

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт Энергетический
Направление подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника
Кафедра Автоматизации теплоэнергетических процессов (АТП)

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Разработка системы технического и коммерческого учета энергопотребления распределенного объекта на примере промышленного предприятия на базе МПК серии ЭЛСИ

УДК 621.317.785:621.31.031

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б2В	Бабеева Татьяна Сергеевна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор, зав. каф. АТП	Стрижак Павел Александрович	д.ф.-м.н., профессор		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. Менеджмента	Попова Светлана Николаевна	к.э.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. Экологии и БЖД	Василевский Михаил Викторович	к.т.н., доцент		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
АТП	Стрижак Павел Александрович	д.ф.-м.н., профессор		

Томск – 2016 г.

Запланированные результаты обучения выпускника образовательной программы бакалавриата по направлению 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<i>Универсальные компетенции</i>	
Р1	Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе в целом, в том числе <i>на иностранном языке</i> , разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты <i>комплексной</i> инженерной деятельности.
Р2	Эффективно работать индивидуально и в коллективе, в том числе междисциплинарном, с делением ответственности и полномочий при решении <i>комплексных</i> инженерных задач.
Р3	Демонстрировать <i>личную</i> ответственность, приверженность и следовать профессиональной этике и нормам ведения <i>комплексной</i> инженерной деятельности с соблюдением правовых, социальных, экологических и культурных аспектов.
Р4	Анализировать экономические проблемы и общественные процессы, участвовать в общественной жизни с учетом принятых в обществе моральных и правовых норм.
Р5	К достижению должного уровня экологической безопасности, энерго- и ресурсосбережения на производстве, безопасности жизнедеятельности и физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности.
Р6	Осознавать необходимость и демонстрировать <i>способность к самостоятельному обучению в течение всей жизни</i> , непрерывному самосовершенствованию в инженерной профессии, организации обучения и тренинга производственного персонала.
<i>Профессиональные компетенции</i>	
Р7	Применять <i>базовые</i> математические, естественнонаучные, социально-экономические знания в профессиональной деятельности <i>в широком</i> (в том числе междисциплинарном) контексте в <i>комплексной</i> инженерной деятельности в производстве тепловой и электрической энергии.
Р8	Анализировать научно-техническую информацию, ставить, решать и публиковать результаты решения задач <i>комплексного</i> инженерного анализа с использованием <i>базовых и специальных</i> знаний, нормативной документации, современных аналитических методов, методов математического анализа и моделирования теоретического и экспериментального исследования.
Р9	Проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных разработок объектов производства тепловой и электрической энергии, выполнять <i>комплексные</i> инженерные проекты с применением <i>базовых и специальных</i> знаний, <i>современных</i> методов проектирования для достижения <i>оптимальных</i> результатов, соответствующих техническому заданию <i>с учетом</i> нормативных документов, экономических, экологических, социальных и других ограничений.
Р10	Проводить <i>комплексные</i> научные исследования в области производства тепловой и электрической энергии, включая поиск необходимой информации, эксперимент, анализ и интерпретацию данных, и их подготовку для составления обзоров, отчетов и научных публикаций с применением <i>базовых и специальных</i> знаний и <i>современных</i> методов.

P11	Использовать информационные технологии, использовать компьютер как средство работы с информацией и создания новой информации, осознавать опасности и угрозы в развитии современного информационного общества, соблюдать основные требования информационной безопасности.
P12	Выбирать и использовать необходимое оборудование для производства тепловой и электрической энергии, управлять технологическими объектами, использовать инструменты и технологии для ведения комплексной практической инженерной деятельности с учетом экономических, экологических, социальных и других ограничений.
<i>Специальные профессиональные</i>	
P13	Участвовать в выполнении работ по стандартизации и подготовке к сертификации технических средств, систем, процессов, оборудования и материалов теплоэнергетического производства, контролировать организацию метрологического обеспечения технологических процессов теплоэнергетического производства, составлять документацию по менеджменту качества технологических процессов на производственных участках.
P14	Организовывать рабочие места, управлять малыми коллективами исполнителей, к разработке оперативных планов работы первичных производственных подразделений, планированию работы персонала и фондов оплаты труда, организовывать обучение и тренинг производственного персонала, анализировать затраты и оценивать результаты деятельности первичных производственных подразделений, контролировать соблюдение технологической дисциплины.
P15	Использовать методики испытаний, наладки и ремонта технологического оборудования теплоэнергетического производства в соответствии с профилем работы, планировать и участвовать в проведении плановых испытаний и ремонтов технологического оборудования, монтажных, наладочных и пусковых работ, в том числе, при освоении нового оборудования и (или) технологических процессов.
P16	Организовывать работу персонала по обслуживанию технологического оборудования теплоэнергетического производства, контролировать техническое состояние и оценивать остаточный ресурс оборудования, организовывать профилактические осмотры и текущие ремонты, составлять заявки на оборудование, запасные части, готовить техническую документацию на ремонт, проводить работы по приемке и освоению вводимого оборудования.

	8) Разработка общего вида шкафов АСКУЭ. 9) Разработка SCADA-системы. 10) Технико-экономическое обоснование работы. 11) Охрана труда. Анализ безопасности и экологичности проекта.
Перечень графического материала	1) схема структурная автоматизированной системы технического и коммерческого учета электроэнергии. 2) схема функциональная автоматизированной системы технического и коммерческого учета электроэнергии. 3) схема электрическая соединений. 4) общий вид шкафов АСКУЭ. 5) результаты разработки SCADA-системы.
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Технико-экономическое обоснование работы	Доцент каф. МЕН Попова С. Н.
Производственная и экологическая безопасность	Доцент каф. ЭБЖ Василевский М. В.

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	10.02.2016 г.
---	---------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Зав. кафедрой АТП	Стрижак П.А.	д. ф-м.н., профессор		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б2В	Бабеева Т. С.		

Реферат

Выпускная квалификационная работа объемом 64 страницы, 2 иллюстрации, 10 таблиц, 23 источника, 3 приложения, 4 листа графического материала.

Ключевые слова: технический учет электроэнергии, энергоснабжение, автоматизация, микропроцессорный контроллер, счетчик электроэнергии.

Объектом исследования является система энергоснабжения комплекса административных и производственных помещений компании ЭлеСи.

Цель работы – разработка автоматизированной системы технического и коммерческого учета электроэнергии комплекса распределенных корпусов предприятия на базе программируемого микропроцессорного контроллера Элсима.

В процессе исследования проводились: исследование объекта, разработка программно-аппаратного комплекса на базе МПК и SCADA-системы, финансовый менеджмент, анализ ресурсоэффективности и ресурсосбережения, решение вопросов социальной ответственности.

В результате исследования разработаны структурная, функциональная, электрическая схемы, чертежи общего вида щитовых конструкций, SCADA-система.

Область применения: технический и коммерческий учет энергопотребления на предприятии.

Экономическая эффективность заключается в оптимизации режима работы производства, распределении ответственности за оплату потребленной электроэнергии непосредственно по подразделениям предприятия, что увеличит контроль и экономию энергоресурсов каждым подразделением; в снижении издержек за счет введения дифференцированных тарифов.

В будущем планируется доработка и внедрение проекта на предприятии, являющимся объектом данного исследования.

Определения, обозначения, сокращения

SCADA – система диспетчерского контроля и сбора данных;

OPC (OLE for Process Control) — семейство программных технологий, предоставляющих единый интерфейс для управления объектами автоматизации и технологическими процессами;

АИИС КУЭ – автоматизированная информационно-измерительная система коммерческого учета электроэнергии;

АРМ – автоматизированное рабочее место;

АСКУЭ – автоматизированная система контроля и учета электроэнергии;

АСТУЭ – автоматизированная система технического учета электроэнергии;

ЛВС – локальная вычислительная сеть;

МПК – микропроцессорный контроллер;

ПК – персональный компьютер;

ПЛК – программируемый логический контроллер;

ПО – программное обеспечение;

ПУЭ – правила устройства электроустановок;

РУ – распределительная установка;

ТП – трансформаторная подстанция;

ТСА – технические средства автоматизации;

ЭВМ – электронно-вычислительная машина.

Содержание

Реферат.....	6
Определения, обозначения, сокращения.....	7
Введение.....	10
1 Обзор существующих решений в области учета энергоресурсов.....	12
2 Объект исследований.....	15
3 Разработка программно-аппаратного комплекса на базе МПК и SCADA-системы.....	18
3.1 Разработка структурной схемы АСКУЭ.....	18
3.1.1 Шкаф АСТУЭ 1.....	18
3.1.2 Шкаф АСТУЭ 2.....	18
3.1.3 Шкаф АСТУЭ 3.....	19
3.1.4 Шкаф АИИС КУЭ.....	19
3.2 Разработка функциональной схемы АСКУЭ.....	19
3.3 Выбор технических средств АСКУЭ и составление заказной спецификации.....	20
3.3.1 Выбор приборов учета электроэнергии.....	20
3.3.2 Выбор микропроцессорного контроллера.....	23
3.4 Разработка принципиальной электрической схемы.....	25
3.5 Разработка схем общего вида шкафов АСКУЭ.....	27
3.6 Конфигурирование МПК и настройка соединения с сервером.....	29
3.6.1 Настройка соединения с МПК.....	29
3.6.2 Общие сведения по программированию МПК.....	30
3.6.3 Конфигурирование МПК.....	30
3.6.4 Настройка передачи данных.....	31
3.7 Разработка SCADA-системы.....	32
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	35
4.1 SWOT-анализ.....	35
4.1.1 Внешняя среда.....	35
4.1.2 Внутренняя среда.....	37
4.2 Наименование монтажных работ и их объемы.....	38
4.3 Затраты на разработку проекта.....	40
4.3.1 Материальные затраты на создание проекта.....	40
Счетчик Энергомера СЕ301.....	41
3.3.2 Затраты на заработную плату.....	41
4.3.3 Отчисления в социальные страховые фонды.....	42
7.3.4 Смета затрат технического проекта.....	43
4.5 Ресурсоэффективность.....	43

4.6 Результаты экономического анализа системы.....	44
5 Социальная ответственность.....	47
5.1 Воздействие шума.....	49
5.2 Метеорологические условия в помещениях.....	50
5.3 Производственное освещение.....	52
5.4 Электробезопасность.....	53
5.5 Пожаробезопасность.....	55
5.6 Электромагнитное излучение.....	56
5.7 Итоги раздела «Социальная ответственность».....	58
Заключение.....	60
Список использованных источников.....	61
Приложение А Структурная схема АСКУЭ.....	63
Приложение Б Визуализация АСКУЭ в SCADA Infinity HMI.....	64
Приложение В Заказная спецификация средств автоматизации и монтажных материалов.....	66
Графический материал:	
ФЮРА.421000.003 С2 АСКУЭ. Схема функциональная	
ФЮРА.421000.003 Э3 АСКУЭ. Схема электрическая соединений	
ФЮРА.421000.003 С4 АСКУЭ. Общий вид щитовых конструкций	

Введение

Промышленные предприятия являются основными потребителями энергоресурсов. В среднем 20-30% стоимости производимой продукции составляют затраты на электроэнергию [1]. Поэтому с целью экономии требуется производить на сколько это возможно точный и достоверный учет энергопотребления. Его основной целью является точное определение уровня потребления энергии предприятием в целом и его отдельными подразделениями. Учет электроэнергии на предприятии дает возможность выявлять проблемные участки и технологические цепочки, где осуществляется неоправданно высокое потребление энергии. Это позволяет разрабатывать и реализовывать мероприятия по энергосбережению, а также оценивать их эффективность.

Автоматизация учета энергоресурсов позволяет наладить эффективный одновременный учет на многочисленных производственных объектах, разнесенных территориально.

Для организации такого учета применяются автоматизированная система технического (АСТУЭ) и автоматизированная информационно-измерительная система коммерческого (АИИС КУЭ) учета энергоресурсов, которая обеспечивает дистанционный сбор данных с приборов учета, передает их на верхний уровень, где осуществляется обработка информации, подготовка данных для анализа потребления и проведения коммерческих расчетов с поставщиками энергоресурсов.

Внедрение автоматизированной системы контроля и учета электроэнергии (АСКУЭ) также обеспечивает уменьшение потерь за счет контроля баланса приема и отпуска электроэнергии с шин подстанции.

Технические средства учета электроэнергии должны иметь высокие надежность и класс точности с целью снижения риска финансовых потерь при возможном выходе из строя каких либо элементов измерительно-информационного комплекса учета электроэнергии.

Целью данной выпускной квалификационной работы является разработка автоматизированной системы технического и коммерческого учета электроэнергии комплекса распределенных корпусов предприятия на базе программируемого микропроцессорного контроллера Элсима.

Для достижения поставленной цели необходимо выполнить следующие задачи.

1. Обзор существующих решений в области учета энергоресурсов.
2. Исследование объекта.
3. Разработка программно-аппаратного комплекса на базе МПК и SCADA-системы.
 - 3.1. Разработка структурной схемы.
 - 3.2. Разработка функциональной схемы.
 - 3.3. Выбор оборудования и составление заказной спецификации приборов и средств автоматизации.
 - 3.4. Разработка электрической схемы соединений.
 - 3.5. Разработка общего вида шкафов АСКУЭ.
 - 3.6. Конфигурирование МПК и настройка соединения с сервером.
 - 3.7. Разработка SCADA-системы.
4. Финансовый менеджмент, анализ ресурсоэффективности и ресурсосбережения.
5. Решение вопросов социальной ответственности.

1 Обзор существующих решений в области учета энергоресурсов

Учет энергопотребления необходимо производить в жилых домах, частных секторах, административных зданиях и также на промышленных предприятиях для возможности наиболее точного финансового расчета потребителя с поставщиком электроэнергии. С появлением новых средств автоматизации, усовершенствованием приборов для учета электроэнергии увеличивается точность показаний, появляются возможности более четкого и удобного контроля за энергопотреблением и энергетическими потерями.

В диссертации [2] 2000 года описывается система контроля и учета энергопотребления территориально рассредоточенных энергоустановок электротехнического комплекса горного предприятия. Данная разработка подразумевает установку интеллектуальных устройств для измерения потребляемой мощности на нижнем уровне системы и резервирование компонентов путем восстановления. В следствие чего повышается экономичность и надежность системы контроля и учета потребления электроэнергии. В составе такой системы контроля и учета энергопотребления имеются локальные сети для передачи управляющих воздействий и данных о количестве используемой электроэнергии, что является ее основной отличительной чертой. Более высокая точность измерений данной системы достигается путем внедрения универсальных микропроцессорных электросчетчиков с высокими показателями надежности и класса точности.

В 2001 году в диссертации [3] были описаны методы расчета и контроля учета электрических нагрузок энергоемких предприятий. Энергоемкие предприятия потребляют до 3 млрд. кВт-ч электроэнергии в год [3]. Это говорит о важности правильного учета потребляемой ими электроэнергии и, соответственно, точного расчета электрических нагрузок на предприятии. С введением АСКУЭ полной замене на предприятии подвергаются все существующие в настоящее время электромагнитные счетчики активной и реактивной электроэнергии на современные электронные счетчики (например, статические многофункциональные типа СЭТ-4ТМ.02). В данной диссертации автор

описывает разработку и реализацию на ЭВМ нового метода расчета электрических нагрузок энергоемких промышленных предприятий при минимуме исходной информации, создании и реализации на ЭВМ модели коррекции погрешностей учета электроэнергии.

Результатом исследований в 2007 году, изложенных в диссертации [4], стала разработка имитационных моделей алгоритмов и программ функционирования блока по обработке информации о совершении платежей и формированию управляющего воздействия в АСКУЭ. Полученные модели оптимизируют пропускную способность и затраты данной подсистемы в полной структуре АСКУЭ, принимая во внимание нестационарности процессов, и применяя различные формы оплаты. Также данный проект позволяет снижать коммерческие потери электроэнергии, которые возникают из-за задержек платежей.

Построение автоматизированных систем контроля и учета электрической энергии на базе оборудования, произведенного Концерном «Энергомера», описаны в статье 2014 года [5]. Используя комплекс технических средств Концерна, можно спроектировать системы технического и коммерческого учета электроэнергии и различными способами передачи данных на всех уровнях энергоучета: на электростанциях, в федеральной и региональных сетевых компаниях, в коммунальных сетях, у различных групп потребителей. Также имеются дополнительные возможности: управление нагрузкой, адресное отключение, учет других видов энергоресурсов (вода, газ, тепло), интеграция со SCADA-системами.

В статье [6] 2016 года авторами рассматривается внедрение системы учета электрической энергии в электроснабжении Емельяновского района Красноярского края. Ниже изложено описание разработки, приведенной в данной статье [6].

В основу построения АСКУЭ положена PLC-технология, при которой информация передается о потребляемой электроэнергии по проводам линии электропередачи со скоростью до 500 Мбит/с. Разработана структурная схема

электроснабжения с использованием иерархии учета электроэнергии: однофазных и трехфазных счетчиков типа Меркурий с встроенным модемом передачи данных по силовой сети. Счетчики обеспечивают накопление и хранение данных энергопотребления с нарастающим итогом и работу в многотарифном режиме. На подстанциях 10/0,4 кВ располагаются концентраторы Меркурий 225.11, осуществляющие синхронизацию передачи и приема данных через выбранный канал связи. Контроль потребления энергоресурсов основан на самоорганизующейся системе АСКУЭ с использованием трехуровневой схемы.

1. Нижний уровень – включает комплекс приборов для учета энергоресурсов, передает данные о потоках энергии.

2. Средний уровень – маршрутизатор, устройства для сбора и передачи данных (УСПД) опрашивают счетчики, группируют данные и пакетами пересылают их наверх.

3. Верхний уровень (сервер) обеспечивает сбор, хранение и обработку данных, а также решение прикладных задач.

Внедрение системы АСКУЭ в поселке Солонцы Емельяновского района привело к снижению коммерческих потерь за период с 2012 по 2015 г. на 40 % [6].

В настоящее время в большинстве Российских предприятий функционируют системы коммерческого учета электроэнергии. Наиболее крупные предприятия осуществляют также внедрение систем технического учета, разрабатывают системы автоматизированного контроля для удобства анализа и контроля показаний.

2 Объект исследований

Объектом для исследования и разработки АСКУЭ является система энергоснабжения комплекса административных и производственных помещений компании ЭлеСи. Компания в городе Томске имеет три филиала. Один из них, включающий объект исследований, расположен по адресу ул. Алтайская 161А.

Объект состоит из четырех корпусов:

- корпус №1 – главный корпус административных помещений с мансардой, 4 этажа;
- корпус №2 – смежен проходом с корпусом №1, включает в себя столовую, сауну, участок намотки, участок ШТП, 2 этажа;
- корпус №3 – производственный корпус, НИПИ, 2 этажа;
- корпус №4 – производственный корпус, 2 этажа.

На рисунке 2.1 представлена схема расположения корпусов предприятия в соответствии с электронной картой города Томска.



Рисунок 2.1 – Расположение корпусов филиала компании ЭлеСи

Компания ЭлеСи имеет следующую структуру:

- инжиниринговая компания «ЭлеСи-Про»;
- управляющая компания;
- НИПИ «ЭлеСи»;
- НИИ электронных систем;
- завод приборов и средств автоматизации;
- логистическая компания;
- образовательный центр;
- рекламно-издательская компания.

На площадке ЭлеСи на ул. Алтайской производится продукция для промышленной автоматизации: такие средства автоматизации, как программируемые логические контроллеры, коммуникационное оборудование, модули удаленного ввода/вывода и устройства связи с объектом, источники питания и др.. Здесь также находятся административные помещения, департаменты по разработкам и программированию систем автоматизации, цехи пайки, намотки трансформаторов, научно-исследовательские и проектные институты.

Каждый департамент, цех или отдел является структурной частью целого предприятия. Каждое подразделение имеет свои определенные функции и, соответственно, разное потребление энергоресурсов в зависимости от количества и типа работающего оборудования, длительности его эксплуатации, освещения.

Для технического учета энергоресурсов требуется отслеживание количества потребляемой электроэнергии в разных подразделениях в зависимости от времени суток, дня недели. Данные мероприятия производятся с целью выявления участков с наибольшим или неоправданным потреблением энергоресурсов. В последствие производятся проверки и предпринимаются меры по возможной экономии электроэнергии.

Также для проведения коммерческих расчетов с поставщиками энерго-

ресурсов, определения потерь и хищений электроэнергии необходимы показания счетчиков общего ввода – суммарного потребления электроэнергии филиалом предприятия.

3 Разработка программно-аппаратного комплекса на базе МПК и SCADA-системы

3.1 Разработка структурной схемы АСКУЭ

Структурная схема АСКУЭ условно разделена на 3 части в соответствии с уровнями системы. На нижнем уровне представлены электрические счетчики для сбора информации о потреблении электроэнергии, на среднем уровне – микропроцессорные контроллеры для хранения и передачи информации на верхний уровень, верхний уровень представляет собой автоматизированное рабочее место оператора – ПК со специальным программным обеспечением и установленной SCADA-системой.

Средний и верхний уровень соединяются по интерфейсу Ethernet 100 Мб/с через локальную вычислительную сеть. Серверные шкафы с маршрутизаторами уже имеются на предприятии, а максимально возможная длина кабеля при использовании витой пары равна 100 метрам. Следовательно, стоит ориентироваться на расположение серверных шкафов, чтобы их расстояние до МПК и, соответственно, до шкафа АСКУЭ было не более 100 метров.

Таким образом, для счетчиков и контроллеров технического учета сформировано три шкафа АСКУЭ, и один шкаф АИИС КУЭ для средств автоматизации и приборов коммерческого учета.

Цифровой интерфейс связи RS-485 позволяет объединить на одну общую шину до 256 устройств, что позволяет использовать один микропроцессорный контроллер с одним модулем RS-485 для ряда счетчиков.

3.1.1 Шкаф АСКУЭ 1

Нижний уровень: электрические счетчики (количество: 12), учитывающие энергопотребление подразделений первого корпуса филиала.

Средний уровень: микропроцессорный контроллер (количество: 1).

3.1.2 Шкаф АСКУЭ 2

Нижний уровень: электрические счетчики (количество: 4), учиты-

вающие энергопотребление подразделений второго корпуса.

Средний уровень: микропроцессорный контроллер (количество: 1).

3.1.3 Шкаф АСТУЭ 3

Нижний уровень: электрические счетчики (количество: 8), учитывающие энергопотребление четвертого корпуса и подразделений третьего.

Средний уровень: микропроцессорный контроллер (количество: 1).

3.1.4 Шкаф АИИС КУЭ

Нижний уровень: электрические счетчики (количество: 2), учитывающие общее энергопотребление на вводах трансформаторной подстанции ТП-205.

Средний уровень: микропроцессорный контроллер (количество: 1).

Нижний и средний уровни соединены по интерфейсу RS-485. На верхний уровень к ПК с общей SCADA-системой сигналы поступают через локальную вычислительную сеть по интерфейсу Ethernet.

Структурная схема АСКУЭ приведена в приложении А.

3.2 Разработка функциональной схемы АСКУЭ

Функциональная схема системы автоматизации разрабатывается с целью наглядного представления функционирования системы. Основой для разработки функциональной схемы служит однолинейная схема энергоснабжения.

Система энергоснабжения предприятия включает в себя силовую сеть трансформаторной подстанции ТП-205 с напряжением 10 кВ, вторичную сеть распределительных устройств ТП1, ТП3, ТП4, расположенных в корпусах филиала предприятия, с пониженным на трансформаторах напряжением 0,4 кВ для распределения электроэнергии по потребителям предприятия.

Установка расчетных приборов учета (коммерческого учета электроэнергии) производится на вводе (приемном конце) линии электропередачи в подстанцию потребителя при отсутствии электрической связи с другой под-

станцией энергосистемы или другого потребителя на питающем напряжении [7].

Электрические счетчики для технического учета электроэнергии устанавливаются во вторичную сеть системы энергоснабжения.

Учет и регистрация потребляемой электроэнергии осуществляется с помощью трехфазных интеллектуальных счетчиков, установленных в соответствующих шкафах АСКУЭ. Информация с счетчиков передается на МПК по цифровому интерфейсу RS-485.

Максимальный ток в сети подключения электросчетчиков определяет метод его подключения.

На листе с шифром ФЮРА.421000.003 С2 приведена функциональная схема АСКУЭ.

3.3 Выбор технических средств АСКУЭ и составление заказной спецификации

3.3.1 Выбор приборов учета электроэнергии

На предприятии ведется учет активной и реактивной электроэнергии. Так как ток в сети трехфазный, учет электроэнергии должен производиться с помощью трехфазных счетчиков. Для проектирования автоматизированной системы следует использовать интеллектуальные электронные счетчики.

В таблице 1 для сравнения приведены основные технические характеристики [8, 9, 10, 11, 12] наиболее распространенных, часто используемых в системах учета энергопотребления на предприятиях, трехфазных многотарифных электрических счетчиков.

Таблица 3.1 – Сравнительные технические характеристики трехфазных счетчиков электроэнергии

Наименование электросчетчика	СЭТ Зар	ПСЧ-4ТМ.05МК	МАЯК 301АРТ	Энергомера СЕ301-Р33	Меркурий 234 ART2	НЕВА МТ 324
Класс точности		1,0			0,5	1,0

Таблица 3.1 – Сравнительные технические характеристики трехфазных счетчиков электроэнергии (продолжение)

Наименование электросчетчика	СЭТ Зар	ПСЧ-4ТМ.05М К	МАЯК 301АРТ	Энергомера СЕ301-Р33	Меркурий 234 ART2	НЕВА МТ 324
Номинальное напряжение, В	100/57,7 380/220	3х57,7/100 3х230/400	3х57,7/100 3х230/400	3х230/400	3х57,7/100 3х230/400	3х230/400
Номинальный /базовый (максимальный) ток, А	1 (6); 5 (7,5); 5 (50)	1 (2); 5 (10); 5 (50)	5 (10); 5 (60); 5 (100)	5 (60); 5 (80); 5 (100)	5 (10); 5 (60); 5 (100)	1 (6); 5 (7,5); 5 (50)
Схема подключения	Непосредственного или трансформаторного включения					Непосредственного включения
Интерфейс связи	RS-485	Оптопорт, RS-485				
Средняя наработка до отказа, ч	140000	165000	220000	220000	220000	210000
Цена, руб.	3800	12000	15000	4300	7900	3200

Допустимый класс точности расчетных счетчиков российского производства активной электроэнергии для энергоемких предприятий равен 0,5 [7]. Из таблицы 1 видно, что этому критерию из рассматриваемых приборов учета электроэнергии удовлетворяет лишь счетчик электрической активной и реактивной энергии трехфазный многотарифный Меркурий 324 ART. Также выбранный счетчик обладает высокими показателями надежности, широким функционалом и невысокой стоимостью.

Максимальный ток в силовой сети превышает показатели максимума тока выбранного счетчика, следовательно, следует осуществлять косвенное или полукосвенное включение электросчетчика в сеть. Класс точности трансформаторов тока и напряжения для присоединения расчетных счетчиков электроэнергии должен быть не более 0,5 [7].

Допустимый класс точности электросчетчиков для технического учета электроэнергии равен 1,0 [7]. Этому критерию соответствуют все счетчики,

приведенные в таблице 1. Также все они обладают многотарифностью, что необходимо для проектирования наиболее экономичной системы контроля и учета энергопотребления, и имеют цифровой интерфейс связи RS-485. Показатель надежности (средняя наработка до отказа) гораздо выше у счетчиков МАЯК 301АРТ, Энергомера СЕ301-Р33, НЕВА МТ 324. Однако электросчетчик МАЯК 301АРТ имеет более высокую стоимость, относительно остальных.

Электрический счетчик НЕВА МТ 324 имеет возможность только непосредственного подключения, но имеет самую низкую цену из приведенных и при этом высокую надежность. Следовательно, в целях экономии, данный счетчик выбран для подключения в электрическую сеть с максимальным током, не превышающим 100 А.

Для установки в сеть с более высоким показателем максимума тока выбран счетчик Энергомера СЕ301-Р33 с возможностью трансформаторного подключения. Для присоединения счетчиков технического учета допускается использование трансформаторов тока класса точности 1,0; трансформаторы напряжения, используемые для присоединения счетчиков технического учета, могут иметь класс точности ниже 1,0 [7].

Для подключения расчетных электросчетчиков требуется три трансформатора тока и три трансформатора напряжения. Так как счетчики коммерческого учета подлежат замене уже установленных на предприятии, можно включить их в сеть через уже существующие на предприятии трансформаторы: трансформаторы тока ТПЛ 10-р с коэффициентом трансформации 50/5 А [13] и трансформаторы напряжения ЗНОЛ.06-10 с коэффициентом трансформации 10000/100 В [14].

Для счетчиков технического учета требуется три измерительных трансформатора тока. Выбраны трансформаторы ТТИ-А, коэффициент трансформации выбирается по максимальному току в сети подключения согласно функциональной схеме, учитывая, что номинальный ток на вторичной обмотке 10 А трансформатора [15].

Класс точности у всех выбранных трансформаторов равняется 0,5, что соответствует требованиям ПУЭ.

3.3.2 Выбор микропроцессорного контроллера

Работа АСКУЭ включает в себя несложные процессы автоматизации с сравнительно небольшим количеством сигналов. Поэтому для разработки данной системы следует использовать промышленные моноблочные микропроцессорные контроллеры для малой автоматизации.

В таблице 3.2 приведены основные технические характеристики микропроцессорных контроллеров, наиболее подходящих для разрабатываемой системы автоматизации.

Как видно из таблицы, базовый блок ПЛК Modicon M238 фирмы-производителя Scheider Electric не имеет интерфейса Ethernet, который требуется для связи среднего и верхнего уровней структуры АСКУЭ. Также по сравнению с остальными рассматриваемыми контроллерами он имеет более узкую область применения.

Микропроцессорные контроллеры российских производителей ЭлеСи и Овен имеют приблизительно одинаковый функционал, однако МПК Элсима имеет больший объем оперативной памяти, возможность подключения удаленных модулей ввода-вывода. К тому же, объектом для внедрения разработки является система энергоснабжения филиала Компании «ЭлеСи», которая является производителем рассматриваемого МПК Элсима-М01. Данный факт говорит о том, что использование для разработки АСКУЭ МПК Элсима-М01 наиболее экономически выгодно и позволяет провести качественные производственные испытания этого нового средства автоматизации на площадке предприятия до старта его продаж.

Заказная спецификация представлена в приложении В.

Таблица 3.2 – Сравнительные технические характеристики МПК

Наименование	Овен ПЛК110 [M02]	Элсима-M01	Modicon M238
Дискретные входы	18	20	14
Дискретные выходы	12	8	10
Интерфейсы связи (количество)	Ethernet (1); RS-485 (2); RS-232 (1); USB (1)	Ethernet (2); GSM-модем; RS-485 (1); USB (2)	RS-432/RS-485 (1); RS-485 (1); USB (1)
Область применения	ЖКХ, управление пищеперерабатывающими и упаковочными аппаратами, климатическим оборудованием малыми станками и механизмами; автоматизация торгового оборудования; производство строительных материалов;	ЖКХ, тепловые пункты, котельные, управление освещением, мониторинг телекоммуникационных шкафов, локальная автоматика небольших установок, станков и машин	Общее управление машинами; подача и транспортировка; упаковка
Производительность процессора, МГц	400	300	300
Аналоговые входы	-	4	8
Аналоговые выходы	-	2	6
Особенности и преимущества	4 последовательных порта (RS-232, RS-485) для увеличения количества входов-выходов, управления частотными преобразователями, подключения панелей операторов, GSM-модемов, считывателей штрих-кодов и т.д..	Поддержка беспроводных протоколов передачи данных: 3G/LTE и Wi-Fi; подключение до четырех модулей расширения сигналов ввода/вывода; возможность последовательного подключения портов RS-485	Подключение до семи модулей расширения сигналов ввода/вывода; Ethernet (доп. шлюз)
Оперативная память, Мб	16	128	2

3.4 Разработка электрической схемы соединений

Принципиальная электрическая схема необходима для определения полного состава приборов, устройств, аппаратов для обеспечения решения задач управления, регулирования, защиты, измерения и сигнализации, и связей между ними [16].

Принципиальная электрическая схема соединений АСКУЭ представлена на листе ФЮРА.421000.003 ЭЗ.

Ранее была произведена разработка структурной и функциональной схем. Исходя из них, известно, что получение информации о значениях энергопотребления происходит при помощи трехфазных счетчиков электроэнергии, что средства автоматизации расположены в четырех разных шкафах электроучета и то, что для подключения электросчетчиков сеть с током более 100 А следует использовать трансформаторы тока, а для подключения расчетных счетчиков в сеть более 1000 В – еще и трансформаторы напряжения. Также перед электросчетчиками устанавливаются автоматические выключатели для отключения тока при коротких замыканиях, перегрузках и недопустимых снижениях напряжения, для оперативных включений и отключений электрических цепей на напряжение до 1000 В [17]. При установке автоматических выключателей в шкафу и для линий к силовым электроприемникам, не имеющих в своем составе электродвигателей, сила тока срабатывания защиты допускается больше или равной расчетному току в цепи [17]. Для питания интерфейса RS-485 для счетчиков устанавливается внешний источник питания постоянного тока напряжением 9..12 В с нагрузочной способностью не менее 100 мА [10].

Шкаф АСКУЭ 1 включает в себя 12 электрических счетчиков, 8 из которых (P1..P8) включены в сеть с током 100 А непосредственно. Счетчики P9, P11, P12 подключаются в сеть с током 200 А, следовательно, для их подключения требуется по три трансформатора тока (по одному на каждую фазу) с коэффициентом трансформации равным 200/5 А, а для подключения счет-

чика P12 – с коэффициентом трансформации равным 600/5. Для защиты устанавливаются автоматические выключатели (QF1..QF12) в соответствии с током в цепи. Для сбора, обработки, хранения и передачи данных используется ПЛК Элсима-M01, к которому счетчики подключаются по цифровому интерфейсу RS-485. Для питания ПЛК и цифрового интерфейса устанавливаются источники питания на 24 В и 9 В соответственно. Связь с верхним уровнем осуществляется по интерфейсу Ethernet.

Шкафы АСТУЭ 2 и АСТУЭ 3 комплектуются аналогично АСТУЭ 1 в соответствии с функциональной и структурной схемами, за исключением цепей, которые требуют включения рубильников с плавкой вставкой, которые не входят в комплектацию шкафа.

Шкаф АИИС КУЭ включает в себя два расчетных электросчетчика P25 и P26, микропроцессорный контроллер, а также источники питания. Шесть трансформаторов тока с коэффициентом трансформации равным 50/5 А и шесть трансформаторов напряжения с коэффициентом трансформации равным 10000/100 А и рубильники для снятия напряжения установлены вне шкафа.

Включение в сеть всех электросчетчиков трансформаторного включения производится с помощью клеммной испытательной коробки [7].

Ниже приведены этапы разработки принципиальной электрической схемы АСКУЭ.

1. На основе информации, полученной в ходе выполнения ВКР, в частности, разработки функциональной и структурной схем, анализа системы и выбора технических средств изначально производится изображение отдельных частей схемы в виде элементарных цепей и их объединение в общую схему.

2. На основе заказной спецификации производится расстановка элементов схемы в удобной для чтения порядке, им присваиваются позиции: буквенный код, обозначающий тот или иной вид элемента или устройства, и порядковый номер элемента или устройства данного вида.

Обозначение устройств на принципиальной электрической схеме приведено в таблице 3.3.

Таблица 3.3 – Условные буквенно-цифровые обозначения ТСА

Наименование шкафа	АСТУЭ 1	АСТУЭ 2	АСТУЭ 3	АИИС КУЭ
МПК	A1	A2	A3	A4
Счетчики электроэнергии	P1..P12	P13..P16	P17..P24	P25, P26
Рубильники	–	–	S1..S4	S5, S6
Предохранители плавкие	–	–	FU1..FU4	FU5, FU6
Выключатели автоматические	QF1..QF12	QF13..QF16	QF19, QF20, QF22..QF24	–
Блоки питания	G1..G3	G4..G6	G7.. G9	G10..G12
Трансформаторы тока	TA1..TA12	TA13..TA24	TA25..TA44	TA45..TA50
Трансформаторы напряжения	–	–	–	TV1..TV6

3. В соответствии с заводской документацией технического средства производится изображение его задействованных клемм, подключений к другим техническим средствам и вспомогательным устройствам (блоки питания, аппараты защиты, переключатели и др.).

4. Выполнена расстановка обозначений электрических цепей [по ЕСКД ГОСТ 2.709-89, разд. 5].

3.5 Разработка схем общего вида шкафов АСКУЭ

В соответствие с ПУЭ [7] счетчики должны устанавливаться в шкафах, камерах комплектных распределительных устройствах, на панелях, щитах, в нишах, на стенах, имеющих жесткую конструкцию. Высота от пола до коробки зажимов счетчиков должна быть в пределах 0,8..1,7 м. Допускается высота менее 0,8 м, но не менее 0,4 м.

Для комплектации технических средств АСКУЭ выбраны напольные

климатические шкафы производства Компании ЭлеСи с возможностью размещения оборудования общей массой до 1000 кг.

Высота выбранного шкафа АСТУЭ 1 составляет 1800 мм, ширина – 600 мм. В двух нижний рядах установлены счетчики полукосвенного подключения с соответствующими их подключению трансформаторами, автоматическими выключателями, коробками испытательными переходными. В верхних рядах расположены счетчики прямого включения с соответствующими элементами защит, также установлен микропроцессорный контроллер и источники питания.

В шкаф АСТУЭ 2, высота которого равна 1000 мм, ширина – 600 мм, укомплектованы счетчики полукосвенного включения с соответствующими их подключению трансформаторами, автоматическими выключателями, коробками испытательными переходными, микропроцессорным контроллером и источниками питания.

Шкаф АСТУЭ 3 выбран с габаритами, аналогичными шкафу АСТУЭ 1, так как, несмотря на меньшее количество электросчетчиков, почти все из них имеют трансформаторное подключение. Электросчетчики, трансформаторы, элементы защиты, клеммные коробки расположены в четыре ряда по высоте. Также установлен МПК и блоки питания.

Трансформаторы тока и напряжения для подключения счетчиков коммерческого учета электроэнергии не входят в комплектацию шкафа АИИС КУЭ, следовательно, для размещения оборудования выбран подвесной шкаф высотой равной 500 мм и шириной – 400 мм. На щитовой конструкции установлены расчетные счетчики, испытательные коробки, микропроцессорный контроллер и блоки питания.

Оборудование во всех шкафах крепится на DIN-рейку с помощью специальных креплений на корпусе устройства либо болтами или шурупами. Заземление выполнено в соответствии с ПУЭ.

Чертеж общего вида шкафов представлен в ФЮРА.421000.003 С4.

3.6 Конфигурирование МПК и настройка соединения с сервером

Для полноценной работы системы необходимо установить связи нижнего, среднего и верхнего уровней. Микропроцессорный контроллер является базовым элементом структуры АСКУЭ. Для того, чтобы значения измеряемых параметров возможно было наблюдать на мониторе ПК в наиболее удобной форме, следует установить настройки МПК и его соединения с приборами учета и персональным компьютером в соответствии с руководством по эксплуатации ПЛК Элсима [18].

3.6.1 Настройка соединения с МПК

На рисунке 2 представлен внешний вид МПК Элсима-М01.

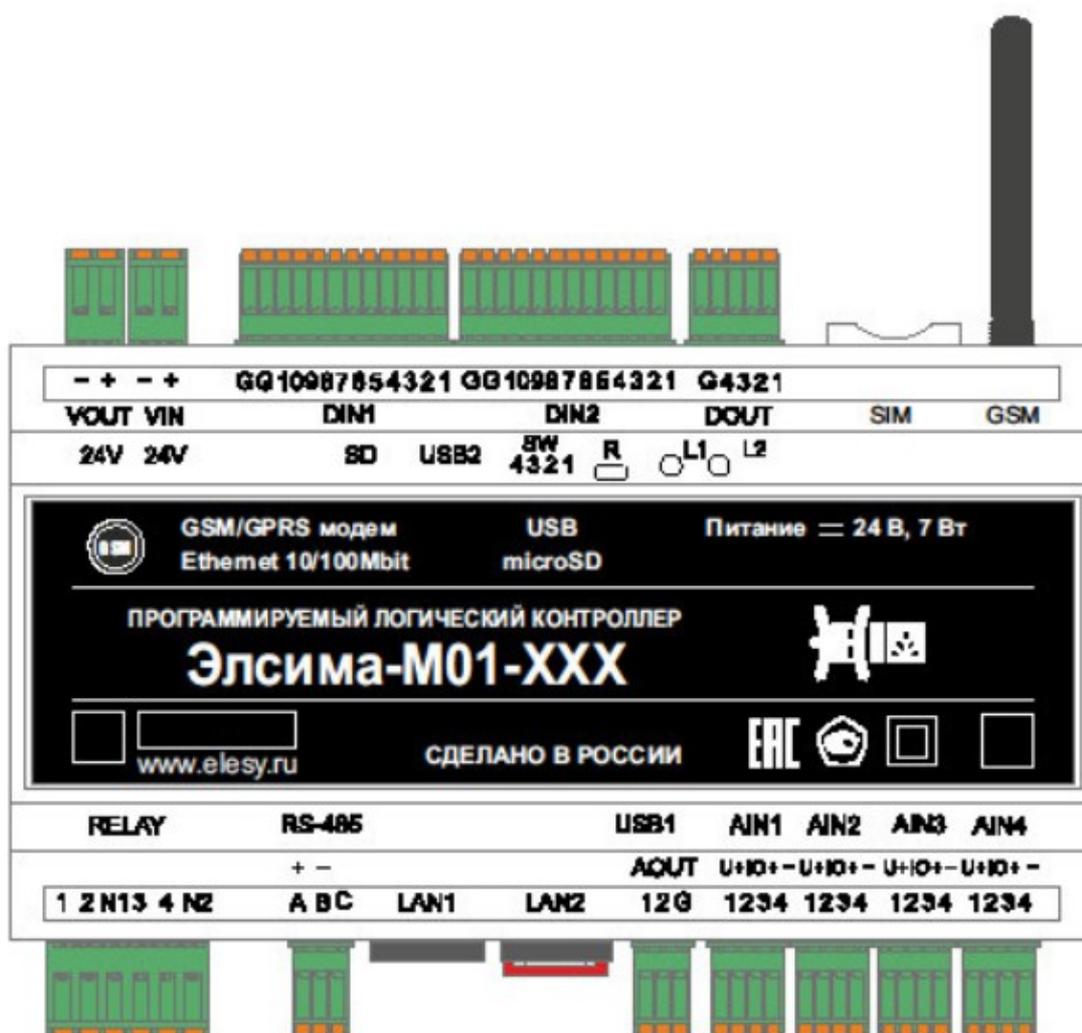


Рисунок 3.1 – Передняя панель МПК Элсима-М01

Для работы с контроллером имеется возможность применение двух интерфейсов связи:

- Ethernet;
- USB.

Для работы через Ethernet необходимо подключить контроллер к сети через разъем LAN1. В этом случае необходимо предварительно задать корректные сетевые настройки контроллера в соответствии с заданными настройками сети.

Взаимодействие среды разработки с системой исполнения осуществляется через специальное приложение – шлюз связи (Gateway). Для настройки соединения с МПК и загрузки проекта нужно задать шлюз связи.

3.6.2 Общие сведения по программированию МПК

Пакет по программированию контроллера включает систему разработки и систему исполнения. Система разработки используется для проектирования, конфигурирования системы и создания кода управляющей программы для ПЛК. Система исполнения обеспечивает загрузку кода прикладной программы в контроллер, исполнение управляющей программы и выполнение отладочных функций.

Разработка программ может осуществляться на пяти языках программирования по стандарту IEC 61131-3:

- IL (Instruction List) – список инструкций;
- ST (Structured Text) – структурированный текст;
- FBD (Function Block Diagram) – функциональные блочные диаграммы;
- LD (Ladder Diagram) – релейно-контактные схемы;
- SFC (Sequential Function Chart) – последовательные функциональные схемы.

3.6.3 Конфигурирование МПК

Для работы с контроллером необходимо создать конфигурацию системы, которая представлена в виде дерева устройств. Основным узлом (самый верхний уровень) является МПК Элсима. При создании конфигура-

ции требуется выбрать тип контроллера, добавить в конфигурацию необходимый набор модулей устройства ввода-вывода и задать набор необходимых программных модулей.

3.6.4 Настройка передачи данных

Для передачи данных с МПК на верхний уровень используется OPC сервер Infinity OPC Server, также разработанный компанией ЭлеСи. Первоочередной задачей, выполнение которой необходимо для разработки верхнего уровня – создание базы сигналов.

Конфигурирование сервера Infinity OPC и создание дерева сигналов осуществлялось с помощью специальной утилиты Конфигуратор. Также для параллельной проверки настройки сигналов и их работоспособности применялась утилита OPC tools.

Все устройства, задействованные в АСКУЭ, поддерживают протокол Modbus, поэтому данный протокол используется для передачи данных с устройств в OPC Server. Infinity OPC Server поддерживает вышеуказанный протокол за счет подключения библиотечного модуля Modbus TCP/IP Master.

Для реализации связи между средним и верхним уровнями создано дерево сигналов, включающее в свою структуру входные сигналы всех показателей (значения напряжения, силы тока, активной, реактивной мощности во всех фазах цепи и значение полной мощности) со всех приборов учета системы.

Дерево сигналов имеет иерархическую структуру:

- 1) АСКУЭ;
- 2) корпус;
- 3) подразделение;
- 4) параметр;
- 5) номер фазы.

Каждому сигналу присвоен индивидуальный тэг, который необходим для связи с элементами мнемосхемы SCADA-системы.

3.7 Разработка SCADA-системы

Для визуализации данных АСКУЭ используется программный продукт, разработанный компанией ЭлеСи, Infinity HMI. В данной программе можно реализовать наглядное представление показателей счетчиков посредством создания мнемосхем в графическом редакторе.

Для наиболее удобного восприятия окно программы включает в себя блоки, соответствующие номеру корпуса, либо общему вводу, либо уличному освещению (приложение Б, рисунок 1.Б). В каждом блоке расположены графические изображения дисплеев электросчетчиков с показаниями общей мощности. Также подписаны наименования участков или подразделений, откуда сняты показания.

При нажатии на изображение дисплея любого счетчика, можно перейти в новое диалоговое окно с расширенными параметрами (приложение Б, рисунок 2.Б). Окно контролируемых параметров счетчика включает в себя силу тока, напряжение, активную, реактивную, полную мощности по трем фазам, а также суммарные мощности. При нажатии на дисплей с показаниями осуществляется переход в программу Infinity Trends, где можно наблюдать изменение выбранного параметра во времени по графику (приложение Б, рисунок 3.Б).

Также в диалоговом окне контролируемых параметров присутствует блок «Установка тарифов». Здесь в строке «Тариф» можно ввести стоимость киловатта электроэнергии для соответствующего потребителя и получить значение финансовых затрат на потребленную за определенный период времени данным подразделением электроэнергию в рублях.

На верхней панели управления имеется кнопка «Статистика», при нажатии на которую появляется слой с диаграммой, по которой можно отследить потребление электроэнергии на протяжении недели, месяца или года (приложение Б, рисунок 4.Б).

Каждое графическое изображение дисплея счетчика реализовано как динамический объект «Текст», которому привязан свой источник данных в

соответствии с деревом сигналов конфигурации Infinity OPC Server. Также к данным объектам применено динамическое действие «Всплывающее меню», в котором предлагается открыть диалоговое окно контролируемых параметров счетчика. Здесь все анимации, динамика показаний и переход в Infinity Trends осуществлен аналогично алгоритму основного окна.

Установка тарифа, подсчет стоимости осуществляется с помощью макроса. Тэгу переменной, обозначающей тариф, присваивается значение, записанное в строке «Тариф», и умножается на значение мощности «Всего за период», в результате в строку «Итого» выводится значение тэга, являющегося произведением этих двух переменных.

Динамика статистики также прописана с помощью макроса. Если рассматривать на примере статистики за неделю, для начала производится графическое изображение семи пар (количество дней недели) столбцов диаграммы двух цветов (темный – «Ночь», светлый – «День»), присваивается динамическое действие «Размер», согласно которому высота столбцов будет увеличиваться при увеличении значения соответствующего привязанного тэга. Вводится условие, что тэгу, обозначающему «Ночь» соответствует время от 0 ч 0 мин до 12 ч 0 мин, а тэгу, обозначающему «День» – от 12 ч 0 мин до 0 ч 0 мин. Таким образом, тэг со значением «Ночь» будет накапливать значения нагрузки, полученные в ночное время, а тэг «День» – полученные в дневное время. По истечении суток значения не сбрасываются, а остаются в памяти системы. К числу месяца прибавляется единица (начало следующего дня). Тэги, привязанные к увеличению высоты столбцов, характеризующих потребление энергии за следующие сутки, так же накапливают значения.

Реализация месячной статистики осуществляется аналогичным способом за исключением разделения на день и ночь, а при реализации годовой один тэг отвечает за накопление значения нагрузки (соответственно, увеличение высоты одного столбца) в течение количества суток в текущем месяце.

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа 5Б2В		ФИО Бабеева Татьяна Сергеевна	
Институт	ЭНИН	Кафедра	Автоматизации теплоэнергетических процессов
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:	
Стоимость затрат на выполнение технического проекта (ТП): - на специальное оборудование; - зарплату; - страховые отчисления; - прочие расходы.	Затраты, идущие на специальное оборудование рассчитываются согласно стоимости оборудования по прайс-листам, либо по договорной цене. Заработная плата определяется согласно тарифной ставке и коэффициентам (зависящих от различных условий: регион, организация и прочее). Страховые отчисления рассчитываются согласно Федеральному закону (от 24.07.2009 №212-ФЗ) Прочие расходы рассчитываются исходя из суммы всей заработной платы исполнителей данного ТП.
Длительность выполнения ТП	Приблизительная длительность выполнения ТП составляет около 160 календарных дней.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
Оценка перспективности выполнения данного ТП с точки зрения ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Оценку перспективности и потенциала разрабатываемого ТП можно провести с помощью анализа и интегральной оценки ресурсоэффективности.
Планирование и последующее формирования графика работ по выполнению ТП	Для составления плана работ необходимо выполнить оценку трудоемкости. Исходя из полученных данных возможно построение графика технико-конструкторских работ, который позволит наилучшим образом спланировать сам процесс выполнения ТП.
Выполнение сметной документации	Для выполнения сметной документации по разрабатываемому ТП используем классификацию затрат по следующим статьям: 1) материальные затраты; 2) затраты на специализированное оборудование; 3) общая заработная плата; 4) страховые отчисления; 5) прочие расходы.
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Попова Светлана Николаевна	к.э.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б2В	Бабеева Татьяна Сергеевна		

4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Целью написания раздела финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение является расчет экономической эффективности разработки автоматизированной системы технического и коммерческого учета потребляемой электроэнергии распределенным объектом.

Для достижения этой цели необходимо решить несколько задач, а именно:

- 1) выполнить SWOT-анализ;
- 2) составить календарный план-график выполнения работ;
- 3) определить величину капитальных вложений на разработку проекта системы автоматизированного контроля;
- 4) определить величину единовременных капитальных вложений на покупку средств автоматизации, размер затрат на монтажные и пусконаладочные работы;
- 5) определить перспективность и потенциал технического проекта с точки зрения ресурсоэффективности.

С учетом поставленных задач необходимо сформировать содержание данного проекта, провести необходимые расчеты и сформулировать соответствующие им выводы.

4.1 SWOT-анализ

SWOT-анализ – наиболее простой и доступный метод стратегического планирования, позволяющий проанализировать ситуацию вокруг проекта или предприятия с учетом влияния внешних и внутренних факторов. Данный вид анализа используют для исследования внешней и внутренней сред проекта (макросреда и микросреда).

4.1.1 Внешняя среда

Первое, что будем рассматривать в данном пункте – спрос и характер спроса. Использование данного проекта возможно на любых предприятиях,

где ведется учет энергопотребления. Преимущественно, это крупные предприятия, имеющие в своем составе несколько департаментов, цехов, отделов, подразделений.

К конкурентам можно отнести компании, занимающиеся проектированием, монтажом, производством и наладкой КИПиА, разработкой верхнего уровня систем автоматизации и программированием ПЛК. Потенциальными конкурентами могут быть компании: ООО «Автоматизация производств», ООО «Синтек», ООО «Томск-Электро», ООО НПП «ТЭК».

Ниже будут перечислены заводы-изготовители оборудования, приборов и технических средств автоматизации для разрабатываемого проекта.

Трансформаторы тока ТТИ-А поставляются российской компанией-производителем электротехнической продукции ИЕК, г. Москва. Трансформаторы тока ТТИ обладают высокими показателями качества, подходят для расчета с поставщиком электрической энергии при коммерческом учете, для передачи сигнала измерительной информации измерительным приборам или устройствам защиты и управления. Трансформаторы тока ТТИ внесены в государственный реестр средств измерений под номером 28139-12.

Счетчики электроэнергии трехфазные, активно/реактивные, многофункциональные Меркурий-234 поставляет НМК «Инкотекс», г. Москва, который является производителем электросчетчиков под торговой маркой «Меркурий» в России. Выбор именного отечественного производителя обоснован более низкой стоимостью (без снижения качества и ухудшения технических и эксплуатационных характеристик) и более простой организацией заказа и гарантийного ремонта. Счетчики обладают высоким классом точности, многотарифностью, возможностью передачи информации через оптопорт и по интерфейсу RS-485, отвечает всем требованиям к электросчетчикам для коммерческого учета электроэнергии.

Счетчики учета электроэнергии трехфазные микропроцессорные многофункциональные универсальные Энергомера СЕ301 поставляются АО «Электротехнические заводы «Энергомера», г. Ставрополь. Данный продукт

удовлетворяет всем функциональным требованиям к проекту, обладает высокой надежностью и при этом низкой стоимостью. Многотарифность, наличие дополнительных исполнений (передача накопленной информации через оптопорт и цифровой интерфейс RS-485) счетчика, соответствующий техническим требованиям класс точности являются определяющими аспектами выбора счетчика для технического учета электроэнергии.

Счетчики учета электроэнергии трехфазные многотарифные НЕВА МТ 324 поставляются торгово-промышленной группой компаний «Тайпит», осуществляющей производство приборов учета, г. Санкт-Петербург. Устройство обладает высокими показателями надежности, высоким классом точности и низкой стоимостью. При этом счетчик удовлетворяет все требования к разрабатываемой системе автоматизации.

4.1.2 Внутренняя среда

В пункте внутренняя среда будет рассмотрен конечный проектный продукт.

Важным элементом всей системы является программируемый логический контроллер. Проект выполняется на предприятии ЭлеСи, которое включает в себя завод по производству приборов и средств автоматизации. Система автоматизированного контроля основана на базе промышленного микропроцессорного контроллера Элсима производства ЗПиСА «ЭлеСи». Шкафы для установки счетчиков и трансформаторов тока также используются собственного производства.

Конечный продукт представляет собой комплекс оборудования, приборов и технических средств автоматизации, а также автоматизированное рабочее место (АРМ), представляющее собой ПК со SCADA-системой, с помощью которой оператор осуществляет контроль и технический учет потребляемой электроэнергии.

Оборотным капиталом будет являться экономический эффект от внедрения проекта, полученный посредством более точного расчета

энергопотребления, оптимизации режима работы производства. Технический учет электроэнергии позволяет распределить ответственность за оплату потребленной электроэнергии непосредственно по подразделениям предприятия. Таким образом, будет увеличен контроль и экономия энергоресурсов каждым подразделением. Введение оптимальных дифференцированных тарифов приведет к значительному снижению издержек предприятия.

По полученным результатам анализа внутренней и внешней сред можно сделать вывод о том, что разрабатываемая технология представляет собой актуальную задачу и является перспективным проектом для предприятия и, возможно, для потенциальных заказчиков.

4.2 Наименование монтажных работ и их объемы

Ниже будет приведен перечень монтажных работ по установке средств контроля и автоматики в автоматизированной системе технического учета электроэнергии, исходя из работы одной бригады, в состав которой входит инженер-наладчик, инженер КИПиА и инженер-электрик, выполняющих непосредственно сам монтаж и пуско-режимную наладку оборудования.

Перечень работ включает в себя:

- 1) установку счетчиков для технического и коммерческого учета электрической энергии;
- 2) компоновку электросчетчиков со вспомогательным оборудованием в шкафы;
- 3) соединение нижнего уровня системы (электросчетчиков) со средним уровнем (МПК), компоновку микропроцессорных контроллеров и вспомогательного оборудования в шкаф;
- 4) прокладку кабелей и защитных труб, настройку и проверку работоспособности всей системы.

Оценка трудоемкости выполнения работ оценивается экспертным путем в человеко-днях (чел.-дн.) и является вероятностным значением, т.к. имеется множество трудно учитываемых факторов, влияющих на расчет.

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости можно определить по формуле:

$$t_{\text{ож}i} = \frac{3 t_{\text{min } i} + 2 t_{\text{max } i}}{5}, \quad (1)$$

где $t_{\text{ож}i}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы чел.-дн.;

$t_{\text{min } i}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения i -ой работы, чел.-дн.;

$t_{\text{max } i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения i -ой работы, чел.-дн.

Результаты расчетов ожидаемого значения трудоемкости выполнения работы представлены в таблице 3.1.

Из расчета ожидаемой трудоемкости выполнения работ следует определить продолжительность выполнения каждой работы в рабочих днях T_p , учитывающая возможность параллельного выполнения работ несколькими исполнителями. Необходимость вычисления данного показателя обуславливается дальнейшим расчетом заработной платы.

$$T_{pi} = \frac{t_{\text{ож}i}}{Ч_i}, \quad (2)$$

где T_{pi} – длительность выполнения одной работы, рабочие дни (раб. дн.);

$Ч_i$ – численность исполнителей, которые могут одновременно выполнять одну и ту же работу на данном этапе, чел.

Также необходимо продолжительность каждого из этапов работ из рабочих дней перевести в календарные (кал. дн.):

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (3)$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в кал. дн.;

$k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

Формула для определения коэффициента календарности:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (4)$$

где $T_{\text{кал}}$ – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}}$ – количество выходных дней в году;

$T_{пр}$ – количество праздничных дней в году.

Временные показатели проведения монтажных работ представлены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Временные показатели проведения монтажных работ

Название текущих работ	Трудоёмкость выполняемых работ			Длительность работ T_{pi} , раб.дн.	Длительность работ T_{ki} , кал. дн.
	t_{min} , чел.-дн.	$t_{ож}$, чел.-дн.	t_{max} , чел.-дн.		
1) Установка счетчиков	4	4,4	5	2,2	3,3
2) Компоновка электросчетчиков в шкафы	8	8,8	10	4,4	6,5
3) Соединение электросчетчиков с МПК, компоновка МПК в шкаф	6	6,8	8	3,4	5
4) Прокладка кабелей, настройка и проверка работоспособности	9	9,4	10	2,35	3,5
Итого:				12,35	18,3

4.3 Затраты на разработку проекта

При планировании сметной документации разрабатываемого проекта должно быть обеспечено отражение всех видов расходов, которые связаны с его выполнением. В процессе формирования сметы учитывают затраты по следующим статьям:

- материальные затраты проекта;
- основная заработная плата исполнителей;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы.

4.3.1 Материальные затраты на создание проекта

Стоимость каждого прибора определяется по формуле:

$$C = k \cdot Ц, \quad (5)$$

где C – стоимость прибора/технического средства автоматизации, руб.;

k – количество, шт.;

Ц – цена прибора/технического средства автоматизации, руб.

Сумма расходов на приборы и технические средства автоматизации приведена в таблице 4.2.

Таблица 4.2 - Затраты на приборы и ТСА

Наименование прибора/технического средства автоматизации	Количество, шт.	Цена за ед., руб.	Сумма, руб.
Трансформатор тока ГТИ-А	45	837	37680
Счетчик НЕВА МТ 324	8	3200	25600
Счетчик Меркурий-234 АРТ	2	6211	12422
Счетчик Энергомера СЕ301	16	4275	68400
Автоматические выключатели	20	2000	40000
Рубильники	6	1500	9000
Кабель КВВГнг 7х2.5	1000	80	80000
Кабель УТР 5 категории	300	30	9000
Итого:			282102

С учетом транспортных расходов получим:

$$C_1 = 282102 \cdot 1,15 = 324417,3 \text{ руб.}$$

3.3.2 Затраты на заработную плату

Статья расходов на заработную плату включает основную заработную плату членам бригады, которые заняты монтажом приборов и ТСА (включая доплаты, премии) и дополнительную заработную плату.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{тс}} + Д + Д_{\text{р}}}{F_{\text{д}}}, \quad (6)$$

где $Z_{\text{тс}}$ – заработная плата по тарифной ставке (оклад), руб.;

Д – надбавка, руб.;

$D_{\text{р}}$ – сумма, учитывающая районное регулирование, 30% от ($Z_{\text{тс}} + Д$);

$F_{\text{д}}$ – действительный годовой фонд рабочего времени персонала;

$F_{\text{д}} = 22 \text{ раб. дн.}$

Основная заработная плата исполнителя рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_{\text{р}}, \quad (7)$$

где $T_{\text{р}}$ – продолжительность работ, выполняемых работником, раб. дн.; $T_{\text{р}} = 12,35 \text{ дней}$;

$Z_{\text{дн}}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Заработная плата исполнителя, участвующего в выполнении монтажа:

$$Z_{\text{зп}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}, \quad (8)$$

где $Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата, руб.;

$Z_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата (15 % от $Z_{\text{осн}}$), руб.

Все результаты расчета з/п исполнителей технического проекта сведены в таблицу 4.3.

Таблица 4.3 – Результаты расчета заработной платы исполнителей технического проекта

Исполнители	Оклад, руб.	Надбавка, руб.	Районное регулирование, руб	Среднедневная зар. плата, руб.	Продолжительность работ, раб. дн.	Основная зар. плата, руб.	Дополнительная зар.плата, руб.	Полная зар. плата, руб.
Инженер-наладчик (3)	3·25000 75000	3·2800 8400	3·8340 25020	3·1642,7 4928,1	2,35	11581	1737,1	13318,2
Инженер-КИПиА (2)	2·25000 50000	2·2500 5000	2·8250 16500	2·1625 3250	4,4+3,4= =7,8	25350	3802,5	29152,5
Инженер-электрик	2·22000 44000	2·2300 4600	2·7290 14580	2·1435,9 2971,8	2,2	6318	947,7	7265,6
Итого								49736,3

4.3.3 Отчисления в социальные страховые фонды

В подразделе «Отчисления в социальные страховые фонды» отражается размер обязательных отчислений по нормам, которые установлены законодательством Российской Федерации органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников. Величина затрат во внебюджетные фонды составляет 30% от оплаты труда:

$$Z_{\text{внеб}} = 0,30 \cdot 49736,3 = 14920,9 \text{ руб.}$$

Накладные расходы регламентируются, как 16% от размера заработной платы и в нашем случае будут составлять:

$$Z_{\text{накл}} = 0,16 \cdot 66802,9 = 7957,8 \text{ руб.}$$

Прочие расходы определяются как 1% от суммы материальных затрат, затрат на оплату труда и социальных отчислений:

$$Z_{\text{пр}} = 0,01 \cdot (49736 + 14921 + 324417) = 3891 \text{ руб.}$$

7.3.4 Смета затрат технического проекта

Далее составляем смету затрат на выполнение технического проекта, которая приведена в таблице 4.4.

Таблица 4.4 – Расчетная смета затрат технического проекта

Наименование статьи	Сумма, руб.	Структура затрат, %
Материальные затраты	324417	80,9
Оплата исполнителей технического проекта	49736	12,4
Отчисления во внебюджетные фонды	14921	3,7
Накладные расходы	7958	2
Прочие расходы	3891	1
Себестоимость проекта	400923	100,0

Анализируя данные сметы (Таблица 4.4), можно сделать вывод, что общие затраты на реализацию технического проекта составят 400923 руб., из которых примерно 80,9% составят затраты на оборудование и 12,4% – затраты по полной заработной плате исполнителей проекта.

4.5 Ресурсоэффективность

Ресурсоэффективность автоматической системы контроля и управления расходом общего воздуха определяется с помощью интегрального критерия ресурсоэффективности, имеющего следующий вид:

$$I_{\text{pi}} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (9)$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности;

a_i – весовой коэффициент проекта;

b_i – балльная оценка проекта, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания.

В таблице 4.5 приведен расчет интегрального показателя

ресурсоэффективности.

Таблица 4.5 – Сравнительная оценка характеристик проекта

Критерии	Весовой коэффициент	Бальная оценка разработки
1. Безопасность	0,25	4
2. Надежность	0,25	4
3. Удобство в эксплуатации	0,20	5
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,15	4
5. Энергоэкономичность	0,15	5
Итого:	1,00	

Интегральный показатель ресурсоэффективности для разрабатываемого проекта:

$$I_{pi} = 0,25 \cdot 4 + 0,25 \cdot 4 + 0,2 \cdot 5 + 0,15 \cdot 4 + 0,15 \cdot 5 = 4,35.$$

Ресурсоэффективность проекта, согласно выше произведенным расчетам, имеет достаточно высокую оценку (4,35 из 5), что подтверждает эффективность реализации технического проекта.

Высокое значение интегрального показателя ресурсоэффективности проекта говорит об обоснованной результативности реализации технического проекта и о корректно разработанной системе. Следовательно, расчет этого критерия имеет весомое значение при выполнении главы «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение».

4.6 Результаты экономического анализа системы

В результате выполнения изначально сформулированных целей раздела, можно сделать следующие выводы:

1) SWOT-анализ дал возможность провести оценки факторов и явлений, влияющих на проект. Были исследованы внешняя и внутренняя среды проекта;

2) при указании монтажных работ и их объемов, была разработана таблица временных показателей, рассчитана заработная плата бригады,

состоящей из семи человек, по монтажу оборудования, приборов и ТСА;

3) составлена смета технического проекта, позволяющая оценить затраты на реализацию проекта, затраты составили 400923 руб.;

4) проведена оценка ресурсоэффективности проекта (4,35 по 5-бальной шкале), что говорит об эффективности реализации данного технического проекта.