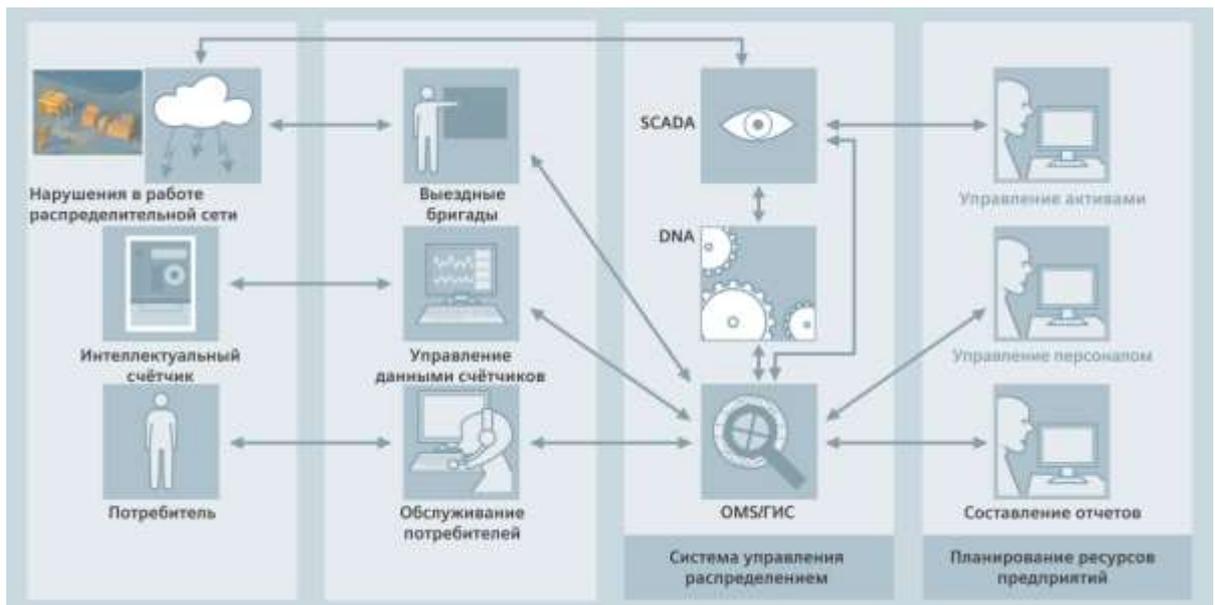


Рисунок 10 – Организация рабочего процесса АСКУЭ марки Spectrum Power

Интеграция технологического процесса и принципов управления электроэнергией в АСКУЭ Spectrum Power 5 представляет собой значительный шаг вперёд в области современных энергетических систем. Spectrum Power 5, разработанный компанией Siemens, обеспечивает комплексное решение, объединяющее передовые методы контроля с надёжными возможностями управления данными для оптимизации распределения и потребления электроэнергии.

Система использует сложные алгоритмы для мониторинга и регулирования электрических параметров сети в реальном времени. Путём интеграции технологических процессов, присущих передаче и распределению энергии, Spectrum Power 5 гарантирует эффективное управление потоками электроэнергии, снижая потери и повышая стабильность энергосистемы. Архитектура системы позволяет обеспечить беспрепятственное взаимодействие между различными компонентами электрической инфраструктуры, что способствует координированным действиям управления и оперативному реагированию на изменяющиеся условия.

Интеграция технологического процесса в АСКУЭ Spectrum Power 5 представлена на рисунке 11.

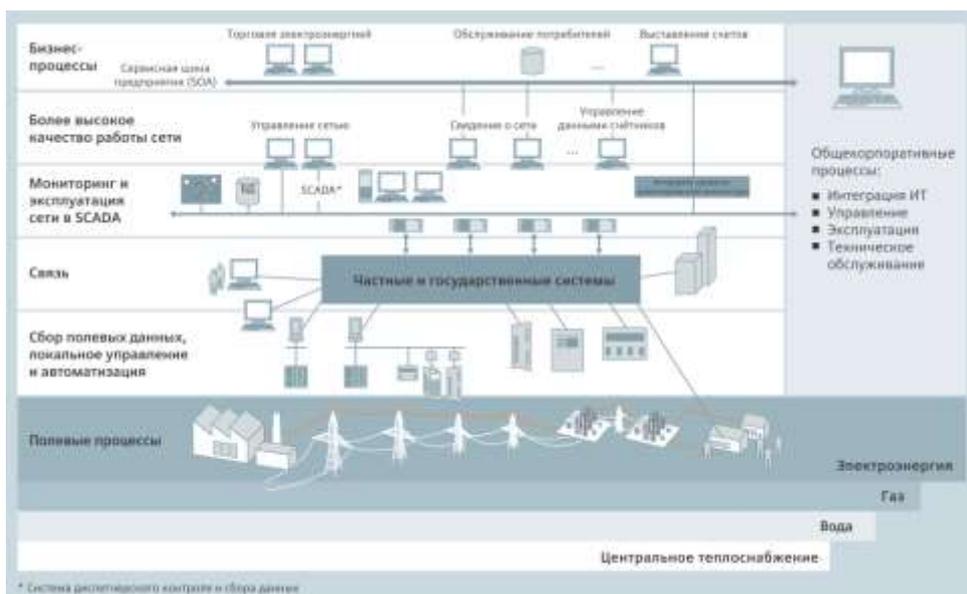


Рисунок 11 – Интеграция технологического процесса в АСКУЭ Spectrum Power 5

Принципы управления электроэнергией в Spectrum Power 5 основаны на предиктивной аналитике и стратегиях современного активного обслуживания системы.

Система использует исторические и текущие данные для прогнозирования паттернов спроса, позволяя операторам корректировать графики генерации и распределения.

Указанная предиктивная способность минимизирует риск перегрузок и отключений, способствуя надёжности не только АСКУЭ, но и всей системы электроснабжения объекта, на котором она используется.

Кроме того, Spectrum Power 5 включает в себя продвинутую инфраструктуру измерений, предоставляющую детальное представление о потреблении энергии на различных уровнях сети.

Такие подробные данные поддерживают обоснованное принятие решений в отношении балансировки нагрузки и распределения энергетических ресурсов.

Интеграция этих технологических процессов с принципами управления электроэнергией приводит к созданию системы, которая не только мониторит, но и оптимизирует работу электрической сети.

Таким образом, внедрение Spectrum Power 5 в автоматизированные системы контроля и учёта электроэнергии повышает операционную эффективность и поддерживает переход к более умным и устойчивым энергетическим сетям.

Путём гармонизации технологических процессов со стратегическим управлением электроэнергией система способствует развитию устойчивых энергетических практик и удовлетворяет растущие потребности современных энергосистем.

Принцип управления электроэнергией в АСКУЭ Spectrum Power 5 представлена на рисунке 12.

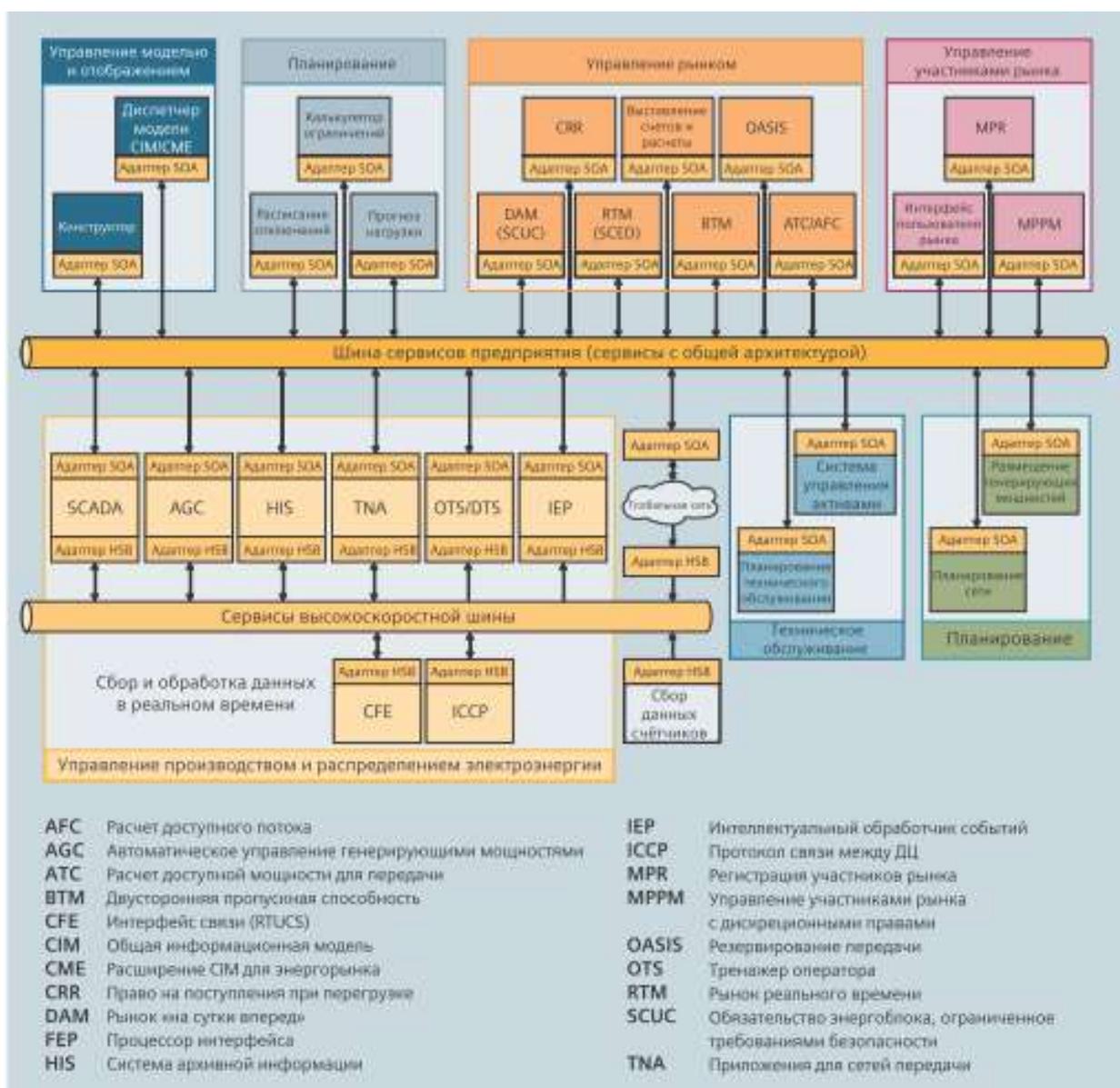


Рисунок 12 – Принцип управления электроэнергией в Spectrum Power 5

Таким образом, выбор АСКУЭ Spectrum Power 5 обоснован с технической точки зрения.

Технико-экономическое обоснование внедрения данной модели АСКУЭ для применения на объекте исследования предлагается провести в следующих исследованиях по теме данной работы (раздел 3 диссертации).

Выводы по второму разделу.

В результате выполнения второго раздела магистерской диссертации «Модернизация электрической части аппарата воздушного охлаждения газа компрессорного цеха № 5», проведена разработка комплекса мероприятий,

направленных на повышение энергоэффективности в электрической части аппарата воздушного охлаждения газа компрессорного цеха № 5 ООО «Газпром трансгаз Чайковский», филиала Горнозаводского ЛПУМГ.

Для решения основной задачи, в работе рассмотрены следующие вопросы:

- приведена основная техническая и экономическая характеристики системы электроснабжения компрессорного цеха № 5;
- проведён анализ текущего состояния основных проблем в электрической части аппарата воздушного охлаждения газа компрессорного цеха № 5;
- проведён и обоснован выбор рациональных устройств и схемных решений по автоматизации контроля и учёта электроэнергии в электрической части аппарата воздушного охлаждения газа компрессорного цеха № 5;
- с учётом полученных результатов, разработаны основные выводы по второму разделу работы.

В результате проведения анализа по объекту исследования было установлено, что схема электрическая принципиальная ячеек управления вентиляторов аппарата воздушного охлаждения газа компрессорного цеха № 5 отвечает всем требованиям и задачам работы, всё установленное силовое оборудование схемы и оборудование системы управления объектом – новое и современное, однако существует проблема автоматизированного учёта и контроля потребления электроэнергии данным АВО газа, поэтому данную задачу необходимо решить практически.

В связи с этим, требуется установка и внедрение автоматизированной системы контроля и учёта электроэнергии, которая способна решить данную проблему.

Таким образом, данная проблема требует грамотного и современного технического решения.

В результате проведённого анализа наиболее перспективных современных типов АСКУЭ, для применения в электрической части аппарата воздушного охлаждения газа компрессорного цеха № 5, было установлено, что для решения данной задачи на объекте исследования наиболее целесообразно применять следующие системы АСКУЭ:

- SCADA – системы управления распределительной электроэнергией;
- EMS – системы управления энергосетями.

В результате проведённого анализа наиболее перспективных современных моделей (марок) АСКУЭ, для применения в электрической части аппарата воздушного охлаждения газа компрессорного цеха № 5 рекомендовано использовать систему SCADA модели (марки) Spectrum Power 5 (производитель – Siemens).

Данная модель представлена и поддерживается на рынке Российской Федерации.

Проведено краткое описание предложенной системы SCADA модели (марки) Spectrum Power 5 (производитель – Siemens).

Установлено, что применение SCADA-системы Spectrum Power 5, разработанной компанией Siemens, в электрической части аппарата воздушного охлаждения газа компрессорного цеха № 5 ООО «Газпром трансгаз Чайковский», филиала Горнозаводского ЛПУМГ, предоставляет существенные преимущества. Spectrum Power 5 повышает эффективность мониторинга и управления электрическим оборудованием, обеспечивая высокую степень надёжности и безопасности эксплуатации.

Система позволяет осуществлять сбор и анализ данных в режиме реального времени, что способствует своевременному обнаружению неисправностей и реализации превентивных мер по обслуживанию.

Благодаря модульной и масштабируемой архитектуре, Spectrum Power 5 легко интегрируется с существующей инфраструктурой и позволяет учитывать будущие расширения без значительных изменений.

Усовершенствованные протоколы безопасности системы обеспечивают защиту критически важных операций от киберугроз.

Использование передовых технологий в Spectrum Power 5 оптимизирует процессы управления энергией, снижает время простоя и повышает общую производительность электрических систем в составе аппарата воздушного охлаждения газа.

Таким образом, выбор АСКУЭ Spectrum Power 5 для применения на объекте исследования, полностью обоснован.

Данная модель принимается за основу на объекте исследования при проведении дальнейших исследований в работе.

Технико-экономическое обоснование внедрения данной модели АСКУЭ для применения на объекте исследования предлагается провести в следующих исследованиях по теме данной работы (раздел 3 диссертации).

Технико-экономическое обоснование внедрения мероприятий, направленных на повышение энергоэффективности в электрической части аппарата воздушного охлаждения газа компрессорного цеха № 5

Предварительная оценка технической эффективности внедрения АСКУЭ на объекте

Ранее в работе, в результате проведённого анализа наиболее перспективных современных моделей (марок) АСКУЭ, для применения в электрической части аппарата воздушного охлаждения газа компрессорного цеха № 5 рекомендовано использовать систему SCADA модели (марки) Spectrum Power 5 (производитель – Siemens) [12].

Данная система частично производится, реализуется и поддерживается в Российской Федерации через дочерние компании Siemens и Правительства РФ [12].

Предварительно установлено, что предварительный эффект от внедрения такой системы достигает в среднем 15-30% от годового потребления электроэнергии, а окупаемость затрат на создание АСКУЭ – 2-3 квартала (рисунок 13) [12].



Рисунок 13 – Примерная структура затрат на внедрение АСКУЭ

Таким образом, выбор АСКУЭ Spectrum Power 5 предварительно обоснован.

Проводится предварительное обоснование внедрения данной модели АСКУЭ для применения на объекте исследования.

Исходя из схемы электрических соединений аппарата воздушного охлаждения газа компрессорного цеха № 5, предложено установить общую систему АСКУЭ на каждом из вводов (ввод № 1 – ячейка № 15, ввод № 2 – ячейка № 30) питающей КТП-10/0,4 кВ.

Кроме того, для непосредственного учёта электроэнергии в электрической части аппарата воздушного охлаждения газа компрессорного цеха № 5 предлагается установить второй комплект АСКУЭ на вводе в данный объект.

Таким образом, поставленная задача будет решена и обеспечен учёт и контроль на питающей КТП-10/0,4 кВ, а также непосредственно в электрической части аппарата воздушного охлаждения газа компрессорного цеха № 5 (потребитель 0,4 кВ) [2].

В работе проводится техническая эффективность внедрения данных мероприятий.

Известно, что значительной экономии современные системы учёта и контроля электроэнергии добиваются за счёт следующих ключевых особенностей:

- снижение недоучёта потреблённой электроэнергии («инструментальных потерь» электроэнергии);
- применение многотарифного учёта электроэнергии;
- оптимального управления энергосистемой.

Предварительная оценка технической эффективности проведена, исходя из фактических показаний приборов учёта электроэнергии до и после установки указанной системы АСКУЭ.

Результаты предварительной оценки технической эффективности внедрения системы SCADA модели (марки) Spectrum Power 5 (производитель

– Siemens) с целью минимизации потерь электроэнергии в системе контроля и управления электроэнергией в электрической части аппарата воздушного охлаждения газа на примере компрессорного цеха № 5 ООО «Газпром трансгаз Чайковский», филиала Горнозаводского ЛПУМГ, представлены в форме таблицы 3 и на рисунке 14.

Таблица 3 – Результаты предварительной оценки технической эффективности внедрения системы SCADA Spectrum Power 5 с целью минимизации потерь электроэнергии в системе контроля и управления электроэнергией в электрической части аппарата воздушного охлаждения газа

Место установки	Уменьшение уровня потерь ЭЭ, %	
	До внедрения	После внедрения
КТП-10/0,4 кВ	1,8	0,8
Распределительная сеть 0,4 кВ (потребители)	1,9	0,8

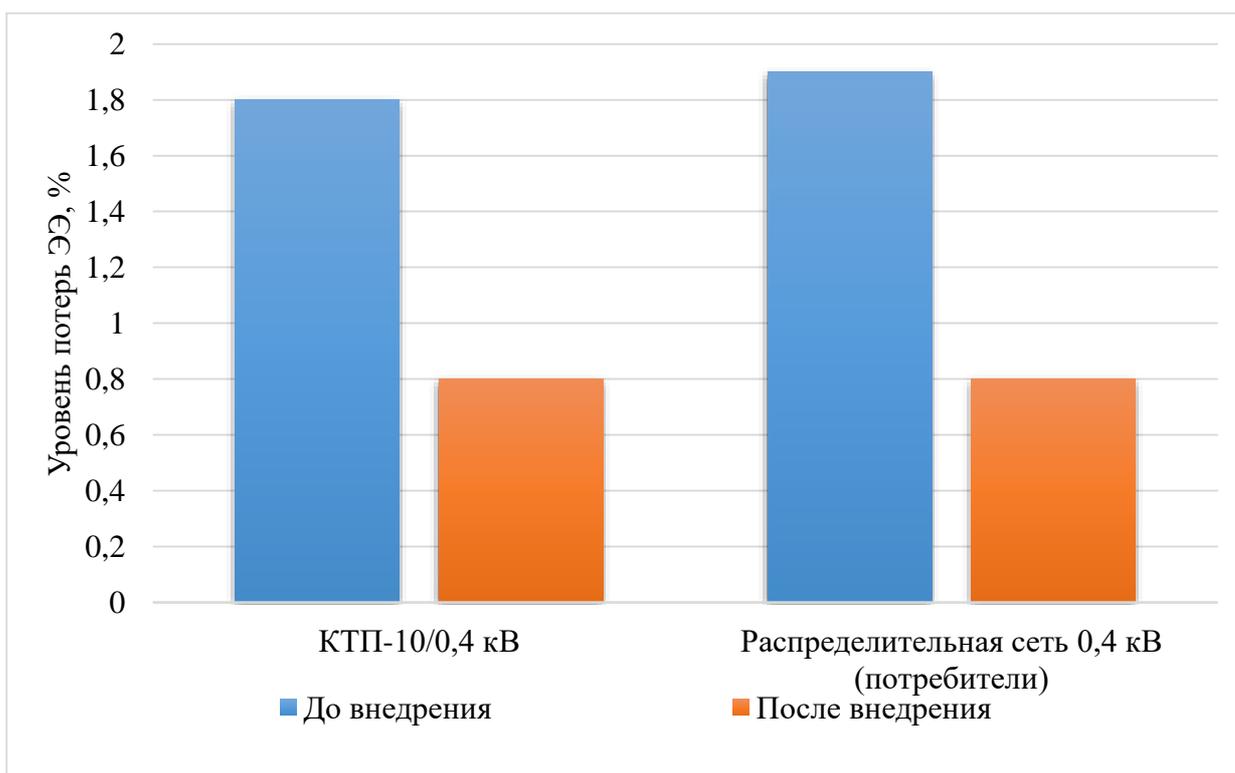


Рисунок 14 – Результаты предварительной оценки технической эффективности внедрения системы SCADA Spectrum Power 5 с целью минимизации потерь электроэнергии в системе контроля и управления электроэнергией в электрической части аппарата воздушного охлаждения газа

В результате проведения предварительной оценки технической эффективности внедрения системы SCADA модели (марки) Spectrum Power 5 (производитель – Siemens) с целью минимизации потерь электроэнергии в системе контроля и управления электроэнергией в электрической части аппарата воздушного охлаждения газа на примере компрессорного цеха № 5 ООО «Газпром трансгаз Чайковский», филиала Горнозаводского ЛПУМГ было установлено следующее:

- на КТП-10/0,4 кВ (первый комплект АСКУЭ) инструментальные потери электроэнергии уменьшились с 1,8% до 0,8 %, то есть на 1%;
- в распределительной сети потребителей (второй комплект АСКУЭ) инструментальные потери электроэнергии уменьшились с 1,9% до 0,8 %, то есть на 1,1 %;
- учитывая полученные результаты, можно сделать вывод, что внедрение системы SCADA модели (марки) Spectrum Power 5 (производитель – Siemens) с целью минимизации потерь электроэнергии в системе контроля и управления электроэнергией в электрической части аппарата воздушного охлаждения газа на примере компрессорного цеха № 5 ООО «Газпром трансгаз Чайковский», филиала Горнозаводского ЛПУМГ, эффективно технически;
- предлагается продолжить данное исследование, проведя оценку обосновав расчётным путём технико-экономическую эффективность внедрения данной системы на объекте исследования.

Оценка технико-экономической эффективности внедрения АСКУЭ на объекте

В данном разделе проведено технико-экономическое обоснование разработанного ранее комплекса мероприятий, направленных на повышение энергоэффективности в электрической части аппарата воздушного

охлаждения газа компрессорного цеха № 5 ООО «Газпром трансгаз Чайковский», филиала Горнозаводского ЛПУМГ.

В предыдущих исследованиях обосновано применение для решения поставленной задачи АСКУЭ системы SCADA модели Spectrum Power 5 (Siemens).

Установлено и показано, что применение системы SCADA модели Spectrum Power 5 производства Siemens в электрической части аппарата воздушного охлаждения газа компрессорного цеха № 5 обосновано высокими требованиями к надёжности, эффективности и безопасности управления технологическими процессами на современном газотранспортном предприятии.

Комплексное решение, предлагаемое данной системой, обеспечивает непрерывный мониторинг и контроль параметров работы оборудования, что особенно актуально для критически важных объектов, связанных с охлаждением газа.

В работе проводится технико-экономическое обоснование принятых решений, которые необходимо подтвердить расчётным путём и путём анализа фактических измерений потребления электроэнергии до и после внедрения предложенных мероприятий.

Технико-экономический эффект от внедрения Spectrum Power 5 проявляется в оптимизации энергопотребления, снижении оплаты за потреблённую электроэнергию за счёт применения дифференциального тарифа по установленной дифференцированной цене за каждый интервал времени суток, а также в снижении инструментальных потерь электроэнергии за счёт применения более точной системы учёта и контроля, обладающей минимальной погрешностью.

За счет внедрения на объекте дифференцированного тарифа на оплату электроэнергии, когда в определённые часы ставка на электроэнергию ниже, чем при однотарифном учете электроэнергии, в проекте ожидается получить экономию затрат на оплату потерь электроэнергии.

Результаты расчёта капитальных вложений на внедрение системы АСКУЭ в электрической части аппарата воздушного охлаждения газа на примере компрессорного цеха № 5 ООО «Газпром трансгаз Чайковский», филиала Горнозаводского ЛПУМГ, представлены в форме таблицы 4.

Таблица 4 – Результаты расчёта капитальных вложений на внедрение системы АСКУЭ в электрической части аппарата воздушного охлаждения газа на примере компрессорного цеха № 5

Тип оборудования	Стоимость, руб.
Счётчики электроэнергии (2 шт.)	23400
Устройство сбора и передачи данных (1 шт.)	34600
Трансформатор тока ТЛМ-10 (4 шт.)	80000
Трансформатор напряжения НАМИ-10 (2 шт)	93200
Рабочая станция	100000
Сервер	126150
Удлинитель интерфейса	10000
Адаптеры интерфейса	10000
Устройство сбора и передачи данных	116560
Расходный материал	20500
Разработка и согласование проекта	123850
Программное обеспечение	150000
Монтаж	37019
Транспортные расходы	73850
Наладка и ввод в эксплуатацию	120000
Итого капитальных вложений	1119129

Таким образом, расчётным путём установлено, что суммарные капиталовложения на внедрение АСКУЭ на объекте исследования составили 1119129 руб.

Определяется значение годовых эксплуатационных затрат на внедрение АСКУЭ на объекте исследования:

$$ЗЭ = A + TP + ЗП + П, \text{ руб.}, \quad (1)$$

где «ЗП – заработная плата обслуживающего персонала, руб.;

A – амортизационные отчисления (12,5% от капиталовложений), руб.;

TP – затраты на техническое обслуживание и ремонт (5% от

капиталовложений), руб.;

П – прочие затраты, руб.» [4].

Амортизационные отчисления на внедрение АСКУЭ на объекте принимаются равными 12,5% от величины суммарных капиталовложений в проект (так как всё оборудование – новое):

$$A = 0,125 \cdot KB, \text{ руб.}, \quad (2)$$

$$A = 0,125 \cdot 1119129 = 139891 \text{ руб.}$$

Затраты на техническое обслуживание и ремонт АСКУЭ на объекте принимаются равными 5% от величины суммарных капиталовложений в проект (так как всё оборудование – новое):

$$TP = 0,05 \cdot KB, \text{ руб.}, \quad (3)$$

$$TP = 0,05 \cdot 1119129 = 55956 \text{ руб.}$$

Зарплата обслуживающего персонала определяется с учётом того, что основные работы по монтажу, эксплуатации и ремонту, а также наладке и вводу в эксплуатацию АСКУЭ на объекте берёт на себя представительство завода-изготовителя (согласно договору).

С учётом этого, будет значительная экономия на зарплате обслуживающего персонала, которая определяется так:

$$ЗП = ЧТС \cdot ЗТ \cdot K_{\text{доп}} \cdot K_{\text{отч}}, \quad (4)$$

где «ЧТС – часовая тарифная ставка, руб.;

ЗТ – затраты труда на обслуживание данного оборудования, чел. · ч;

$K_{\text{доп}}$ – коэффициент, учитывающий дополнительную оплату труда;

$K_{\text{отч}}$ – коэффициент отчислений в единый социальный фонд» [3].

Затраты труда с учётом перечисленных ранее факторов и условий:

$$3T = T \cdot q, \quad (5)$$

где « T – трудоемкость обслуживания 1 у.е., чел. час.;

q – количество у.е., шт. » [3].

Проводятся соответствующие расчёты.

$$K_{УЕ.ЭЛ.ОБ} = 1,1 \cdot 4 = 4,4 \text{ у.е.},$$

$$3T = 4,4 \cdot 18,6 = 81,84 \text{ чел.ч},$$

$$3П = 57 \cdot 1,64 \cdot 1,30 \cdot 81,84 = 9945,5 \text{ руб.}$$

Величина прочих затрат на внедрение АСКУЭ на объекте принимаются равными 1% от величины суммы амортизационных отчислений, затрат на техническое обслуживание и ремонт и заработной платы:

$$П = 0,1 \cdot (A + TP + 3П), \text{ руб.}, \quad (6)$$

$$П = 0,1 \cdot (139891 + 55956 + 9945,5) = 20579 \text{ руб.}$$

Годовые эксплуатационные затраты на внедрение АСКУЭ на объекте исследования:

$$3Э = 139891 + 55956 + 9945,5 + 20579 = 226371,5 \text{ руб.}$$

Как было указано ранее, за счет внедрения на объекте дифференцированного тарифа на оплату электроэнергии, когда в определённые часы ставка на электроэнергию ниже, чем при одностарифном учете электроэнергии, в проекте ожидается получить экономию затрат на оплату потерь электроэнергии.

Проводится экономическая оценка данного мероприятия.

С 1 января 2012 года в Российской Федерации была внедрена система шести ценовых категорий электроэнергии, направленная на оптимизацию тарифной политики и стимулирование рационального потребления электроэнергии.

Каждая ценовая категория характеризуется определёнными условиями и методикой расчёта стоимости электроэнергии, что позволяет учитывать технические возможности потребителей и особенности их энергопотребления.

Первая ценовая категория предназначена для потребителей, не имеющих технической возможности осуществлять дифференцированный учёт электроэнергии по временным интервалам.

Для них устанавливается одноставочный тариф, при котором стоимость киловатт-часа электроэнергии является фиксированной вне зависимости от времени суток и объёма потребления.

Расчёт производится путём умножения общего объёма потреблённой электроэнергии за расчётный период на установленный тариф.

Вторая ценовая категория рассчитана на потребителей, способных учитывать электроэнергию по двум временным зонам: пиковому и непиковому периодам.

Тарифная сетка предусматривает две ставки: повышенную для пикового времени и пониженную для остального периода.

Расчёт стоимости осуществляется суммированием произведений объёмов потребления в каждой зоне на соответствующие тарифные ставки, что стимулирует перенос энергозатрат на непиковые часы и выравнивание нагрузки в энергосистеме.

Третья ценовая категория подходит потребителям, имеющим техническую возможность почасового учёта электроэнергии.

Тарифы дифференцируются по нескольким временным зонам в течение суток (обычно ночное, полупиковое и пиковое время), отражая структуру нагрузки в энергосистеме.

Стоимость рассчитывается путём суммирования объёмов потребления в каждой временной зоне, умноженных на соответствующие тарифы.

Такой подход поощряет более равномерное распределение нагрузки и снижение потребления в часы максимального спроса.

Четвёртая ценовая категория предназначена для крупных потребителей, подключённых к сетям высокого напряжения и способных учитывать потребление электроэнергии и мощности по часовым интервалам.

Помимо оплаты за фактически потреблённую электроэнергию по дифференцированным тарифам, вводится плата за заявленную максимальную мощность.

Расчёт стоимости включает две составляющие: энергетическую, зависящую от объёма потребления в различных временных зонах, и мощностную, основанную на величине максимальной мощности, потреблённой в пиковые периоды.

Пятая ценовая категория аналогична четвёртой, но применяется к потребителям, подключённым к сетям среднего напряжения.

Условия расчёта схожи: оплата за электроэнергию по дифференцированным тарифам и плата за заявленную мощность.

Тарифные ставки и методика расчёта адаптированы к особенностям сети среднего напряжения и характеру потребления данной группы потребителей.

Шестая ценовая категория используется потребителями, участвующими в оптовом рынке электроэнергии и мощности.

Стоимость электроэнергии и мощности формируется на основе рыночных цен, сложившихся в результате торгов на оптовом рынке.

Потребители оплачивают электроэнергию по ценам, определённым биржевыми механизмами, и несут ответственность за балансировку своего потребления.

Расчёт стоимости производится с учётом фактических объёмов потребления и действующих рыночных цен на электроэнергию и мощность.

Введение системы шести ценовых категорий направлено на повышение эффективности использования электроэнергии, стимулирование энергосбережения и оптимизацию нагрузки в энергосистеме.

Дифференциация тарифов по времени и мощности позволяет учитывать особенности потребления различных групп потребителей и поощрять снижение энергопотребления в пиковые часы.

Такой подход способствует более равномерной загрузке генерирующих мощностей и снижению необходимости ввода дополнительных энергетических объектов.

Регулирование тарифов и контроль за корректностью расчётов осуществляются Федеральной антимонопольной службой и региональными органами регулирования в области энергетики.

Потребители имеют возможность выбирать ценовую категорию в соответствии с техническим оснащением и потребностями, что позволяет оптимизировать затраты на электроэнергию и повысить экономическую эффективность деятельности.

Таким образом, система ценовых категорий электроэнергии в Российской Федерации обеспечивает гибкий подход к тарифообразованию, учитывая технические возможности и характер потребления различных групп потребителей.

Она способствует рациональному использованию энергетических ресурсов, стимулирует инвестиции в современные технологии учёта и управления энергопотреблением, а также обеспечивает прозрачность и справедливость тарифной политики.

«При переходе на дифференцированный тариф по времени суток, установлены следующие интервалы тарифных зон: ночная (23⁰⁰-7⁰⁰), пиковая (9⁰⁰-16⁰⁰). Остальное время полупиковая зона (7⁰⁰-9⁰⁰ и 16⁰⁰-23⁰⁰)» [2].

Одним из основным показателей эффективности, является минимум приведенных затрат:

$$ПЗ = KB \cdot E_n + ЗЭ, \text{ руб.}, \quad (7)$$

где «KB - капитальные вложения, руб.;

ЗЭ – годовые эксплуатационные затраты, руб.;

E_n - нормативный коэффициент экономической эффективности капитальных вложений, E_n = 0,15» [4].

$$ПЗ = 1119129 \cdot 0,15 + 226371,5 = 394240,85 \text{ руб.}$$

«Стоимость потерь объема электроэнергии при первой ценовой категории» [4]:

$$\mathcal{E}_y = 0,178655 \cdot 24 \cdot 31 \cdot 3902,054 = 518658,36 \text{ руб.}$$

«Годовая экономия в оплате за электроэнергию для второй ценовой категории» [4]:

$$\mathcal{E}_y = T_{эо} \cdot Q_y - (T_n \cdot Q_{эн} + T_n \cdot Q_{эн} + T_{nn} \cdot Q_{энн}), \text{ руб.}, \quad (8)$$

$$\mathcal{E}_y = 132,9 \cdot 3902,054 - (44,3 \cdot 4500 + 38,76 \cdot 7500 + 49,84 \cdot 5500) = -245511,64 \text{ руб.}$$

«Следовательно, производить расчет потерь электроэнергии трансформаторов по второй ценовой категории не выгодно, система не окупается.

Определяется экономия электроэнергии по третьей ценовой категории.

Годовая экономия затрат на оплату потерь электроэнергии» [4]:

$$\mathcal{E}_k = \mathcal{E}_{y.1цк} - \mathcal{E}_{y.3цк}, \text{ руб.}, \quad (9)$$

$$\mathcal{E}_k = 84909,96 \cdot 12 = 1018919,52 \text{ руб.}$$

«Срок окупаемости капиталовложений» [4]:

$$T_{кв} = \frac{KB}{\mathcal{E}_к}, \text{ лет}, \quad (10)$$

$$\mathcal{E}_к = 84909,96 \cdot 12 = 1018919,52 \text{ руб.}$$

$$T_{кв} = \frac{1119129}{1018919,52} \approx 1,1 \text{ года.}$$

Все полученные результаты оценки технико-экономической эффективности внедрения АСКУЭ в электрической части аппарата воздушного охлаждения газа на примере компрессорного цеха № 5 ООО «Газпром трансгаз Чайковский», филиала Горнозаводского ЛПУМГ, представлены в сводной таблице 5.

Таблица 5 – Результаты оценки технико-экономической эффективности внедрения АСКУЭ в электрической части аппарата воздушного охлаждения газа на примере компрессорного цеха № 5 ООО «Газпром трансгаз Чайковский», филиала Горнозаводского ЛПУМГ

Показатели	Значения
Капитальные вложения, руб.	1119129
Эксплуатационные затраты, руб.	226371,5
Приведенные затраты, руб.	394240,85
Стоимость потерь электроэнергии, руб.:	
- по первой ценовой категории	518658,36
- по второй ценовой категории	581726,15
- по третьей ценовой категории	433748,4
Экономия в оплате, руб.:	
- по второй ценовой категории	-245511,64
- по третьей ценовой категории	84909,96
Годовая экономия, руб.	1018919,52
Срок окупаемости, лет	1,1

Результаты стоимости потерь электроэнергии при внедрении АСКУЭ в электрической части аппарата воздушного охлаждения газа на примере компрессорного цеха № 5 ООО «Газпром трансгаз Чайковский», филиала Горнозаводского ЛПУМГ, представлены на графике рисунка 15.

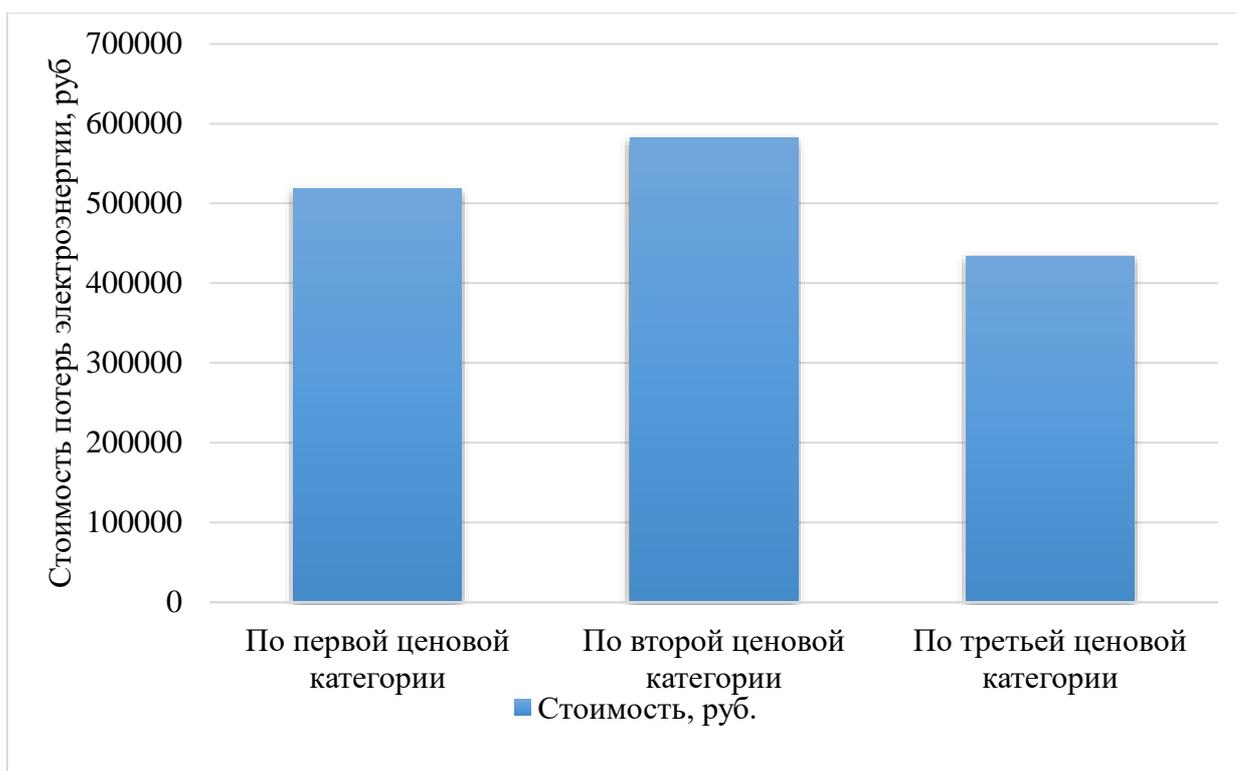


Рисунок 15 – Результаты стоимости потерь электроэнергии при внедрении АСКУЭ в электрической части аппарата воздушного охлаждения газа на примере компрессорного цеха № 5 ООО «Газпром трансгаз Чайковский», филиала Горнозаводского ЛПУМГ

Результаты стоимости потерь электроэнергии при внедрении АСКУЭ в электрической части аппарата воздушного охлаждения газа на примере компрессорного цеха № 5 ООО «Газпром трансгаз Чайковский», филиала Горнозаводского ЛПУМГ показали значительную экономию ресурсов при внедрении данного решения на объекте исследования.

Результаты экономии в оплате потерь электроэнергии при внедрении АСКУЭ в электрической части аппарата воздушного охлаждения газа на примере компрессорного цеха № 5 ООО «Газпром трансгаз Чайковский», филиала Горнозаводского ЛПУМГ показали значительную экономию ресурсов при расчёте по третьей ценовой категории, которая, помимо первой категории, принимается в качестве базовой.

Установлено, что по второй ценовой категории система не окупится, поэтому её предложено исключить из результатов исследований.

Результаты экономии в оплате потерь электроэнергии при внедрении АСКУЭ в электрической части аппарата воздушного охлаждения газа на примере компрессорного цеха № 5 ООО «Газпром трансгаз Чайковский», филиала Горнозаводского ЛПУМГ, представлены на графике рисунка 16.

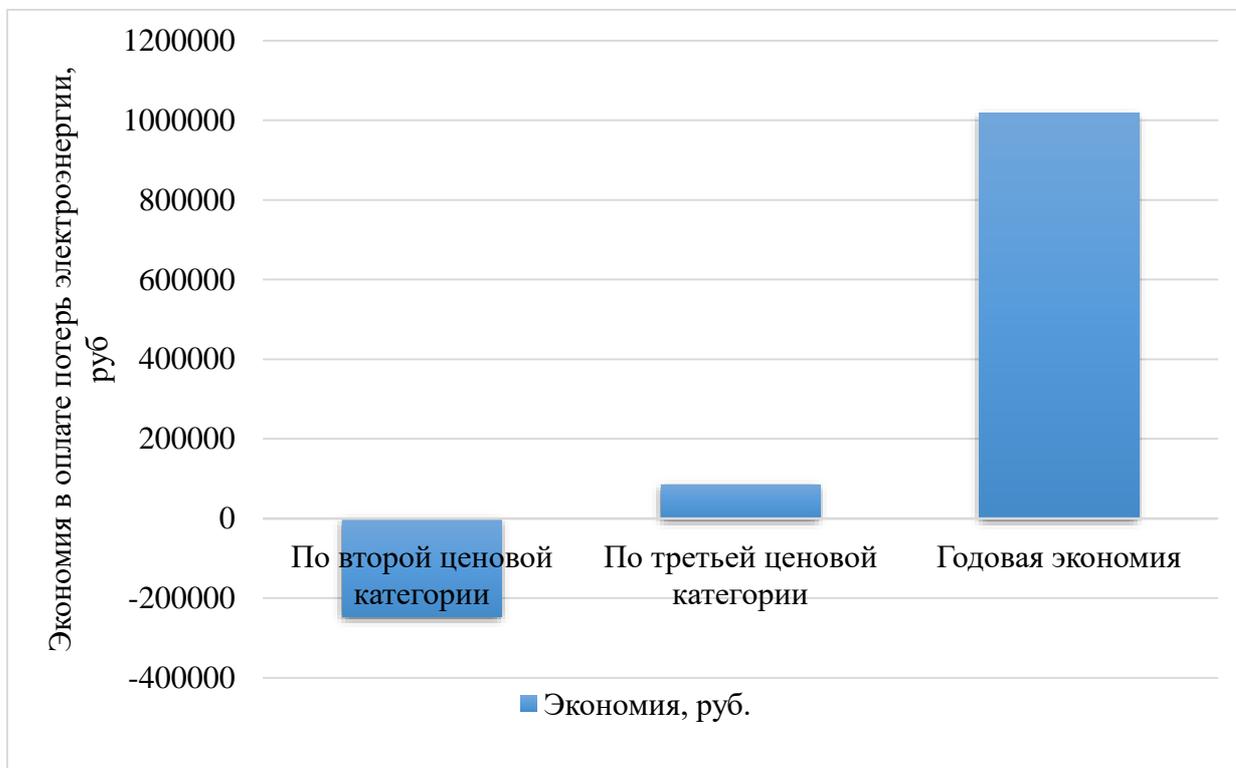


Рисунок 16 – Результаты экономии в оплате потерь электроэнергии при внедрении АСКУЭ в электрической части аппарата воздушного охлаждения газа на примере компрессорного цеха № 5 ООО «Газпром трансгаз Чайковский», филиала Горнозаводского ЛПУМГ

Таким образом, экономическая целесообразность многотарифного учета оправдана.

Определено, что данный вид учета позволяет значительно сократить затраты на электроэнергию на данном объекте.

Результаты стоимости потерь электроэнергии при внедрении АСКУЭ в электрической части аппарата воздушного охлаждения газа на примере компрессорного цеха № 5 ООО «Газпром трансгаз Чайковский», филиала Горнозаводского ЛПУМГ показали значительную экономию ресурсов при внедрении данного решения на объекте исследования.

Результаты экономии в оплате потерь электроэнергии при внедрении АСКУЭ в электрической части аппарата воздушного охлаждения газа на примере компрессорного цеха № 5 ООО «Газпром трансгаз Чайковский», филиала Горнозаводского ЛПУМГ показали значительную экономию ресурсов при расчёте по третьей ценовой категории, которая, помимо первой категории, принимается в качестве базовой.

Установлено, что по второй ценовой категории система не окупится, поэтому её предложено исключить из результатов исследований.

Расчётным путём установлено, что в результате внедрения АСКУЭ системы SCADA Spectrum Power 5 с дифференцированными тарифами на электроэнергию, в электрической части аппарата воздушного охлаждения газа компрессорного цеха № 5 ООО «Газпром трансгаз Чайковский», филиала Горнозаводского ЛПУМГ, была получена годовая экономия в размере 1018919,52 руб. при капитальных вложениях в 1119129 руб. со сроком окупаемости в 1,1 лет.

Таким образом, применение системы SCADA Spectrum Power 5 в электрической части аппарата воздушного охлаждения газа компрессорного цеха № 5 является обоснованным решением, направленным на повышение надёжности, эффективности, экономичности и безопасности технологических процессов.

Интеграция данной системы способствует оптимизации производственной деятельности, снижению эксплуатационных рисков и укреплению позиций предприятия на рынке газотранспортных услуг.

Следовательно, технико-экономическая эффективность внедрения разработанных мероприятий по энергосбережению на объекте, подтверждена в результате проведения соответствующих исследований.

Выводы по третьему разделу.

В результате выполнения третьего раздела магистерской диссертации, проведено технико-экономическое обоснование разработанного ранее комплекса мероприятий, направленных на повышение энергоэффективности

в электрической части аппарата воздушного охлаждения газа компрессорного цеха № 5 ООО «Газпром трансгаз Чайковский», филиала Горнозаводского ЛПУМГ. В результате проведения предварительной оценки технической эффективности внедрения системы SCADA модели (марки) Spectrum Power 5 (производитель – Siemens) с целью минимизации потерь электроэнергии в системе контроля и управления электроэнергией в электрической части аппарата воздушного охлаждения газа на примере компрессорного цеха № 5 ООО «Газпром трансгаз Чайковский», филиала Горнозаводского ЛПУМГ было установлено следующее:

- на КТП-10/0,4 кВ (первый комплект АСКУЭ) инструментальные потери электроэнергии уменьшились с 1,8% до 0,8 %, то есть на 1%;
- в распределительной сети потребителей (второй комплект АСКУЭ) инструментальные потери электроэнергии уменьшились с 1,9% до 0,8 %, то есть на 1,1 %;
- учитывая полученные результаты, можно сделать вывод, что внедрение системы SCADA модели (марки) Spectrum Power 5 (производитель – Siemens) с целью минимизации потерь электроэнергии в системе контроля и управления электроэнергией в электрической части аппарата воздушного охлаждения газа на примере компрессорного цеха № 5 ООО «Газпром трансгаз Чайковский», филиала Горнозаводского ЛПУМГ, эффективно технически;
- предлагается продолжить данное исследование, проведя оценку обосновав расчётным путём технико-экономическую эффективность внедрения данной системы на объекте исследования.

Результаты стоимости потерь электроэнергии при внедрении АСКУЭ в электрической части аппарата воздушного охлаждения газа на примере компрессорного цеха № 5 ООО «Газпром трансгаз Чайковский», филиала Горнозаводского ЛПУМГ показали значительную экономию ресурсов при внедрении данного решения на объекте исследования.

Результаты экономии в оплате потерь электроэнергии при внедрении АСКУЭ в электрической части аппарата воздушного охлаждения газа на примере компрессорного цеха № 5 ООО «Газпром трансгаз Чайковский», филиала Горнозаводского ЛПУМГ показали значительную экономию ресурсов при расчёте по третьей ценовой категории, которая, помимо первой категории, принимается в качестве базовой.

Установлено, что по второй ценовой категории система не окупится, поэтому её предложено исключить из результатов исследований.

Расчётным путём установлено, что в результате внедрения АСКУЭ системы SCADA Spectrum Power 5 с дифференцированными тарифами на электроэнергию, в электрической части аппарата воздушного охлаждения газа компрессорного цеха № 5 ООО «Газпром трансгаз Чайковский», филиала Горнозаводского ЛПУМГ, была получена годовая экономия в размере 1018919,52 руб. при капитальных вложениях в 1119129 руб. со сроком окупаемости в 1,1 лет.

Применение системы SCADA Spectrum Power 5 в электрической части аппарата воздушного охлаждения газа компрессорного цеха № 5 ООО «Газпром трансгаз Чайковский», филиала Горнозаводского ЛПУМГ, является обоснованным и перспективным решением. Spectrum Power 5 обеспечивает высокоточный мониторинг и оперативное управление электротехническими процессами, что способствует повышению надёжности и эффективности работы оборудования.

Интеграция данной системы способствует оптимизации энергопотребления и снижению эксплуатационных затрат за счёт автоматизации контроля и быстрого реагирования на изменения параметров.

Учитывая современные требования к безопасности и производительности газотранспортных систем, внедрение Spectrum Power 5 позволяет улучшить качество технологических процессов и минимизировать риски аварийных ситуаций.

Следовательно, использование данной SCADA-системы способствует достижению стратегических целей предприятия по повышению эффективности и конкурентоспособности в отрасли.

Таким образом, применение системы SCADA Spectrum Power 5 в электрической части аппарата воздушного охлаждения газа компрессорного цеха № 5 ООО «Газпром трансгаз Чайковский», филиала Горнозаводского ЛПУМГ является обоснованным решением, направленным на повышение надёжности, эффективности, экономичности и безопасности технологических процессов.

В результате выполнения работы показано, что интеграция данной системы способствует оптимизации производственной деятельности, снижению эксплуатационных рисков и укреплению позиций предприятия на рынке газотранспортных услуг.

Следовательно, технико-экономическая эффективность внедрения разработанных мероприятий по энергосбережению на объекте, подтверждена в результате проведения соответствующих исследований.

Заключение

В результате выполнения работы, разработан комплекс мероприятий по повышению энергоэффективности путём улучшения технических характеристик системы учёта электроэнергии и минимизации «инструментальных» потерь в системе учёта и контроля электроэнергии электрической части аппарата воздушного охлаждения газа компрессорного цеха № 5 в системе электроснабжения ООО «Газпром трансгаз Чайковский», филиала Горнозаводского ЛПУМГ.

В результате выполнения первого раздела магистерской диссертации «Модернизация электрической части аппарата воздушного охлаждения газа компрессорного цеха № 5», на основании анализа технической литературы по данной тематике, проведён анализ основных функций и задач автоматизированных систем контроля и учёта электроэнергии в электрических сетях, рассмотрена обобщённая структура АСКУЭ, проведён анализ основных типов автоматизированных систем учёта и контроля электроэнергии.

Перечислены выдающиеся отечественные и зарубежные учёные, внесшие вклад в развитие данного вопроса.

Установлено, что данная тематика актуальна в современных системах электроснабжения отечественных предприятий.

Установлено, что проблема внедрения автоматизации систем учёта и контроля электроэнергии является одной из наиболее актуальных проблем в энергетических системах промышленных предприятий и энергетического сектора Российской Федерации.

В результате рассмотрения вопроса и анализа текущего состояния проблематики автоматизации систем учёта и контроля электроэнергии, установлено, что внедрение АСКУЭ в электрических сетях промышленных предприятий и энергосистемы, позволяет значительно расширить и

оптимизировать функции контроля и учёта электроэнергии на данных объектах.

Таким образом, в результате рассмотрения данного вопроса, установлено, что на данном этапе времени внедрения АСКУЭ является рациональным шагом в решении многих проблем, связанных с учетом и контролем расхода электроэнергии.

Использование современных электронных счетчиков электроэнергии с классом точности от 0,2 до 0,5, которые входят в систему АСКУЭ, дает возможность гораздо точнее вести учет электроэнергии [20].

Установлено, что внедрения АСКУЭ в современной энергетике является рациональным шагом в решении многих проблем, связанных с учетом электроэнергии.

Также благодаря внедрению современных систем учета электроэнергии потребитель может значительно экономить на расходах за энергоресурсы и, что немаловажно с точки зрения надёжности, предотвратить аварийные режимы, а также вести детальный учёт потребления электроэнергии.

Установлено, что благодаря АСКУЭ потребитель может расплачиваться за многотарифные системой учета, дает ему возможность более экономить на расходах за энергоресурсы.

Эффект от внедрения такой системы достигает в среднем 15-30% от годового потребления электроэнергии, а окупаемость затрат на создание АСКУЭ происходит за 2-3 квартала [11]. Данные показатели литературных источников предлагается проверить в настоящей работе далее.

В работе рассмотрены основные типы АСКУЭ, применяемые для решения задач учёта и контроля электроэнергии на объектах промышленности и энергетике. Рассмотрены основные сведения о программном обеспечении АСКУЭ.

На основании анализа требований, предъявляемых к АСКУЭ, установлено, что предпочтение следует отдавать архитектуре системы трехуровневой иерархической схемы с сервером консолидации

технологических данных. Данный материал используется при написании магистерской диссертации в качестве базового теоретического материала.

Таким образом, внедрение предложенных мероприятий в системе электроснабжения объекта исследования способствует значительному повышению энергоэффективности и обеспечивает существенную экономию финансовых ресурсов предприятия.

В результате выполнения второго раздела магистерской диссертации «Модернизация электрической части аппарата воздушного охлаждения газа компрессорного цеха № 5», проведена разработка комплекса мероприятий, направленных на повышение энергоэффективности в электрической части аппарата воздушного охлаждения газа компрессорного цеха № 5 ООО «Газпром трансгаз Чайковский», филиала Горнозаводского ЛПУМГ.

Для решения основной задачи, в работе рассмотрены следующие вопросы:

- приведена основная техническая и экономическая характеристики системы электроснабжения компрессорного цеха № 5;
- проведён анализ текущего состояния основных проблем в электрической части аппарата воздушного охлаждения газа компрессорного цеха № 5;
- проведён и обоснован выбор рациональных устройств и схемных решений по автоматизации контроля и учёта электроэнергии в электрической части аппарата воздушного охлаждения газа компрессорного цеха № 5;
- с учётом полученных результатов, разработаны основные выводы по второму разделу работы.

В результате проведения анализа по объекту исследования было установлено, что схема электрическая принципиальная ячеек управления вентиляторов аппарата воздушного охлаждения газа компрессорного цеха № 5 отвечает всем требованиям и задачам работы, всё установленное силовое оборудование схемы и оборудование системы управления объектом – новое и

современное, однако существует проблема автоматизированного учёта и контроля потребления электроэнергии данным АВО газа, поэтому данную задачу необходимо решить практически.

В связи с этим, требуется установка и внедрение автоматизированной системы контроля и учёта электроэнергии, которая способна решить данную проблему. Таким образом, данная проблема требует грамотного и современного технического решения.

В результате проведённого анализа наиболее перспективных современных типов АСКУЭ, для применения в электрической части аппарата воздушного охлаждения газа компрессорного цеха № 5, было установлено, что для решения данной задачи на объекте исследования наиболее целесообразно применять следующие системы АСКУЭ:

- SCADA – системы управления распределительной электроэнергией;
- EMS – системы управления энергосетями.

В результате проведённого анализа наиболее перспективных современных моделей (марок) АСКУЭ, для применения в электрической части аппарата воздушного охлаждения газа компрессорного цеха № 5 рекомендовано использовать систему SCADA модели (марки) Spectrum Power 5 (производитель – Siemens).

Данная модель представлена и поддерживается на рынке Российской Федерации. Проведено краткое описание предложенной системы SCADA модели (марки) Spectrum Power 5 (производитель – Siemens).

Установлено, что применение SCADA-системы Spectrum Power 5, разработанной компанией Siemens, в электрической части аппарата воздушного охлаждения газа компрессорного цеха № 5 ООО «Газпром трансгаз Чайковский», филиала Горнозаводского ЛПУМГ, предоставляет существенные преимущества. Spectrum Power 5 повышает эффективность мониторинга и управления электрическим оборудованием, обеспечивая высокую степень надёжности и безопасности эксплуатации. Система позволяет осуществлять сбор и анализ данных в режиме реального времени,

что способствует своевременному обнаружению неисправностей и реализации превентивных мер по обслуживанию.

Благодаря модульной и масштабируемой архитектуре, Spectrum Power 5 легко интегрируется с существующей инфраструктурой и позволяет учитывать будущие расширения без значительных изменений. Усовершенствованные протоколы безопасности системы обеспечивают защиту критически важных операций от киберугроз. Использование передовых технологий в Spectrum Power 5 оптимизирует процессы управления энергией, снижает время простоя и повышает общую производительность электрических систем в составе аппарата воздушного охлаждения газа. Таким образом, выбор АСКУЭ Spectrum Power 5 для применения на объекте исследования, полностью обоснован. Данная модель принимается за основу на объекте исследования при проведении дальнейших исследований в работе.

В результате выполнения третьего раздела магистерской диссертации, проведено технико-экономическое обоснование разработанного ранее комплекса мероприятий, направленных на повышение энергоэффективности в электрической части аппарата воздушного охлаждения газа компрессорного цеха № 5 ООО «Газпром трансгаз Чайковский», филиала Горнозаводского ЛПУМГ. В результате проведения предварительной оценки технической эффективности внедрения системы SCADA модели (марки) Spectrum Power 5 (производитель – Siemens) с целью минимизации потерь электроэнергии в системе контроля и управления электроэнергией в электрической части аппарата воздушного охлаждения газа на примере компрессорного цеха № 5 ООО «Газпром трансгаз Чайковский», филиала Горнозаводского ЛПУМГ было установлено следующее:

- на КТП-10/0,4 кВ (первый комплект АСКУЭ) инструментальные потери электроэнергии уменьшились с 1,8% до 0,8 %, то есть на 1%;
- в распределительной сети потребителей (второй комплект АСКУЭ) инструментальные потери электроэнергии уменьшились с 1,9% до 0,8 %, то есть на 1,1 %;

- учитывая полученные результаты, можно сделать вывод, что внедрение системы SCADA модели (марки) Spectrum Power 5 (производитель – Siemens) с целью минимизации потерь электроэнергии в системе контроля и управления электроэнергией в электрической части аппарата воздушного охлаждения газа на примере компрессорного цеха № 5 ООО «Газпром трансгаз Чайковский», филиала Горнозаводского ЛПУМГ, эффективно технически;
- предлагается продолжить данное исследование, проведя оценку обосновав расчётным путём технико-экономическую эффективность внедрения данной системы на объекте исследования.

Результаты стоимости потерь электроэнергии при внедрении АСКУЭ в электрической части аппарата воздушного охлаждения газа на примере компрессорного цеха № 5 ООО «Газпром трансгаз Чайковский», филиала Горнозаводского ЛПУМГ показали значительную экономию ресурсов при внедрении данного решения на объекте исследования.

Результаты экономии в оплате потерь электроэнергии при внедрении АСКУЭ в электрической части аппарата воздушного охлаждения газа на примере компрессорного цеха № 5 ООО «Газпром трансгаз Чайковский», филиала Горнозаводского ЛПУМГ показали значительную экономию ресурсов при расчёте по третьей ценовой категории, которая, помимо первой категории, принимается в качестве базовой.

Установлено, что по второй ценовой категории система не окупится, поэтому её предложено исключить из результатов исследований.

Расчётным путём установлено, что в результате внедрения АСКУЭ системы SCADA Spectrum Power 5 с дифференцированными тарифами на электроэнергию, в электрической части аппарата воздушного охлаждения газа компрессорного цеха № 5 ООО «Газпром трансгаз Чайковский», филиала Горнозаводского ЛПУМГ, была получена годовая экономия в размере

1018919,52 руб. при капитальных вложениях в 1119129 руб. со сроком окупаемости в 1,1 лет.

Применение системы SCADA Spectrum Power 5 в электрической части аппарата воздушного охлаждения газа компрессорного цеха №5 ООО «Газпром трансгаз Чайковский», филиала Горнозаводского ЛПУМГ, является обоснованным и перспективным решением. Spectrum Power 5 обеспечивает высокоточный мониторинг и оперативное управление электротехническими процессами, что способствует повышению надёжности и эффективности работы оборудования.

Интеграция данной системы способствует оптимизации энергопотребления и снижению эксплуатационных затрат за счёт автоматизации контроля и быстрого реагирования на изменения параметров.

Учитывая современные требования к безопасности и производительности газотранспортных систем, внедрение Spectrum Power 5 позволяет улучшить качество технологических процессов и минимизировать риски аварийных ситуаций.

Следовательно, использование данной SCADA-системы способствует достижению стратегических целей предприятия по повышению эффективности и конкурентоспособности в отрасли.

Таким образом, применение системы SCADA Spectrum Power 5 в электрической части аппарата воздушного охлаждения газа компрессорного цеха №5 ООО «Газпром трансгаз Чайковский», филиала Горнозаводского ЛПУМГ является обоснованным решением, направленным на повышение надёжности, эффективности, экономичности и безопасности технологических процессов. В результате выполнения работы показано, что интеграция данной системы способствует оптимизации производственной деятельности, снижению эксплуатационных рисков и укреплению позиций предприятия на рынке газотранспортных услуг. Следовательно, технико-экономическая эффективность внедрения разработанных мероприятий по энергосбережению на объекте, подтверждена в результате проведения исследований.

Список используемых источников

1. Автоматизированные системы коммерческого учета электрической энергии АСКУЭ-С. Методика поверки. АВОД 466364-007МПП. Дополнение к Сборнику нормативного и технического учета электрической энергии и мощности. М.: ЗАО «Изд-во ЭНАС», 2021. 151 с.
2. Автоматизированные системы контроля и учёта электроэнергии и мощности. Основные нормируемые метрологические характеристики. Общие требования. РД РАО «ЕЭС России». М., 2018. 252 с.
3. АСКУЭ. [Электронный ресурс]: URL: <https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:АСКУЭ> (дата обращения 02.11.2024)
4. Борисов В.В. Компьютерная поддержка сложных организационно-технических систем. М.: Горячая линия-Телеком, 2019. 154 с.
5. ГОСТ 32144-2013. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения от 1 июля 2014 г. [Электронный ресурс]: URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200104301/> (дата обращения: 02.11.2024).
6. Жежеленко И. В., Саенко Ю. Л. Качество электроэнергии на промышленных предприятиях. М.: Энергоатомиздат, 2005. 261 с.
7. Калянов Г.Н. Теория бизнес-процессов. М: Горячая линия - Телеком. 2023. 296 с.
8. Конюхова Е.А. Электроснабжение объектов. [Электронный ресурс]: URL: <https://www.elec.ru/library/nauchnaya-i-tehnicheskaya-literatura/konyuhova-el-snab-obektov/> (дата обращения: 02.11.2024).
9. Корнеев В.В. Базы данных. Интеллектуальная обработка информации. 2021. 352 с.
10. Круглов В.В. Интеллектуальные информационные системы. М.: Физматлит, 2022. 256 с.

11. Куксин А.В. Электроснабжение промышленных предприятий. Учебное пособие. М.: Инфра-Инженерия, 2021. 156 с.

12. Немировский А.Е. Электрооборудование электрических сетей, станций и подстанций. М.: Инфра-Инженерия, 2020. 174 с.

13. Постановление Правительства РФ от 9 сентября 2023 г. № 1473 «Об утверждении комплексной государственной программы Российской Федерации «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности» [Электронный ресурс]: URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/407532842/> (дата обращения: 02.11.2024).

14. Постановление Правительства РФ от 15.04.2014 № 321 «Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Энергоэффективность и развитие энергетики» [Электронный ресурс]: URL: <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/70544238/> (дата обращения: 02.11.2024)

15. Приказ Министерства энергетики РФ от 30 декабря 2008 г. № 326 «Об организации в Министерстве энергетики Российской Федерации работы по утверждению нормативов технологических потерь электроэнергии при ее передаче по электрическим сетям» [Электронный ресурс]: URL: <http://base.garant.ru/195516/> (дата обращения: 02.11.2024).

16. Приказ Минпромэнерго РФ от 03.02.2005 №21 «Об утверждении методики расчета нормативных (технологических) потерь электроэнергии в электрических сетях. [Электронный ресурс]: URL: <http://www.zakonprost.ru/content/base/78095> (дата обращения: 02.11.2024).

17. Приказ Федеральной службы по тарифам от 26 ноября 2013 г. № 1473-э «Об утверждении интервалов тарифных зон суток для населения и приравненных к нему категорий потребителей» [Электронный ресурс]: URL: <https://base.garant.ru/70554780/> (дата обращения: 02.11.2024)

18. Принципы построения и работы АСКУЭ [Электронный ресурс]: URL: <https://www.eprussia.ru/epr/45/2968.htm> (дата обращения: 02.11.2024).

19. Рогалев Н.Д. Энергосбережение: учебное пособие для ВУЗов. Москва: МЭИ, 2020. 242 с.
20. Самарин О. Д. Энергосбережение. Энергоэффективность. Москва: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2019. 296 с.
21. Сапронов А.А., Никуличев А.Ю., Зайцев А.А. Об автоматизированной системе контроля и учета электроснабжения однофазных энергопотребителей. – Энергетик, 2018, № 10.
22. Федеральный закон от 23.11.2009 № 261-ФЗ (ред. от 29.07.2017) «Об энергосбережении, повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».
23. Федеральный закон от 23.11.2009 № 261-ФЗ (ред. от 29.07.2017) «Об энергосбережении, повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».
24. Энергетическая стратегия РФ на период до 2035 года // РД РАО «ЕЭС России». Распоряжение Правительства РФ от 9 июня 2020 г. № 1523-р – М.: Министерство энергетики, 2020.
25. Araujo, Whester J. Monocriteria and multicriteria based placement of reactive power sources in distribution systems. International journal of applied mathematics and informatics, 2017. Vol. 5. №3. P.240 – 248.
26. Kamboj S., Dahiya, R. Evaluation of DTLR of power distribution line from sag measured using GPS. Energy, Automation, and Signal (ICEAS), 2021. P: 1 – 6.
27. Krontiris T., Wasserrab A., Balzer G. Weather-based loading of overhead lines-Consideration of conductor's heat capacity in Proc., 2020. P. 1 – 8.
28. Raniga J.K., Rayadu R.K. Dynamic rating of transmission lines - a New Zeland experience, IEEE Power Engineering Society Winter Meeting, 2020. P. 48 – 54.
29. Ren L., Jiang X., Shenh G., Bo W. Design and calculation method for dynamic increasing transmission line capacity, WSEAS Transactions on Circuits and Systems, 2018. P.348-357.

30. Russian Power Engineering Guide pt 7 [Электронный ресурс]: URL: <https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/uuid:ab5c1a35b3afe58903c604058a2aacb9cce464e6/version:1629734223/peg-part07-ru.pdf> (дата обращения 02.11.2024)