

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа – Инженерная школа информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки – 27.04.04 Управление в технических системах
 Отделение школы (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Система учета электрической энергии с возможностью подключения удалённых пользователей

УДК 004.896:004.77:621.311.003.1

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8AM81	Бекетов Сергей Николаевич		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Курганов В.В.	К.Т.Н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Конотопский В.Ю.	К.Э.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ООД ШБИП	Горбенко М.В.	К.Т.Н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Пушкарев М.И..	К.Т.Н.		

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

27.04.04 Управление в технических системах

Инженерная школа информационных технологий и робототехники

Отделение автоматизации и робототехники

Код результата	Результаты обучения
P1	Применять глубокие естественнонаучные и математические знания для решения научных и инженерных задач в области анализа, синтеза, проектирования, производства и эксплуатации средств автоматизации и систем управления техническими объектами.
P2	Уметь обрабатывать, анализировать и обобщать научно-техническую информацию, передовой отечественный и зарубежный опыт в области теории, проектирования, производства и эксплуатации средств автоматизации и систем управления техническими объектами
P3	Ставить и решать инновационные задачи инженерного анализа, связанные с разработкой технических систем управления с использованием аналитических методов и сложных моделей.
P4	Выполнять инновационные инженерные проекты по разработке программно- аппаратных средств автоматизированных систем различного назначения с использованием современных методов проектирования, систем автоматизированного проектирования, передового опыта разработки конкурентно способных изделий.
P5	Планировать и проводить теоретические и экспериментальные исследования в области проектирования аппаратных и программных средств автоматизированных систем с использованием новейших достижений науки и техники, передового отечественного и зарубежного опыта. Критически оценивать полученные данные и делать выводы.
P6	Осуществлять авторское сопровождение процессов проектирования, внедрения и эксплуатации программно-аппаратных средств автоматизированных систем различного назначения.
P7	Владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональной профессиональной среде с пониманием культурных, языковых и социально-экономических различий партнеров
P8	Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе в целом, активно владеть иностранным языком, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты инновационной инженерной деятельности, в том числе на иностранном языке.
P9	Эффективно работать индивидуально и в качестве члена и руководителя группы, в том числе междисциплинарной и международной, при решении инновационных инженерных задач.
P10	Демонстрировать личную ответственность и ответственность за работу возглавляемого коллектива, приверженность и готовность следовать профессиональной этике и нормам ведения инновационной инженерной деятельности. Демонстрировать глубокие знания правовых, социальных, экологических и культурных аспектов инновационной инженерной деятельности.
P11	Демонстрировать способность к самостоятельному обучению, непрерывному самосовершенствованию в инженерной деятельности, способность к педагогической деятельности.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа – Инженерная школа информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки – 27.04.04 Управление в технических системах
 Отделение школы (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП
 _____ Пушкарев М.И.
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Магистерской диссертации <small>(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)</small>
--

Студенту:

Группа	ФИО
8AM81	Бекетову Сергею Николаевичу

Тема работы:

Система учета электрической энергии с возможностью подключения удалённых пользователей	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№ 62-52/с от 02.03.2020 г.

Срок сдачи студентом выполненной работы:	01.06.2020
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Выпускная квалификационная работа бакалавра, техническая литература, техническая документация
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	Титульный лист Задание Реферат Введение Раздел 1. Разработка системы учета электроэнергии Раздел 2 Социальная ответственность Раздел 3 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение Заключение Список литературы
Перечень графического материала	– Структурные схемы электроснабжения

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Основное исследование	Курганов В.В.
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Конотопский В.Ю.
Социальная ответственность	Горбенко М.В.
Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	24.02.2020

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Курганов В.В.	К.Т.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8AM81	Бекетов Сергей Николаевич		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
8AM81	Бекетову Сергею Николаевичу

Школа	ИШИТР	Отделение (НОЦ)	ОАР
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	Управление в технических системах

Тема ВКР:

Система учета электрической энергии с возможностью подключения удалённых пользователей	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Разрабатывается система учета электрической энергии котельной. Основные внутренние потребители – электродвигатели. Модель системы реализована на базе учебной лаборатории
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<ul style="list-style-type: none"> • Определение условий труда описано в федеральном законе от 28.12.2013 N 426-ФЗ (ред. от 27.12.2019) "О специальной оценке условий труда" • Правила организации рабочих мест с ПЭВМ регулируется СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 «Гигиенические требования к ПЭВМ и организации работы».
2. Производственная безопасность: 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	<ul style="list-style-type: none"> • Температура, влажность – несоответствие допустимым уровням. Регулируется ГОСТ 12.0.003-2015. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация; • Недостаточное освещение рабочей области. Регулируется СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий; • Превышение уровня электромагнитных излучений. Регулируется СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Гигиенические требования к ПЭВМ и организации работы»; • Риск поражения электрическим током. Рассмотрены требования к методам предотвращения, за счет использования заземления и защитного зануления.

3. Экологическая безопасность:	Проведение работы не создает вредного воздействия на атмосферу, гидросферу и литосферу. Отсутствуют производимые отходы.
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	<p>Наиболее вероятная ЧС, которая может возникнуть во время проведения исследования – возникновение пожара. Причиной является нарушение эксплуатации электрических приборов и оборудования. Все работы производятся без открытого огня.</p> <p>Рассмотрены варианты предотвращения ЧС, ее ликвидации, а также другие оперативные мероприятия.</p>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	24.02.2020
--	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ООД ШБИП	Горбенко Михаил Владимирович	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8АМ81	Бекетов Сергей Николаевич		

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

Студенту:

Группа	ФИО
8AM81	Бекетову Сергею Николаевичу

Школа	ИШИТР	Отделение школы (НОЦ)	ОАР
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	Управление в технических системах

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Стоимость потребленных материалов. Стоимость нематериальных ресурсов. Тарифы на электроэнергию в г. Томск.
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	–
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Действующие ставки единого социального налога – 30% от полной заработной платы. НДС – 20%

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ</i>	Дать характеристику существующих и потенциальных потребителей (покупателей) результатов ВКР, ожидаемых масштабов их использования
2. <i>Разработка устава научно-технического проекта</i>	Разработать проект такого устава в случае, если для реализации результатов ВКР необходимо создание отдельной организации или отдельного структурного подразделения (возможно временного) внутри существующей организации
3. <i>Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок</i>	Построение плана-графика выполнения ВКР, составление соответствующей сметы затрат, расчет цены результата ВКР.
4. <i>Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности</i>	Оценка экономической эффективности использования результатов ВКР, характеристика других видов эффекта

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

<ol style="list-style-type: none"> 1. «Портрет» потребителя результатов НТИ 2. Сегментирование рынка 3. Оценка конкурентоспособности технических решений 4. Диаграмма FAST 5. Матрица SWOT 6. График проведения и бюджет НТИ - <u>выполнить</u> 7. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ - <u>выполнить</u> 8. Потенциальные риски 	
---	--

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	24.02.2020
--	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Конотопский Владимир Юрьевич	К. Э. Н.		24.02.2020 г.

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8AM81	Бекетов Сергей Николаевич		

РЕФЕРАТ

Магистерская диссертация на тему «Система учета электрической энергии с возможностью подключения удалённых пользователей» содержит 106 страниц печатного текста, 36 рисунков, 24 таблиц, 27 источников использованной литературы, 1 приложение.

Ключевые слова: учет электроэнергии, электроснабжение, счетчик электроэнергии, преобразователь частоты, энергосбережение.

Цель работы: разработка системы учета электрической энергии теплопроизводящего предприятия и исследования способов повышения энергоэффективности.

Работа выполнена в программных средах: CODESYS, Simple-SACDA, и Microsoft Office.

Результатом исследования стало система учета электрической энергии предприятия, выбраны технические средства учета, изучен вопрос энергоэффективности внедрения решения.

В организационно – экономическом разделе выполнено планирование научно – исследовательских работ, рассчитан бюджет научного исследования.

В разделе производственная и экологическая безопасность рассмотрено влияние опасных и вредных факторов при разработке проекта.

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ.....	13
1 РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УЧЕТА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ	15
1.1 Описание объекта и технологического процесса	15
1.2 Требования к создаваемому проекту и постановка задачи.....	16
1.3 Виды показателей электроэнергии и способы их учета.....	19
1.4 Выбор способа учета.....	20
1.5. Структура системы электроснабжения и учета электроэнергии	21
1.6 Средства измерения электрической энергии.....	24
1.6.1 Счетчик электроэнергии.....	24
1.6.2 Трансформаторы тока.....	26
1.7 Выбор технических средств для реализации проекта	27
1.7.1 Выбор счетчиков электроэнергии	27
1.7.2 Выбор трансформаторов тока	28
1.7.3 Оптимизация работы электрооборудования	30
1.7.3.1 Частотные преобразователи ОВЕН.....	31
1.7.3.2 Частотные преобразователи Веспер.....	33
1.7.4. Выбор ПЛК для учета показаний электроэнергии	36
1.7.4.1 Контроллер WAGO I/O-SYSTEM 750-882	36
1.7.4.2 Контроллер ОВЕН ПЛК150	38
1.8 Выбор программного комплекса для реализации системы учета электроэнергии	41
1.9 Работа с оборудованием и программным обеспечением.....	43
1.9.1 Подключение счетчиков электроэнергии	43
1.9.2 Подключение частотных преобразователей.....	45

1.10 Моделирование в лабораторных условиях.....	47
1.10.1 Построение системы учета на примере 2-х ПЧВ ОБЕН.....	47
1.10.2 Работа со SCADA. Проект в SIMPLE SCADA.....	52
1.11 Выводы о внедрении систему учета электроэнергии.....	53
1.11.1 Калькулятор энергосбережения для ОБЕН ПЧВ.....	56
2 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.....	59
2.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	59
2.1.1 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны	61
2.2 Профессиональная социальная ответственность.....	61
2.2.1 Анализ вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования.....	61
2.2.2 Обоснование мероприятий по защите исследователя от действия опасных и вредных факторов	63
2.2.2.1 Температура и влажность.....	63
2.2.2.2 Естественное и искусственное освещение	64
2.2.2.3 Электромагнитные излучения	68
2.2.2.4 Электрическое воздействие	69
2.3 Экологическая безопасность.....	70
2.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	70
2.4.1 Анализ вероятных чрезвычайных ситуаций	70
2.4.2 Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС	71
3 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	73
3.1 Организация и планирование работ	73
3.1.1 Продолжительность этапов работ	75

3.2 Расчет сметы затрат на выполнение проекта	81
3.2.1 Расчет затрат на материалы	81
3.2.2 Расчет заработной платы	82
3.2.3 Расчет затрат на электроэнергию	84
3.2.4 Расчет затрат на социальный налог.....	85
3.2.5 Расчет амортизационных расходов	85
3.2.6 Расчет прочих (накладных) расходов	86
3.2.7 Расчет общей себестоимости разработки	86
3.2.8 Расчет прибыли, НДС и цены разработки НИР	87
3.2.9 Оценка экономической эффективности проекта	87
3.2.10 Оценка научно-технического уровня НИР.....	88
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	91
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	92
ПРИЛОЖЕНИЕ А – Раздел на иностранном языке	95

ВВЕДЕНИЕ

Использование современных систем учета электроэнергии позволяет осуществлять измерение и преобразование основных электрических величин, а поддержка этими системами математических операций позволяет производить определённые расчеты, используемые в расчетах с предприятиями – поставщиками, в оптимизации режимов и т. д.

Система учета электроэнергии должна давать возможность:

- определять количества энергии, полученной от энергосистемы;
- производить расчет за электроэнергию, израсходованную различными потребителями;
- анализировать, устанавливать и контролировать удельные нормы расхода электроэнергии на единицу продукции;
- предпринимать меры по оптимизации потребления электроэнергии.

Структура управления современными предприятиями такова, что заинтересованные лица (собственники) могут находиться на большом расстоянии от него и получать контрольные цифры о работе предприятия в виде интегрированных показателей, которые очень сложно поддаются анализу. На предприятиях теплоэнергетики именно детальный анализ потребляемых ресурсов и производимой продукции является основой возможной оптимизации производства.

Для того чтобы производить анализ, необходимо иметь доступ к оперативной информации. Такую информацию в настоящее время предоставляют системы учета, которые могут быть различными по организации и назначению, но главная их задача заключается в предоставлении объективной информации с определённой периодичностью.

Термин «объективная» означает, что в создании информационных потоков и их возможной обработке не принимал участие человек. Если такая система учета грамотно спроектирована и правильно эксплуатируется, то информация, получаемая с неё, является весьма правдоподобной.

Собственники предприятий заинтересованы в разработке таких систем. Это позволяет оперативно контролировать материальные и энергетические потоки, оптимизировать их путём совершенствования технологий и технических средств.

В настоящей работе решается задача создания системы учета электрической энергии с возможностью подключения удалённых пользователей.

Передача данных удаленным пользователям организуется по различным сетевым интерфейсам, которые позволяют получать доступ к информации с различных устройств в любой момент времени.

1 РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УЧЕТА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

1.1 Описание объекта и технологического процесса

Объектом является предприятие – котельная – производящее тепловую энергию. Полученная теплоэнергия используется для централизованного теплоснабжения поселка Самусь.

В технологическом процессе в основном участвуют перекачивающие механизмы, предназначенные для перемещения воздуха, воды, конденсата и топлива. Для этого на трубопроводах используются насосы разной функциональности, конструкций и мощности [1].

На исследуемом объекте используются:

- дымосос;
- дутьевой вентилятор;
- насос сетевой;
- насос подпиточный;
- питательный насос;
- насос сырой воды и солевого раствора.

Каждый из насосов имеет свое назначение в процессе производства теплоэнергии. Далее представлено их описание.

Дымосос служит для удаления продуктов сгорания из топок.

Дутьевой вентилятор применяется для обеспечения постоянного притока свежего воздуха, оптимизации процесса горения.

Сетевой насос для котельной имеет самые большие габариты и производительность. Служит для подачи теплоносителя потребителю, в качестве которого выступает посёлок.

Питательный насос служит для заполнения котла водой взамен того количества, которое ушло на выработку пара.

Насос подачи сырой воды используется в системе химводоподготовки. Их задача сделать забор среды из бака сырой воды и направить воду для химической очистки от солей жесткости и взвешенных веществ.

Насосы исходной воды должны обеспечить максимальный расход химически очищенной воды для питания паровых котлов

Подпиточный насос обслуживает теплофикационную установку в тепловой схеме котельной и предназначено для пополнения утечек воды из магистральной сети.

Солевой насос используется для перекачки солевого раствора. Применение соли для котельных помогает долгое время поддерживать оборудование в хорошем рабочем состоянии за счет умягчения воды.

Электроприемники будут объединяться в отдельные узлы учета, в зависимости от участия в технологическом процессе и от способа получения данных об электропотреблении.

Количество и мощность каждого электроприемника указаны в главе 1.2.

1.2 Требования к создаваемому проекту и постановка задачи

В отличие от тепловых электростанций (ТЭС), котельная вырабатывает только тепловую энергию, поэтому для собственных нужд объекта используется внешнее электроснабжение.

Наличие большого количества электродвигателей, которые являются основными потребителями электроэнергии, и технологические особенности работы котельных установок требует проведения серьёзных мероприятий по оптимизации потребления электроэнергии.

Именно поэтому, основной задачей настоящей ВКР является разработка системы учета электроэнергии с возможностью накопления данных и удаленного доступа к ним, как основного направления развития и оптимизации системы электроснабжения предприятия. Эта направление развития активно поддерживается собственником предприятия, который, по определённым причинам, находится на значительном удалении от объекта автоматизации и не может оперативно контролировать события, происходящие на нём. Именно поэтому одной из основных задач,

рассмотренных в работе, является задача удалённого доступа к системе учёта электроснабжения котельной поселка Самусь Томской области.

Таблица 1.1 содержит подробный список электрооборудования для обеспечения системы учёта электроэнергии, их технические характеристики.

Из таблицы следует, часть оборудования работает практически весь год с остановкой на текущий ремонт, причем потребляемая этим оборудованием мощность весьма внушительная.

Поэтому, если в результате разработки системы учета будут предложены методы экономии электроэнергии при эксплуатации электрооборудования, то вероятность её внедрения кратно возрастает.

Таблица 1.1 – Список электрооборудования

№	Список электрооборудования	ПЧ	Марка	Тип электродвигателя	Число оборотов (об/мин.)	Ток. max, А.	Мощность, кВт	Кол-во часов работы в год
1	Питательный насос №1	+	ЦНСГ 40/178	5A225M2Y3	2950	170	55	8352
2	Питательный насос №2	+	ЦНСГ 60/198	4A225M2Y3	2950	170	55	
3	Питательный насос №3	+	ЦНСГ 60/198	5A225M2Y3	2950	173	55	
4	Сетевой насос №1	+	Д-630	4AM280M-4Y31P23	1470	285	160	8352
5	Сетевой насос №2		Д-520	5AMH280M4Y3	1485	291	160	
6	Сетевой насос №3		Д-320	A250S4Y3	1470	137	75	
7	Подпиточный насос №1	+	К 45/30	AIP112M2Y2	2860	14.76	7.5	8352
8	Подпиточный насос №2		К 45/30	AIPM112M2Y3	2895	15	7.5	
9	Подпиточный насос №3		К 90/20	MO160M-2	2925	50	18.5	
10	Насос сырой воды №1		КМ 80/50	5A160S2ЖУ2	2920	28.5	15	100
11	Насос сырой воды №2		КМ 80/50	5A160S2ЖУ2	2920	28.5	15	
12	Солевой насос №1		КММХ 80/65	5AMX132M2Y3	2910	21.8	11	80
13	Солевой насос №2		КММХ 80/65	5AMX132M2Y3	2910	21.8	11	
14	Насос исходной воды №1		К 80/65-160	AIP132M2	2910	21.8	11	8352
15	Насос исходной воды №2		К 80/65-160	AIP132M2	2910	21.8	11	
16	Дымосос №1	+	ДН-12	5A200L4Y3	1465	149	45	3495
17	Дымосос №2	+	ДН-12	4AMУ200L6Y3	980	101	30	2965
18	Дымосос №3	+	ДН-12.5	5AM250S4Y3	1485	139	75	4563
19	Вентилятор №1	+	ВДМ-10	5AMX160S6Y3	970	41	11	3495
20	Вентилятор №2	+	ВДН-10	7AVER160S6ie1Y3	970	41	11	2965
21	Вентилятор №3	+	ВДН-11.2	5AI200M6Y3	970	44.8	22	4563

1.3 Виды показателей электроэнергии и способы их учета

Учет электроэнергии предназначен для получения информации о параметрах электропотребления. В первую очередь эти данные используются для расчета с поставщиками электроэнергии. Также информация о потреблении отражает соответствие уровня потребления электроэнергии к планируемому. Данные используются определения норм потребления на предприятии и для обоснования организации мероприятий по энергоэффективности потребления. Учет электроэнергии предполагает не только контроль за потребляемой энергией, но и за производимой, если предприятие производит ее.

Учет электроэнергии разделяют на коммерческий и технический. Коммерческий, соответственно, используется для расчета с поставщиками электроэнергии. Стоимость потребления единицы энергии установлена тарифами электроснабжающей организации. Тарифы отличаются по виду потребителя и тарификацией по суточным зонам. Обычно, стоимость электроэнергии в ночное время суток ниже. Причина этому низкая загрузка на электросеть ночью [2].

Технический учет внедряют и используют для получения информации об электропотреблении на предприятии. Такой учет позволяет разделить потребление электроэнергии по различным видам нагрузки и уровням внутри предприятия для получения общей нагрузочной картины оборудованием. Измеренные данные используются внутри предприятия технологами или инженерами. Данные снимают и формируют записи каждый определенный промежуток времени (каждый час, сутки, недели, месяцы). В любое время к ним может обратиться работник предприятия и сделать выводы о потреблении электроэнергии и использовать их для организации дальнейшей оптимизации технологического процесса и энергопотребления.

1.4 Выбор способа учета

Основным требованием для повышения энергоэффективности оборудования котельной является определение величины потребления электроэнергии в текущий момент или выбранный период времени. Для этого достаточно организовать технический учет потребления.

Предполагается, что такой учет будет обеспечивать накопление данные о расходе электроэнергии:

- каждый час в сутках;
- каждые сутки в месяце;
- каждый месяц в год.

Полученные значения будут достаточны для оптимизации электропотребления рамках процесса производства теплоэнергии. Что позволяет снизить расходы по потреблению электроэнергии, делать выводы о необходимости догрузки или разгрузки электроустановок. Также технический учёт позволяет анализировать эффективность работы объектов и сопоставлять их с фактической производительностью (например, расход теплоносителя). И после разработать комплекс соответствующих мер.

Для выбранного объекта необходим современный комплекс технического контроля и учета электроэнергии, который должен обеспечивать выполнение ряда требований:

- сбор данных об электропотреблении как с одной, так и с нескольких точек;
- обработка полученной информации;
- формирование отчета и архива полученной информации;
- передача сформированного отчета для хранения и обработки данных;
- контроль параметров качества электроэнергии;
- удаленное конфигурирование счетчиков электроэнергии.

1.5. Структура системы электроснабжения и учета электроэнергии

Структурная схема электроснабжения электрооборудования котельной пос. Самусь Томской области представлена на рисунке 1.1.

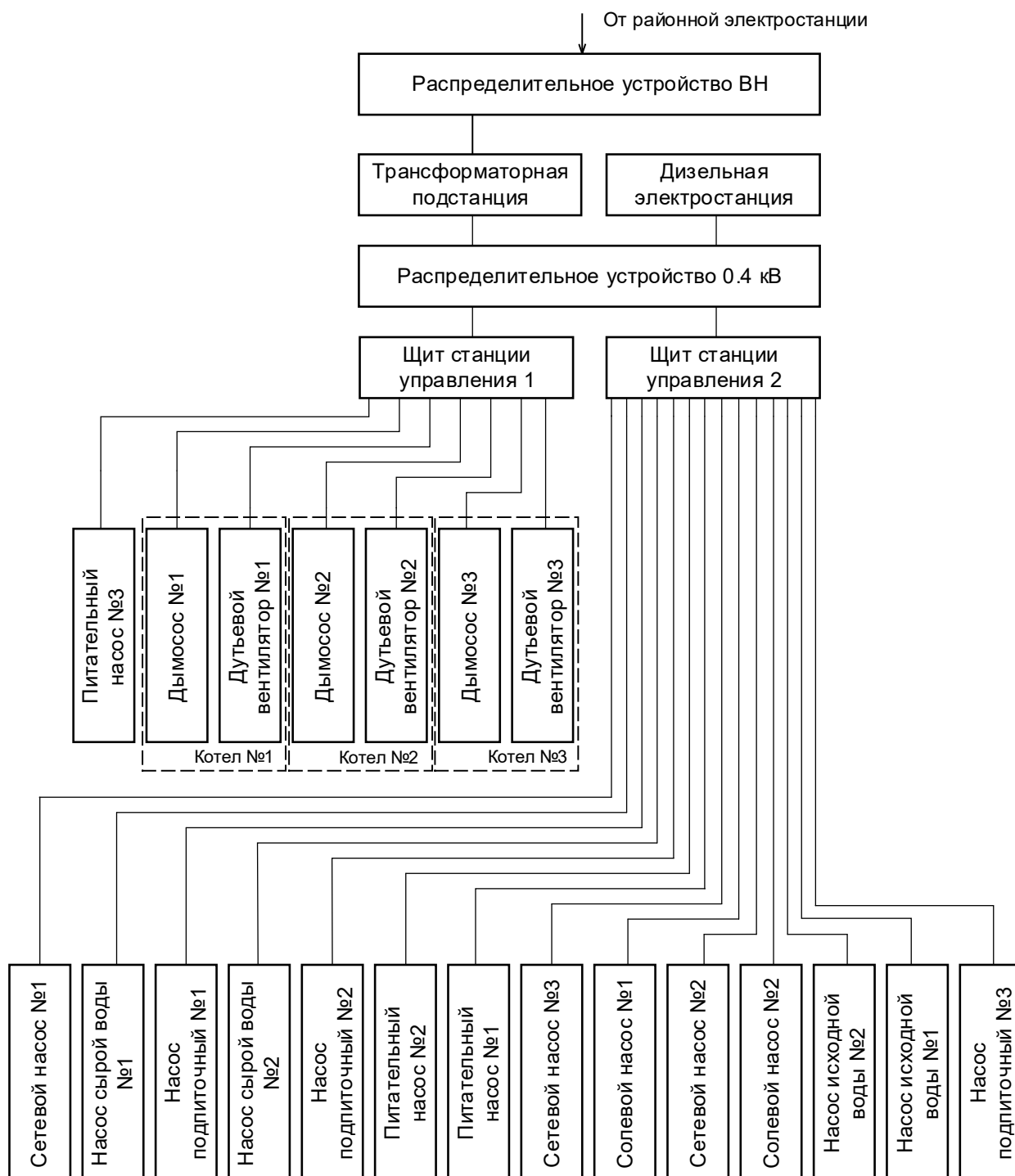


Рисунок 1.1 – Структурная схема электроснабжения котельной

Наличие множества электроприемников, подключенных непосредственно к шинам вводного распределительного устройства, требует

установку приборов учета на каждый из них. Но если вновь вернуться к структурной схеме (рисунок 1.1), то можно обнаружить следующее. В связи с тем, что рассматриваемый объект является высоко ответственным объектом, от нормальной работы которого зависит комфортная жизнь населения целого посёлка, все электрические насосы объединены в функциональные группы, выполняющие один вид работ. Это может быть либо дублирование, либо троирование. Но при этом одновременно они никогда не работают, обеспечивая холодный резерв. Этот факт делает бессмысленным установку приборов учета на каждый насос из функциональной группы, так как это повлечёт значительные материальные затраты. Сокращение числа точек учёта повлечет за собой изменения линейной схемы электроснабжения, изменения точек подключения некоторых потребителей, объединения оборудования, но в конечном итоге такая перекоммутация обернётся коммерческой выгодой.

Для сокращения количества приборов учета рассмотрены варианты объединения потребителей в группы. Каждой группе будет соответствовать узел учета со своим выбранными средствами учета.

Основной принцип организации групп потребителей состоит в объединении рядом стоящего электрооборудования, оборудования одной мощности, параллельно работающих, участвующих в одном технологическом процессе. При этом необходимо соблюдать требования к системе технического учета электроэнергии для получения оптимальных показателей и возможности их дальнейшего использования.

Предполагается распределение групп электроприемников по имеющимся щитам управления ЩСУ1 и ЩСУ2 с изменением схемы электроснабжения потребителей. Дальнейшее разделение будет осуществляться внутри щитов. Результаты группирования представлены в таблице 1.2. Рисунок 1.2 содержит структурную схему электроснабжения и распределения узлов учета.

Таблица 1.2 – Группы электроприемников и узлы учета

	Номер группы	Номер узла учета	Основные потребители	Примечания
ВРУ	1	1	Насос сетевой №1	
			Насос подпиточный №1	
	2	2	Насос исходной воды №1	
			Насос исходной воды №2	
ЩСУ1	3	3	Дымосос №1	Котел №1
			Дутьевой вентилятор №1	
	4	4	Дымосос №2	Котел №2
			Дутьевой вентилятор №2	
	5	5	Дымосос №2	Котел №3
			Дутьевой вентилятор №2	
	6	6	Питательный насос №2	
			Питательный насос №3	
ЩСУ2	7	7	Питательный насос №1	
	8	8	Насос сетевой №2	
	9	9	Насос сетевой №3	
	10	10	Насос подпиточный №2	
			Насос подпиточный №3	
	11	11	Насос сырой воды №1	
			Насос сырой воды №2	
	12	12	Солевой насос №1	
Солевой насос №2				

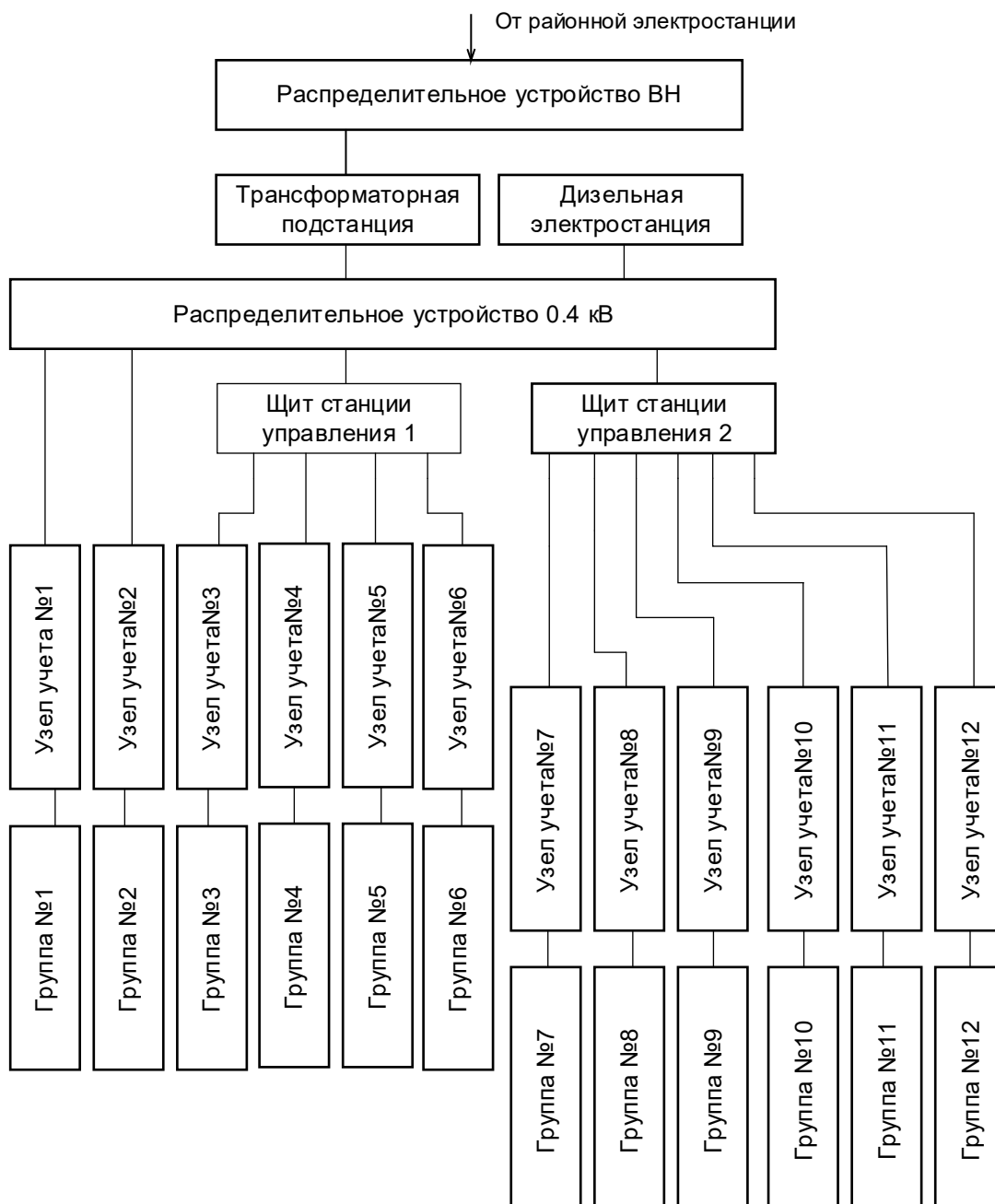


Рисунок 1.2 – Структурная схема системы электроснабжения и учета электроэнергии

1.6 Средства измерения электрической энергии

1.6.1 Счетчик электроэнергии

Счетчик электроэнергии – это основной измерительный прибор для учета расхода потребляемого электричества.

Счетчики различаются по методам измерения электрических характеристик, принципам сохранения и отображения объема потребления

(электромеханические и электронные), особенностями электрических соединений.

Электромеханические содержат в себе индукционный механизм пропорционального преобразования количества потребленной электроэнергии во вращение диска. Вращение передается на механизм механического отображения чисел. Основной недостаток – наличие движущихся частей [3].

Электронные счетчики содержат комплекс микроэлектроники. Электроника совершает основные действия: подсчет электроэнергии, хранение и преобразование и отображение. Внутренняя микросхема формирует импульсы пропорционально проходящей через силовую часть электроэнергии. Импульсы в свою очередь подсчитывает микроконтроллер, который преобразует данные в требуемый вид и отвечает за отображение значения на дисплее.

Всего разделяют несколько вариантов счетчиков:

- счетчики прямого или трансформаторного включения;
- однофазные или трехфазные;
- электромеханические, электронные или гибридные;
- однотарифные или многотарифные.

В настоящее время использую электронные устройства учета. Причиной этого являются преимущества точности измерений и автоматического учета для нескольких тарифов потребления. Кроме этого, современные устройства позволяют не допускать кражи электроэнергии. Кроме этого, сроки поверки электронных счетчиков больше, чем у механических.

Стоит отметить: существуют также гибридные счетчики, имеющие цифровой интерфейс и механическое вычислительное устройство, но применяются они редко.

1.6.2 Трансформаторы тока

Для снижения больших величин измеряемого тока, необходимых для определения параметров электроэнергии счетчиком, используют трансформатор тока.

Трансформатор тока – это электротехническое измерительно-преобразовательное устройство. Предназначен для преобразования величины протекающего тока в первичной обмотке. Во вторичной обмотке с определенной пропорциональностью возникают токи меньшего порядка, предназначенные для удобного и безопасного измерения токов [4].

Первичная обмотка обычно не содержит обмоток как таковых, в ее роли выступает один плоский виток или сам проводник.

Вторичная обмотка может содержать большое количество витков. Витки намотаны вокруг магнитопроводящего сердечника, так, что в обмотке возникает ток определенной величины. При этом необходимо подавать ток на короткозамкнутую нагрузку, например, амперметр.

Трансформатор тока включается последовательно. Выбирается по уровню протекающего максимального тока и способам монтажа. Способ монтажа, в основном, отражает вид и форму первичной обмотки. Первичной обмоткой может быть сам проводник, либо токопроводящая шина, к которой подсоединяется проводник в разрез.

Величина тока во вторичной нагрузке, зависит от тока внешней нагрузки. Вторичный ток обычно оценивается в стандартный 1 А или 5 А для больших значений первичного тока. Таким образом электросчетчики и другие измерительные приборы будут изолированы от протекания больших токов.

Особое отличие трансформаторов тока состоит в классе точности преобразования, которое отображает погрешность измерения и их соответствие нормативным документам.

Класс точности – это одна из важнейших характеристик трансформатора, которая обозначает, что его погрешность измерений не превышает значений, определенных нормативными документами.

Класс точности каждой обмотки выбирается, в первую очередь, исходя из ее назначения. Все обмотки испытываются индивидуально, и для каждой из них предусмотрена своя программа испытаний. Так, обмотки, предназначенные для коммерческого учета электроэнергии (классов точности 0,5S, 0,2S), проверяются по пяти точкам в диапазоне от 1% до 120% от номинального тока. Разница же между классами 0,5 и 0,5S (или 0,2 и 0,2S) состоит в том, что погрешность обмотки класса 0,5 не нормируется ниже 5% номинального тока. Именно при таких токах происходит недоучет электроэнергии, который можно сократить в несколько раз, применяя трансформаторы классов точности 0,5S и 0,2S.

1.7 Выбор технических средств для реализации проекта

1.7.1 Выбор счетчиков электроэнергии

Пример выбора является счетчик электрической энергии трехфазный СЕ303 R33 543-JAZ, фирмы «Энергомера»

Технические характеристики устройства [5]:

- СЕ303 – Модель;
- R33 – Тип корпуса;
- 5 – Класс точности по активной/реактивной энергии 0,5S/0,5;
- 4 – Номинальное напряжение, 3х230/400 В;
- 3 – Базовый (максимальный) ток, 5 (10) А.

Интерфейсы:

- J – Оптопорт;
- А – RS485.

Дополнительные функции:

- Z – Расширенный набор параметров.

Для осуществления удаленного сбора показаний электрической энергии необходимо наличие интерфейса связи RS-485. Это техническая особенность позволяет объединять счетчики в одну сеть под управлением

одного контроллера для обобщения данных, их хранения и передачи на компьютер.



Рисунок 1.3 – Счетчик электроэнергии «Энергомера» CE303 R33 543-JAZ

Базовая величина измеряемого тока – 5 А, из чего следует необходимость использования измерительных трансформаторов тока.

В соответствии с главой 1.2 выбираем 7 приборов для узлов учета без частотных преобразователей

Таблица 1.3 – Выбор счетчиков электроэнергии

№ узла	Электрооборудование	Модель счетчика
6	Питательный насос №3	CE 303 R33 543-JAZ
7	Насос сетевой №2	CE 303 R33 543-JAZ
8	Насос сетевой №3	CE 303 R33 543-JAZ
9	Насос подпиточный №2 и №3	CE 303 R33 543-JAZ
10	Насос сырой воды №1 и №2	CE 303 R33 543-JAZ
11	Солевой насос №1 и №2	CE 303 R33 543-JAZ
12	Насос исходной воды №1 и №2	CE 303 R33 543-JAZ

1.7.2 Выбор трансформаторов тока

Пример выбора трансформатора тока является продукт производителя «IEK» - ТТИ-А 120/5А 0,5 [6].

Выбор осуществляется по основным критериям:

- требуемый класс точности;

- ток первичный;
- ток вторичный;
- способ установки на токоведущую часть (с шиной или на проводник).

Так, в зависимости от требований к объекту учета электроэнергии, расчетных токов производится выбор трансформаторы тока.



Рисунок 1.4 – Трансформатор тока ТТИ-А 200/5А 0,5

Таблица 1.4 – Выбор трансформаторов тока

№ узла	Электрооборудование	Ток max, А	ТТ с шиной
6	Питательный насос №3	173	ТТИ-А 200/5А
7	Насос сетевой №2	291	ТТИ-А 300/5А
8	Насос сетевой №3	137	ТТИ-А 150/5А
9	Насос подпиточный №2 и №3	65	ТТИ-А 75/5А
10	Насос сырой воды №1 и №2	59	ТТИ-А 75/5А
11	Солевой насос №1 и №2	43,6	ТТИ-А 50/5А
12	Насос исходной воды №1 и №2	43,6	ТТИ-А 50/5А

Выбранные трансформаторы тока конструктивно имеют шину для соединения с проводником через болтовое соединение.

1.7.3 Оптимизация работы электрооборудования

В работе рассмотрены вопрос оптимизации работы насосов, дутьевых вентиляторов (ДВ) и дымососов (ДС) в контурах регулирования, и предложены варианты, позволяющие существенно сэкономить потребляемую электроэнергию, облегчить режимы работы оборудования и тем самым продлить срок его эксплуатации.

Суть вопроса

Практически все электрические насосы, ДС и ДВ работают по схеме, представленной на рисунке 1.5.

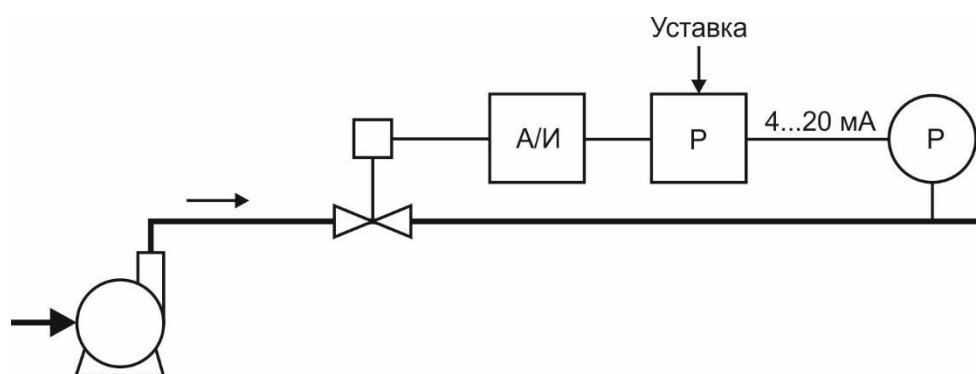


Рисунок 1.5 – Существующий контур регулирования давления в линии

Понижение давления в линии происходит за счет задвижки, установленной после насоса. Таким образом, насос работает на закрытую задвижку, при этом затрачивается значительная часть электроэнергии совершенно впустую. Длительные практические наблюдения за положением клапанов (задвижек) для разных электроагрегатов, показали, что в среднем они открыты не более чем на 50 %.

Для устранения непроизводительных затрат в настоящей работе предлагается перейти на частотное регулирование производительности насосов, ДВ и ДС, что позволит существенно понизить потребляемую электроэнергию, отказаться от клапанов (задвижек), перейти в щадящие режимы работы электрооборудования.

Предлагаемый контур регулирования представлен на рисунке 1.6.

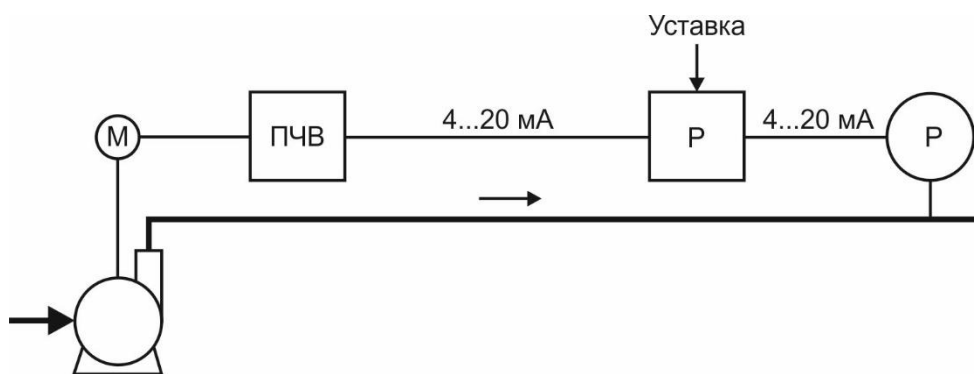


Рисунок 1.6 – Контур регулирования давления с ПЧВ

Использование векторных частотных преобразователей позволяет расширить рабочий диапазон управления, повысить точность регулирования и быстродействие электропривода. Преобразователь частоты защищает электродвигатель, уменьшает нагрузку на сеть, снижает энергопотребление. Использование ПЧ в таких системах позволяет не только оптимизировать технологический процесс, но и экономить значительные средства.

Поэтому, в составе системы управления процесса производства теплоэнергии, предполагается использование частотных преобразователей для управления электродвигательной нагрузкой. Количество и место установки ПЧ указаны в таблице 1.1

Выводы об энергоэффективности внедрения частотных преобразователей указаны в главе 1.11 настоящей работы.

1.7.3.1 Частотные преобразователи ОВЕН

Преобразователи ОВЕН ПЧВ позволяют осуществлять векторное и скалярное управление двигателем или группой двигателей. Для двигателей большой мощности может быть полезна функция пользовательской характеристики U/f (до 6 точек), обеспечивающей задание специальной характеристики для приложений с повышенным пусковым моментом, переменной нагрузкой (вентиляторной) или при работе с высокоскоростными двигателями [7].

Определение динамических параметров двигателя осуществляется с помощью алгоритма автоматической адаптации двигателя. На основании данных виртуальной модели обеспечивается высокоточное бессенсорное управление двигателем по векторному алгоритму и защита привода. На рисунке 1.7 представлен внешний вид устройств. Различные габариты корпуса зависят от мощности.



Рисунок 1.7 – Линейка устройств ПЧВ ОВЕН

Для решения сложных задач автоматизации привода используется встроенный в ПЧВ контроллер. При помощи ПЛК пользователь может реализовать программу управления приводом на базе событийной логики, используя в качестве переменных сигналы от цифровых входов, а также текущие значения параметров. Также имеется возможность взаимодействия преобразователя с другими устройствами системы частотного управления приводом за счет наличия дискретных и аналоговых выходов.

Для задания основных параметров можно использовать меню быстрого доступа, которое позволяет выполнить настройку ПЧВ под конкретный двигатель, включая автоматическую адаптацию, и настроить ПЧВ под работу по замкнутому или разомкнутому контуру управления. Быстрое меню также доступно для отображения всех параметров, значения которых отличаются от заводских установок.

Интерфейс RS-485 после необходимой настройки позволяет дистанционно задавать частоту вращения привода и основные управляющие команды: пуск, останов, работа на фиксированной частоте, переключение рабочего набора параметров и т.д.

Для решения задачи по учету электроэнергии, потребляемой электродвигателем под управлением ПЧВ возможно использование встроенного функционала регулятора. Необходима только настройка опроса параметров ПЧВ для передачи их по сети RS-485 и их дальнейшей обработке в контроллере.

1.7.3.2 Частотные преобразователи Веспер

Веспер EI-P7012 – специализированный преобразователь, предназначенный для управления трехфазными асинхронными двигателями в составе приводов центробежных насосов и вентиляторов [8].

Мощностной ряд частотных преобразователей EI-P7012 составляет от 7,5 кВт до 370 кВт. Конструкция преобразователей серии EI-P7012 предназначена для навесного настенного открытого монтажа.

Программирование и контроль работы преобразователя осуществляется с помощью встроенного пульта управления с жидкокристаллическим дисплеем.

Так же, управление, контроль состояния, чтение и установка констант возможна по последовательной линии связи RS-485.



Рисунок 1.8 – Внешний вид частотного преобразователя Веспер EI-P7012

Стандартная модификация ПЧ Веспер не имеет интерфейсный модуль. Поэтому дополнительно используем укомплектовываем модулем РСВ-RS485А-1, предназначенным для работы в составе преобразователя частоты и обеспечивающим возможность управления ПЧ от контроллера по последовательной линии связи RS-485 с протоколом MODBUS [9]. Общий вид платы модуля связи представлен на рисунке 1.9.

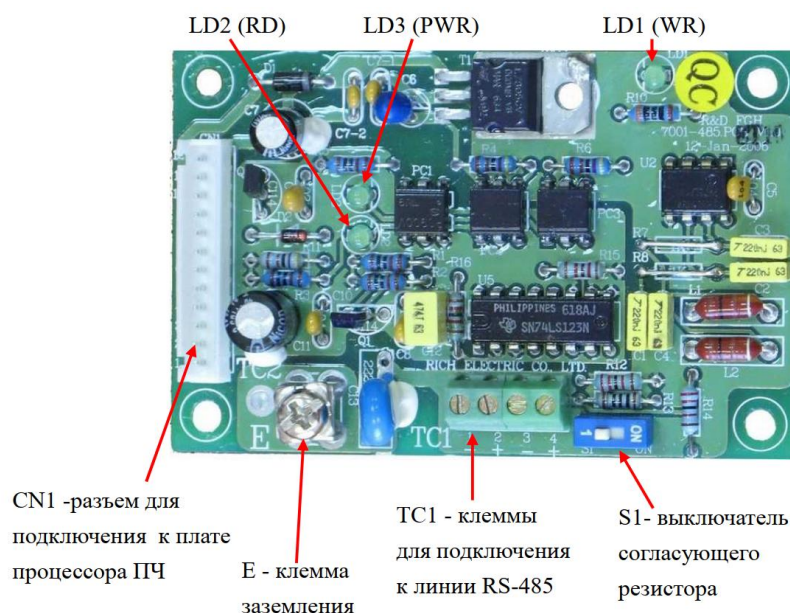


Рисунок 1.9 – Модуль PCB-RS485A-1

Необходимость использования ПЧ Веспер обоснована отсутствием у частотных преобразователей ОВЕН ПЧВ модификации большой мощности. Линейка ПЧВ имеет устройства с максимальной мощностью только 90 кВт. Насос сетевой №1 имеет мощность 160 кВт. Для такой нагрузки выбираем более мощный насосный ПЧ фирмы Веспер, модель EI-P7012.

Данные о выбранных частотных преобразователях определенной модификации и мощности представлены в таблице 1.5. Мощность ПЧ определяется техническими характеристиками подключаемых электродвигателей.

Таблица 1.5 – Выбор частотных преобразователей

№ узла	Электрооборудование	Мощность, кВт	ПЧ
1	Дымосос №1	45	ПЧВ3-45К-В
	Дутьевой вентилятор №1	11	ПЧВ3-11К-В
2	Дымосос №2	30	ПЧВ3-30К-В
	Дутьевой вентилятор №2	11	ПЧВ3-11К-В
3	Дымосос №3	75	ПЧВ3-75К-В
	Дутьевой вентилятор №3	22	ПЧВ3-22К-В
4	Насос сетевой №1	160	Vesper EI-P7012
	Насос подпиточный №1	7,5	ПЧВ3-7К5-В
5	Питательный насос №1	55	ПЧВ3-55К-В
	Питательный насос №2	55	ПЧВ3-55К-В

Таким образом, наличие возможности определения текущего уровня потребления электроэнергии и наличие интерфейса передачи данных в частотных преобразователях позволяет осуществлять сбор показателей с помощью внешних контроллеров. И с их помощью далее осуществлять подсчет полученных данных, накопление, производить математические операции.

1.7.4. Выбор ПЛК для учета показаний электроэнергии

1.7.4.1 Контроллер WAGO I/O-SYSTEM 750-882

Для решения задачи сбора данных об электропотреблении с частотных преобразователей и электросчетчиков по линии RS-485, используется программируемый логический контроллер с наличием необходимых интерфейсов связи.

Для определения используемого контроллера, рассмотрим варианты от разных производителей. Первый - WAGO (Германия), второй – ОВЕН (Россия). Рассмотрим технические особенности и после этого сделаем выбор одного из вариантов.

ПЛК WAGO 750-882. Преимуществами устройства являются:

- Встроенный Веб-интерфейс с доступом по IP адресу;
- Низкая стоимость (например, относительно ПЛК производства Siemens);
- Соответствие стандарту МЭК 61131-3 – использование среды программирования CODESYS;
- Средства разработки визуализации на HTML5;
- Крепление на DIN-рейку.

WAGO-I/O-SYSTEM 750-882 ETHERNET ПЛК используется в сетях ETHERNET для обеспечения быстрого и надежного резервирования среды передачи. ПЛК поддерживает все дискретные, аналоговые и специальные модули, входящие в серию 750/753, и поддерживает скорость передачи данных в 10/100 Мбит/с [10]. Внешний вид устройства представлен на рисунке 1.10.



Рисунок 1.10 – Контроллер WAGO 750-882

Резервирование среды передачи обеспечивается путем использования контроллера в двух отдельных сетях, в которых доступ к нему осуществляется по двум разным IP-адресам (включая два MAC-идентификатора). Перекрестная коммуникация между отдельными каналами невозможна. Два отдельных согласующих устройства ETHERNET позволяют выполнять резервное соединение с двумя каналами передачи данных (концентратор или маршрутизатор не нужен). Контроллер резервирования среды передачи предназначен для передачи данных по полевой шине через MODBUS/TCP в сетях ETHERNET. Также он поддерживает широкий перечень стандартных протоколов ETHERNET (напр., HTTP, BootP, DHCP, DNS, FTP). Интегрированный веб-сервер предоставляет пользователю возможность выполнять конфигурацию и получать информацию о состоянии от контроллера. Данную особенность можно использовать для сбора данных об электропотреблении подключенного электрооборудования напрямую с доступом по IP.

Для получения данных о значении потребленной электроэнергии от ПЧВЗ по интерфейсу RS485, необходимо использование интерфейсного модуля.



Рисунок 1.11 – Модуль интерфейса RS-485

Для систем разрабатываемых на основе ПЛК WAGO возможно использование программного обеспечения WAGO e!COCKPIT

ПО позволяет осуществить более быстрый запуск систем, сокращает время разработки проектов автоматизации. Ядром системы является CODESYS 3, который обеспечивает простое и универсальное создание приложений. ПО содержит встроенный редактор визуализаций, который может использоваться для создания графики для контроля процесса работы.

1.7.4.2 Контроллер ОВЕН ПЛК150

Второй вариант ПЛК представлен российским производителем устройств автоматизации – ОВЕН – программируемый логический контроллер ПЛК150

ОВЕН ПЛК150 – моноблочный программируемый логический контроллер с дискретными и аналоговыми входами/выходами. Осуществляет измерения входных аналоговых и дискретных сигналов, формирует аналоговые и цифровые управляющие сигналы. Предназначен для построения систем управления малыми и средними объектами автоматизации, а также создания систем диспетчеризации [11].

Особенности контроллера ПЛК150:

- Компактный пластиковый корпус с креплением для монтажа на DIN-рейку;

- Наличие дискретных входов/выходов;
- Наличие аналоговых входов/выходов;
- Последовательные порты обмена данными RS-485 и RS-232;
- Наличие порта Ethernet;
- Увеличение количества дискретных и аналоговых входов и выходов осуществляется посредством подключения внешних модулей ввода/вывода через любой из интегрированных интерфейсов.

Преимущества ОВЕН ПЛК150:

- Отсутствие операционной системы, повышающее надёжность работы контроллера;
- Скорость срабатывания дискретных входов достигает 10 кГц;
- Поддерживается работа с широким спектром аналоговых датчиков, включая термопары;
- Независимые друг от друга интерфейсы: Ethernet, последовательные порты, USB);
- Расширенный рабочий диапазон температур окружающей среды: от -20 до $+70$ °С;
- Встроенная аккумуляторная батарея;
- Встроенные часы реального времени, работающие от батареи;
- Возможна работа с нестандартными протоколами обмена данными по любому из портов.



Рисунок 1.12 – Внешний вид ПЛК150

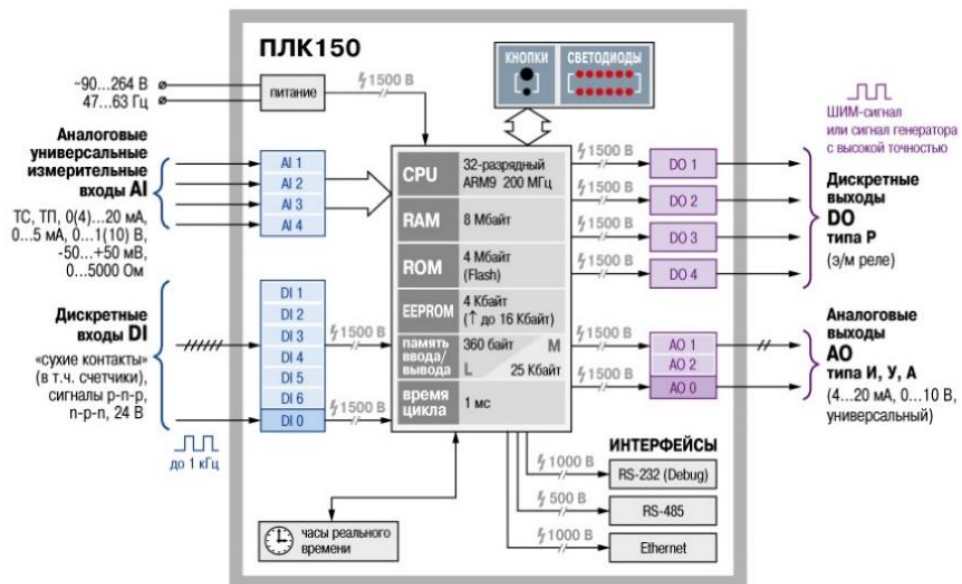


Рисунок 1.13 – Функциональная схема ПЛК150

Создание программ для контроллеров ОВЕН ПЛК150, и их конфигурирование осуществляется профессиональной системой программирования CODESYS v.2.3.6.1 и старше. Система программирования CODESYS для контроллеров ОВЕН распространяется бесплатно, и идет в комплекте с контроллерами.

CODESYS предоставляет встроенные специализированные редакторы для всех пяти языков МЭК 61131-3 и дополнительный CFC редактор:

- Список Инструкций (IL);

- Функциональные блочные диаграммы (FBD);
- Релейно-контактные схемы (LD);
- Структурированный текст (ST);
- Последовательные функциональные схемы (SFC);
- Непрерывные функциональные диаграммы (CFC).

Также отдельно можно выделить наличие встроенного OPC сервера, позволяющего наладить связь между контроллером и будущей SCADA систем.

Итогом выбора контроллера является ПЛК150. Основными причинами такого выбора являются:

- низкая стоимость;
- производство в России;
- наличие технической поддержки производителя;
- подавляющее количество устройств автоматизации на объекте производства ОВЕН;
- упрощается работа с поставщиком оборудования – формирование заказа для ПЛК150 и ПЧВЗ.

1.8 Выбор программного комплекса для реализации системы учета электроэнергии

Так как выбор остановился на контроллерах фирмы ОВЕН, для программирования и конфигурирования ПЛК используем программный комплекс CODESYS, поставляющийся в комплекте

Для визуализации отбора данных по учету электропотребления, взаимодействию с оператором и дальнейшей возможностью удаленного доступа через Internet используем SCADA пакет «SIMPLE-SCADA»

Пакет программ «SIMPLE-SCADA» предназначен для разработки и обеспечения работы в реальном времени систем сбора, обработки, отображения и архивирования информации об объекте управления.

Особенности:

- клиент-серверная архитектура;
- Web-клиент;
- работа с любыми OPC DA/UA серверами;
- широкий набор компонентов для быстрого создания мнемосхем;
- библиотека графики с изображениями в едином минималистичном стиле;
- работа с СУБД MySQL, MS SQL Server;
- система отчетов;
- гибкая система прав пользователей.

Выбор данного пакета SCADA основан на возможности работы с CODESYS OPC сервером, простого механизма визуализации, а также встроенного веб-клиента. Для веб-доступа необходимо наличие выделенного IP адреса и конфигурирования SCADA клиента. После того как настройки заданы, к серверу SIMPLE SCADA можно будет подключаться через браузер. В адресное поле браузера необходимо ввести адрес сервера и указать проект, к которому требуется подключиться.

Выделенный IP адрес можно получить у любого интернет провайдера, предоставляющего услуги на территории п. Самусь, в соответствии с установленной стоимостью. Безопасность соединения обеспечивается авторизацией пользователя при обращении к SCADA-системе.

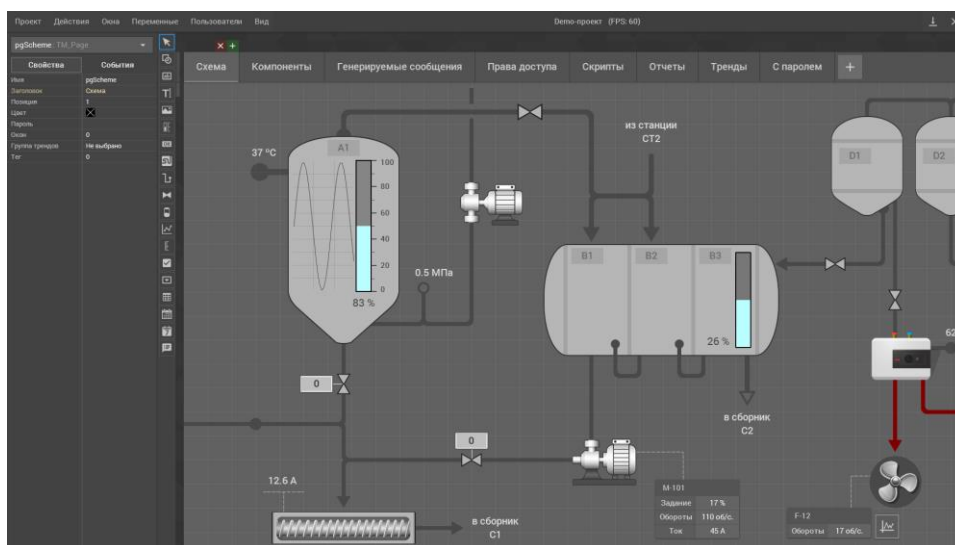


Рисунок 1.14 – Окно редактора с открытым стандартным демо-проектом

1.9 Работа с оборудованием и программным обеспечением

Внедрение системы учета электроэнергии в функционирующее предприятие влечет за собой изменение схем электрических соединений. Для электродвигателей, работающих под управлением преобразователей частоты в схему добавляются электрические соединения силовой части ПЧ. Структурная схема представлена на рисунке 1.15

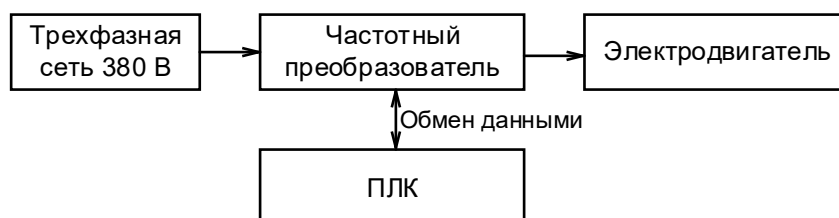


Рисунок 1.15 – Структурная схема включения ПЧ к электродвигателю

Для электроприемников, запуск которых осуществляется пускателями, в разрыв цепи устанавливаются трансформаторы тока. Схемы включения трансформаторов тока допускают их использования на двух фазах при симметричной нагрузке. Структурная схема представлена на рисунке 1.16.

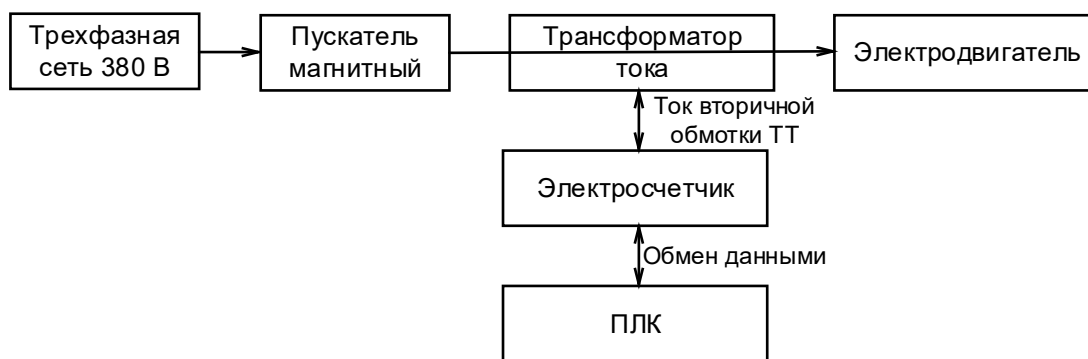


Рисунок 1.16 – Структурная схема подключения счётчиков электроэнергии

1.9.1 Подключение счетчиков электроэнергии

На рисунке 1.17 представлена схема включения счетчика электроэнергии «Энергомера» СЕ303 R33 543-JAZ, в соответствии с технической документацией [5].

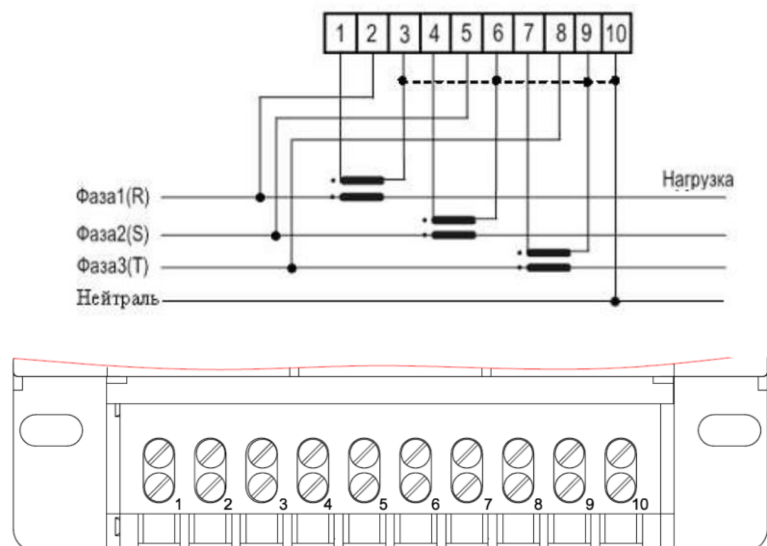


Рисунок 1.17 – Обозначение контактов счетчика и схема включения с использованием ТТ

Дальнейшие монтажные работы связаны с организацией связи с ПЛК. Работы по укладке линии связи выполняются с особенностями и рекомендованной топологии сети RS485. На рисунке 1.18 изображены контакты интерфейсной колодки.

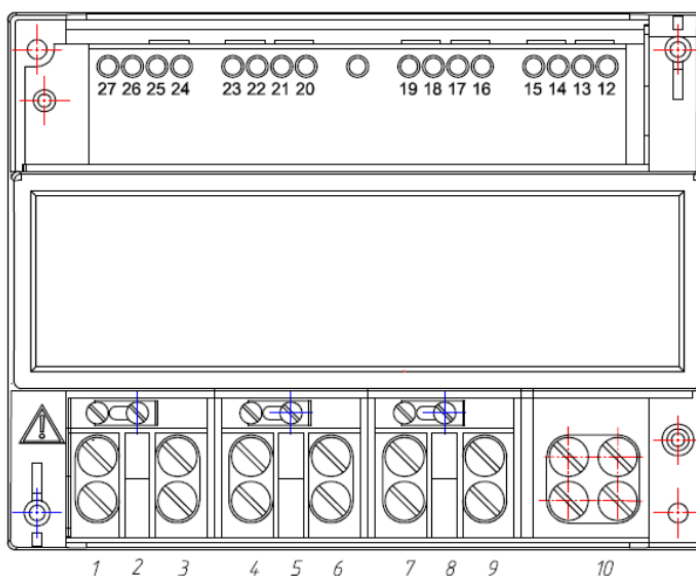


Рисунок 1.18 – Обозначение контактов счетчика

Контакты №15, 14 используются для подключения внешнего блока питания 9 В, 100 мА, “-” и “+”, соответственно.

Контакты №13, 12 – сигналы “В” и “А” подключения интерфейса RS485

1.9.2 Подключение частотных преобразователей

Общие принципы подключения частотных преобразователей ПЧВЗ и EI-P7012 основываются на пофазном соединении проводников между электродвигателем и сетью. Для питания электроники необходимо включение нейтрали. Также устанавливаются защитные аппараты требуемого номинала и селективности.

Ни рисунке 1.19 изображена схема электрических соединений ПЧВЗ. Контакты №69, 68 – сигналы “В” и “А” подключения интерфейса RS485

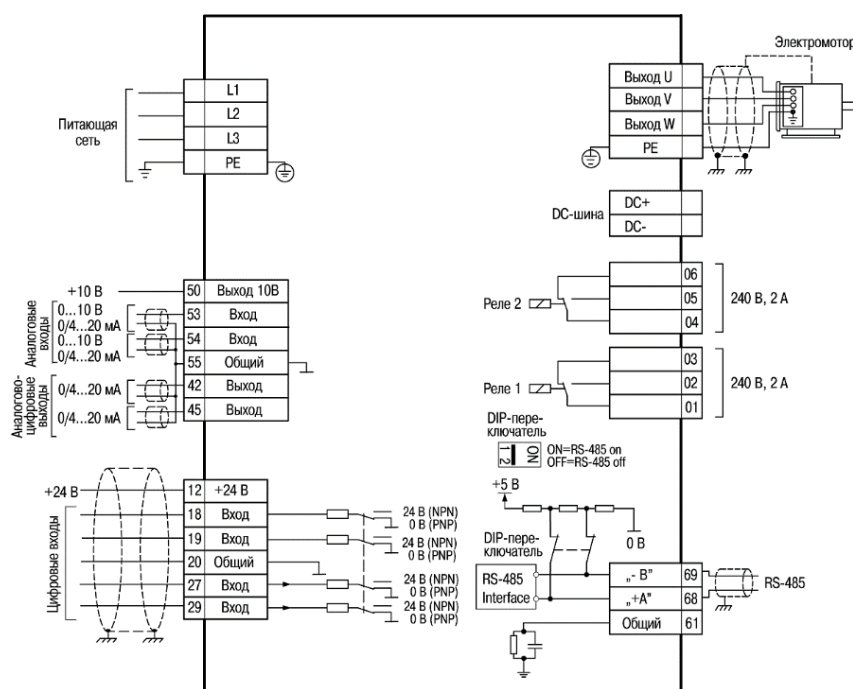


Рисунок 1.19 – Схема электрических соединений ПЧВЗ

Для ПЧ Веспер EI-P7012 предварительно устанавливается интерфейсный модуль. На модуле имеется клемма для подключения к линии RS485, с обозначениями “-” и “+”, для подключение соответствующих проводников.

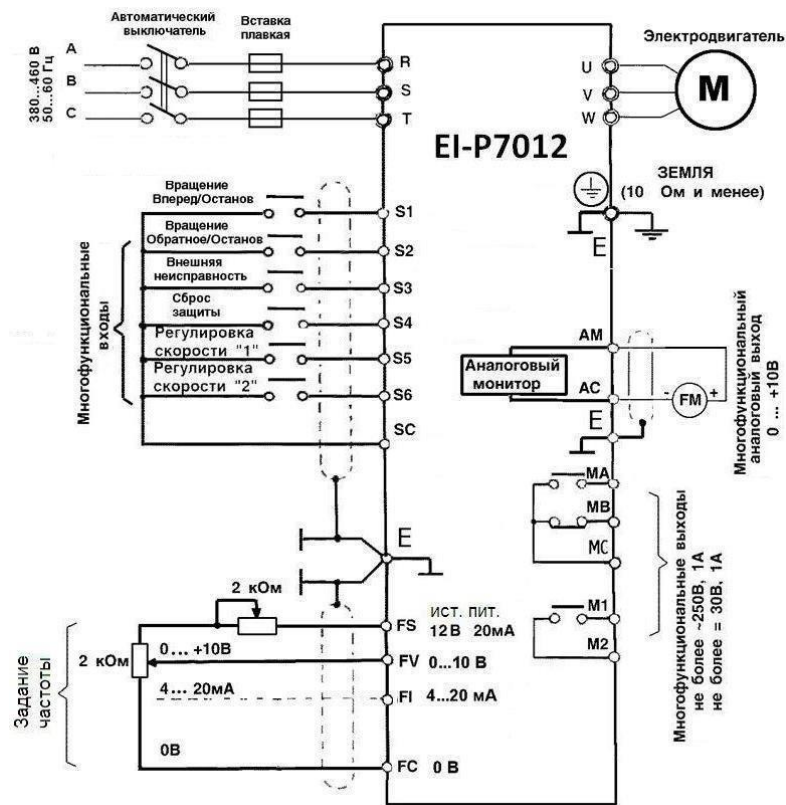


Рисунок 1.20 – Схема электрических соединений EI-P7012

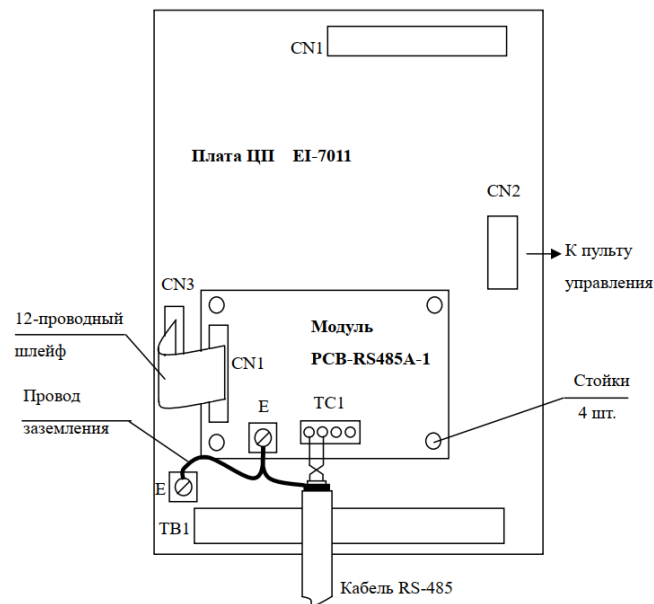


Рисунок 1.21 – Установка и подключение модуля PCB-RS485A-1 в ПЧ EI-7012

Общая структурная схемы системы учета электроэнергии представлена на рисунке 1.22

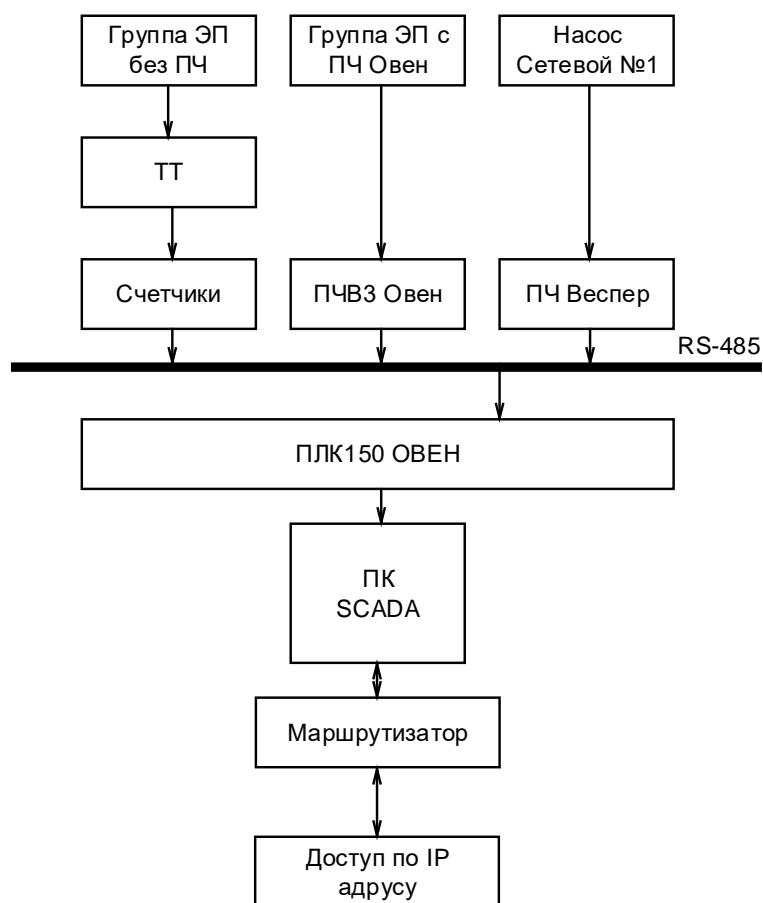


Рисунок 1.22 – Структурная схема

Общая схема отображает сформировавшийся комплекс технических средств, принцип работы, направления передачи данных.

1.10 Моделирование в лабораторных условиях

1.10.1 Построение системы учета на примере 2-х ПЧВ ОВЕН

Система учета электроэнергии воспроизведена в лабораторных условиях, на базе оборудования аудитории 025, 10 корпуса, в меньших масштабах. Используется лабораторный стенд, с установленными на нем двумя частотным преобразователем ПЧВ компании ОВЕН, контроллером ПЛК150 компании ОВЕН, а также персональный компьютер с установленным на нем специальным программным комплексом.

Подключение осуществляем по интерфейсу RS-485, используется провод типа «витая пара». Подключение осуществлено последовательно, что соответствует топологии сети.

Удаленный опрос и управление осуществляем с помощью ПЛК-150 ОВЕН. Управление происходит с использованием командного слова, опрос обращением к определенным регистрам.

Предварительно осуществляем настройку ПЧВ. Требуемые параметры указаны в таблице 1.6. В «прямоугольных» скобках указаны стандартные параметры. Жирным шрифтом выделены выбранные настройки.

Таблица 1.6 – Настройки связи ПЧВ

Общие настройки. Группа параметров для конфигурирования общих настроек связи.		
8-01	0 – 2 [0]	Место управления: 0 – цифровое управление и командное слово. 1 – только цифровой: использование цифрового входа в качестве управляющего. 2 – только командное слово.
8-02	0; 1 [1]	Источник командного слова: 0 – нет: функция не активна; 1 – RS485: источник командного слова управления создается через порт последовательной связи RS485.
Настройки порта. Параметры для конфигурирования порта ПЧВ		
8-30	0; 2 [0]	Протокол: используемый протокол; 0 – не используется; 2 – Modbus.
8-31	1 – 126; [1]	Адрес для шины. [1 - 126] – диапазон адреса шины ПЧВ;
8-32	0 – 4 [2]	Задаёт скорость передачи данных порта (бод). Значение выбирается из вариантов: – «0» – 2400; – «1» – 4800; – «2» – 9600 (по умолчанию) ; – «3» – 19200; – «4» – 38400.

Продолжение таблицы 1.6

8-33	0 – 3 [0]	<p>Задаёт контроль четности данных. Значение выбирается из вариантов:</p> <ul style="list-style-type: none"> – «0» – контроль четности отсутствует (по умолчанию); – «1» – проверка на нечетность; – «2» – контроль четности отсутствует, 1 стоповый бит; – «3» – контроль четности отсутствует, 2 стоповых бита.
------	--------------	--

Далее переходим к работе с ПЛК150. Используем программный комплекс CODESYS. Производим конфигурирование ПЛК для работы по протоколу Modbus с ПЧВ. Добавляем элемент Modbus (Master) (рисунок 24), внутри которого устанавливаем два устройства «PCHV#1-2» (рисунок 23). Каждое из устройств имеет предварительно настроенный уникальный в этой сети адрес (рисунок 25, 26). Для каждого подключенного устройства устанавливаем требуемые регистры, по которым будет осуществляться считывание данных, а также управление, если требуется.

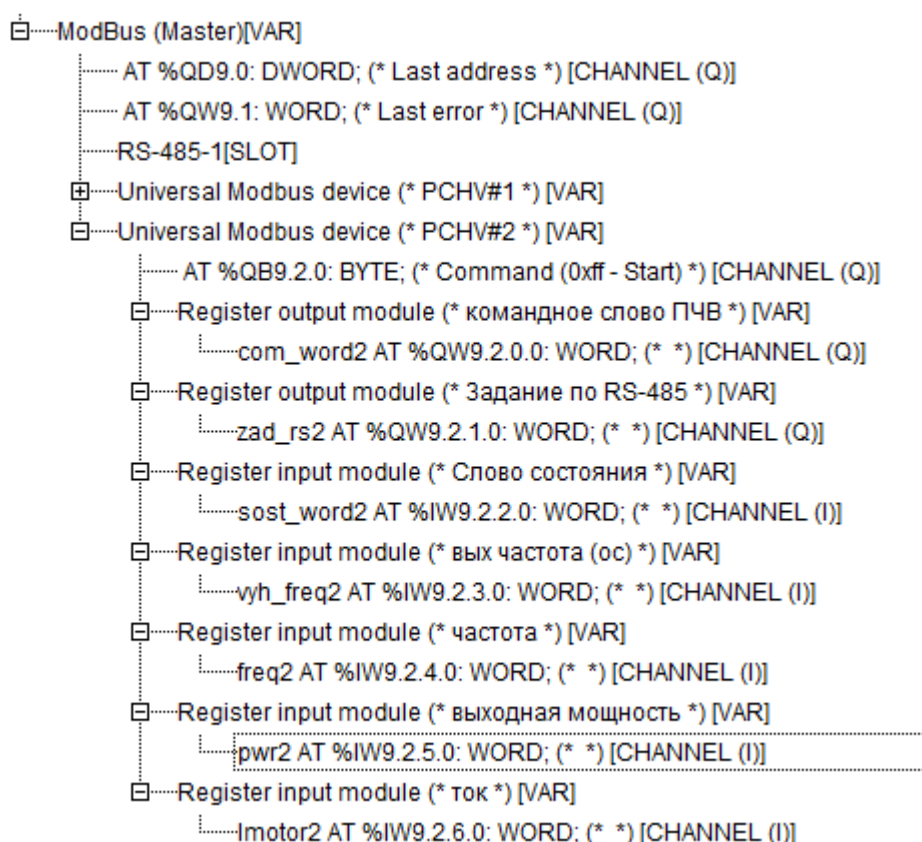


Рисунок 1.23 – Конфигурация ПЛК

Индекс	Имя	Значение	По умолч.	Мин.	Макс.
1	Communication speed	9600	11520		
2	Parity	NO PARITY...	NO PARITY C...		
3	Data bits	8 bits	8 bits		
4	Stop length	One stop bit	One stop bit		
5	Interface Type	RS485	RS485		
6	Frame oriented	RTU	ASCII		
7	Framing time ms	0	0	0	32000
8	Visibility	No	No		

Рисунок 1.24 – настройка интерфейса связи

Индекс	Имя	Значение	По умолч.	Мин.	Макс.
1	ModuleIP	10:0:0:223	10:0:0:223		
2	Max timeout	150	150	10	
3	TCPport	502	502		
4	NetMode	Serial	Serial		
5	ModuleSlaveAddress	10	1	0	255
6	Work mode	By poll time	By poll time		
7	Polling time ms	100	100	10	10000
8	Visibility	No	No		
9	Amount Repeat	0	0	0	100
10	Byte Sequence	Trace_mo...	Trace_mode		

Рисунок 1.25 – настройка ПЧВ №1, адрес 10

Индекс	Имя	Значение	По умолч.	Мин.	Макс.
1	ModuleIP	10:0:0:223	10:0:0:223		
2	Max timeout	150	150	10	
3	TCPport	502	502		
4	NetMode	Serial	Serial		
5	ModuleSlaveAddress	11	1	0	255
6	Work mode	By poll time	By poll time		
7	Polling time ms	100	100	10	10000
8	Visibility	No	No		
9	Amount Repeat	0	0	0	100
10	Byte Sequence	Trace_mo...	Trace_mode		

Рисунок 1.26 – настройка ПЧВ №2, адрес 11

В соответствии с задачей проекта, необходимо получать данные о потребляемой мощности подключенного электродвигателя. Для этого используется регистр под номером 16099 (рисунок 27). Значения, получаемые с этого регистра, отображают текущее потребление мощности в настоящий момент времени.

Инде...	Имя	Значение	По умолч.
1	Regist...	16099	0
2	Comma...	Read holding Register...	Read holding Registers
8	Visibility	No	No

Рисунок 1.27 – Регистр 16099 – потребляемая мощность

Всего в проекте создано 4 программы, три из них содержат алгоритм управление ПЧВ командными словами и преобразователи типов данных (из byte в word). Основной программой для подсчета потребления электроэнергии электродвигателем является «integr», составленная на языке FBD.

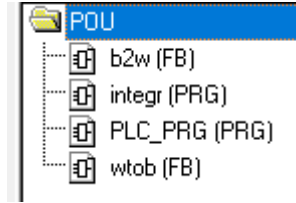


Рисунок 1.28 – Дерево проекта

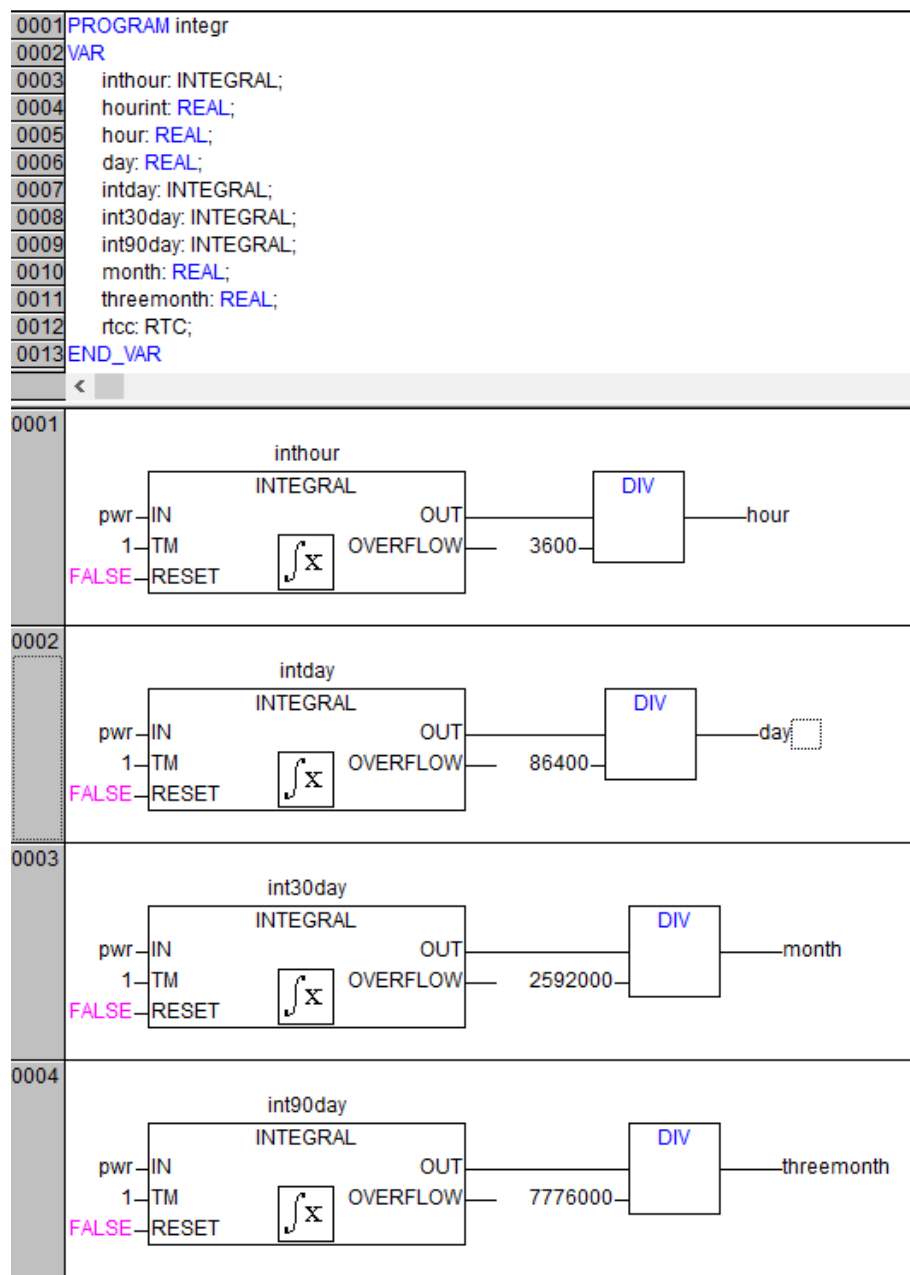


Рисунок 1.29 – Программа «integr» подсчета потребления электроэнергии

1.10.2 Работа со SCADA. Проект в SIMPLE SCADA

Для данной работы создаем проект для отображения данных о потребляемой мощности на компьютере. Кроме этого, добавим отображение частоты вращения вала двигателя и состояния ПЧВ.

SIMPLE-SCADA позволяет легко добавлять визуальные элементы для отображения параметров.

Дополнительно реализована возможность управления параметрами частотного преобразователя посредством командных слов. Использование стандартных командных слов позволяет осуществлять пуск, торможение, задание частоты вращения. Данные возможности использовались при моделировании системы учёта электроэнергии для управления электродвигателями и получения различных значений уровня потребляемой мощности.

Передача данных осуществляется через OPC сервер CODESYS.

н. п/п	Имя	Адрес	ID	OPC сервер
1	PLC1_freq	PLC1::freq	0	CoDeSys.OPC.02 (localhost)
2	PLC1_freq2	PLC1::freq2	2	CoDeSys.OPC.02 (localhost)
3	PLC1_pwr	PLC1::pwr	4	CoDeSys.OPC.02 (localhost)
4	PLC1_pwr2	PLC1::pwr2	6	CoDeSys.OPC.02 (localhost)
5	PLC1_PLG_PRG_freq_ok	PLC1:PLG_PRG.freq_ok	10	CoDeSys.OPC.02 (localhost)
6	PLC1_PLG_PRG_freq_ok2	PLC1:PLG_PRG.freq_ok2	11	CoDeSys.OPC.02 (localhost)
7	BITword		48	
8	hour1	PLC1:PLG_PRG.hour1	49	CoDeSys.OPC.02 (localhost)
9	hour2	PLC1:PLG_PRG.hour1	50	CoDeSys.OPC.02 (localhost)
10	hour3	PLC1:PLG_PRG.hour3	51	CoDeSys.OPC.02 (localhost)
11	day1	PLC1:PLG_PRG.day1	52	CoDeSys.OPC.02 (localhost)
12	day2	PLC1:PLG_PRG.day2	53	CoDeSys.OPC.02 (localhost)
13	day3	PLC1:PLG_PRG.day3	54	CoDeSys.OPC.02 (localhost)
14	month1	PLC1:PLG_PRG.month1	55	CoDeSys.OPC.02 (localhost)
15	month2	PLC1:PLG_PRG.month2	56	CoDeSys.OPC.02 (localhost)
16	month3	PLC1:PLG_PRG.month3	57	CoDeSys.OPC.02 (localhost)
17	threemonth1	PLC1:PLG_PRG.threemonth1	63	CoDeSys.OPC.02 (localhost)
18	threemonth2	PLC1:PLG_PRG.threemonth2	64	CoDeSys.OPC.02 (localhost)
19	threemonth3	PLC1:PLG_PRG.threemonth3	65	CoDeSys.OPC.02 (localhost)
20	threemonth4	PLC1:PLG_PRG.threemonth4	66	CoDeSys.OPC.02 (localhost)
21	year1	PLC1:PLG_PRG.year1	67	CoDeSys.OPC.02 (localhost)

Рисунок 1.30 – Окно выбора переменных OPC сервера

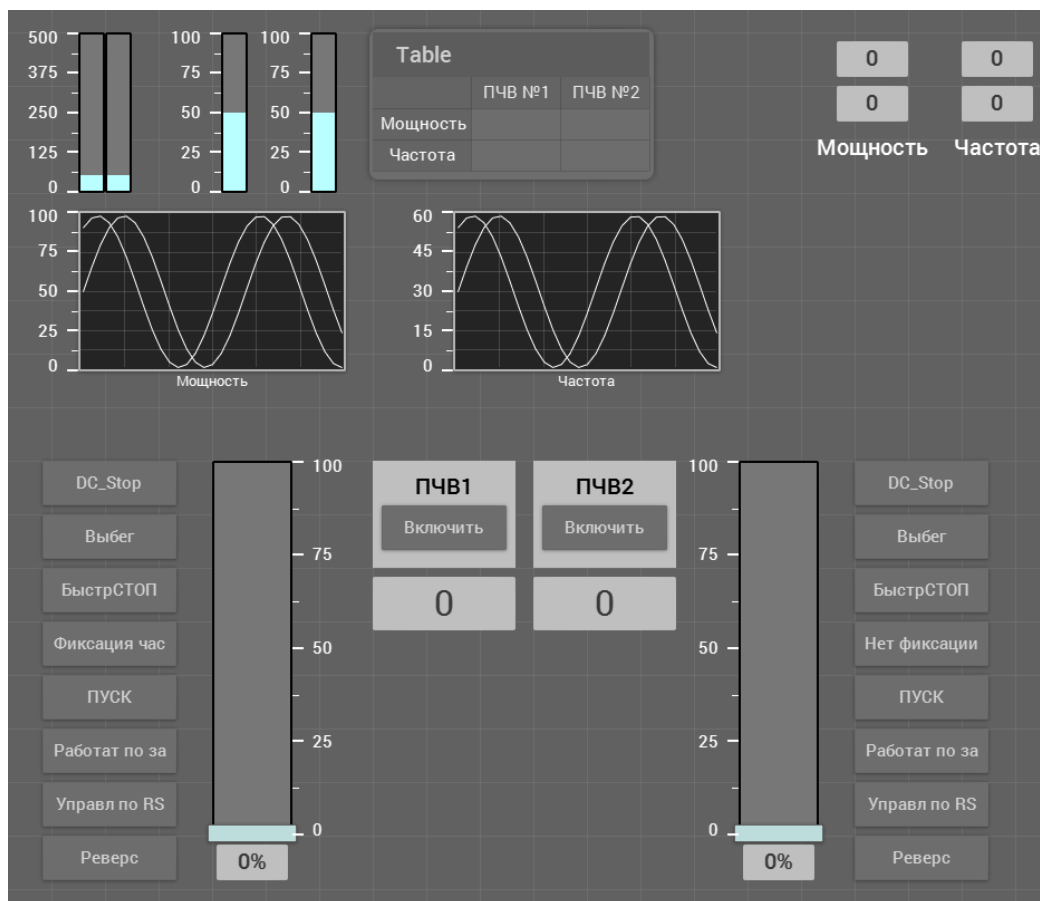


Рисунок 1.31 – Окно клиента с отображением данных

1.11 Выводы о внедрении системы учета электроэнергии

Основные цели внедрения системы учета электроэнергии:

- измерять объемы потребленной электроэнергии;
- контролировать почасовой, посуточный, недельный расход электрической энергии;
- осуществлять автоматический сбор, обработку и хранение данных об объемах потребленной электроэнергии;
- рассчитывать балансы электроэнергии и контролировать «утечки» электроэнергии;
- анализировать потребление электроэнергии;
- получать мгновенную информацию обо всех возможных неисправностях учета.

Наличие такой системы позволяет реализовать автоматизированное оперативное диспетчерское управление и контроль, повысить оперативность аварийных служб, а используя косвенные расчетные методики и анализ – организовывать планово-предупредительные ремонты и планировать техническое перевооружение предприятия.

Система учета электроэнергии позволяет получить полную картину энергопотребления и распределения энергоресурсов, создает инвестиционную привлекательность предприятия и предоставляет возможность решить весь комплекс задач по оптимизации энергоснабжения объектов.

Особое место в энергоэффективности занимает внедрение современного оборудования, имеющее тенденцию уменьшения внутренних потерь, повышенным КПД. А в случае оборудования, имеющем на своем борту силовые преобразовательные устройства, стоит вопрос об обеспечении оптимального внутреннего или внешнего управления.

Преобразователи частоты чаще всего (до 70 %) применяются в системах управления насосами и вентиляторами. Использование ПЧ в таких системах позволяет не только оптимизировать технологический процесс, но и экономить значительные средства. Поэтому применение частотных преобразователей Овен и Веспер позволяет получить возможность создать эффективное управление оборудованием, и как итог оптимизации управления – сокращение электропотребления.

Максимально возможный эффект энергосбережения при использовании в частотных преобразователях обеспечивается за счет:

- автоматического регулирования скорости вращения привода;
- встроенных функций оптимизации энергопотребления;
- автоматической адаптации к параметрам двигателя;
- программной гибкости регулирования;
- сниженных тепловых потерь в силовом преобразователе;
- фильтраций токов гармоник.

Реальное снижение энергопотребления может достигать 35 %.

Расход (воды, пара, воздуха и т.п.) регулируется путем изменения числа оборотов. Расход прямо пропорционален числу оборотов, поэтому при уменьшении скорости на 20 % относительно номинальной расход уменьшается также на 20 %. В то же время потребление электроэнергии снижается на 50 %. Зависимость расхода, давления и энергопотребления от числа оборотов показана на рисунке 1.32.

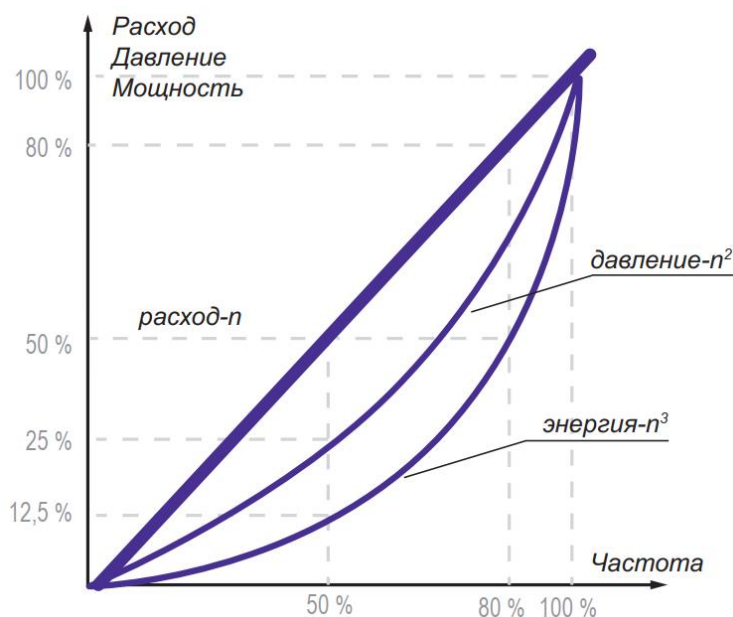


Рисунок 1.32 – Зависимость расхода, давления и энергопотребления от числа оборотов

Электроприводы механизмов потребляют не менее 20–25 % всей вырабатываемой электроэнергии и в большинстве случаев остаются нерегулируемыми, что не позволяет обеспечить режим рационального энергопотребления и расхода (воды, пара, воздуха и т.п.). Силовое оборудование обычно выбирается на максимальную производительность, в действительности же его среднесуточная загруженность может составлять около 70–80 % от номинальной мощности.

Применение частотно-регулируемого асинхронного электропривода в насосных и вентиляторных установках дает следующие преимущества:

- Экономия электроэнергии – до 60 %;

- Экономия транспортируемого продукта за счет снижения непроизводительных расходов – до 25 %;
- Снижение аварийности гидравлической или пневматической сети за счет поддержания минимально необходимого давления;
- Снижение аварийности сети и снижение аварийности электрооборудования за счет устранения ударных пусковых токов;
- Снижение уровня шума, создаваемого технологическим оборудованием;
- Удобство автоматизации;
- Удобство и простоту внедрения.

1.11.1 Калькулятор энергосбережения для ОВЕН ПЧВ

Для подбора ОВЕН ПЧВ под задачу и расчета примерных сроков окупаемости внедрения частотных преобразователей компания ОВЕН предлагает использовать программу «Калькулятор энергосбережения для ОВЕН ПЧВ».

Основные функции программы:

- Подбор нужной модификации ПЧВ под конкретную задачу и привода с учетом потребляемого тока, мощности и технологических особенностей;
- Расчет энергосбережения при внедрении ПЧВ в системы управления насосами, вентиляторами и компрессорами. Программа позволяет рассчитать срок окупаемости ПЧВ и ежегодное энергосбережение при внедрении частотного преобразователя. В алгоритме расчета задается дневной, недельный и годовой циклы нагрузки;
- Возможность формирования отчета в удобном пользователю формате.

Программа «Калькулятор энергосбережения для ОВЕН ПЧВ» размещена на сайте компании ОВЕН в свободном доступе. Кроме того, программа в комплекте с ПЧВ.

Для разрабатываемого проекта производим расчет энергосбережения. Расчет будет произведён для дымососа №1 по данным таблицы 1.1. Число часов нагрузки в год 3495 ч., что примерно составляет 9 часов в сутки. Частотный преобразователь ранее выбран ПЧВ3-45К-В.

Первым этапом является выбор области применения ПЧВ. Дымосос можно отнести к типу «Вентиляторы» (рисунок 1.33). Отличие дымососов от вентиляторов может заключаться в большей плотности дымовых газов, относительно чистого воздуха, что вызывает увеличенную нагрузку на электродвигатель.



Рисунок 1.33 – Окно выбора применения ПЧ

Задаем основные параметры расчета (рисунок 1.34). Указываем тип выбранного ПЧВ. Стоимость электроэнергии составляет для предприятий на Территории томской области 3,5 руб.

Окно распределения суточной нагрузки представлен на рисунок 1.35. Установленный уровень нагрузки соответствует 3495 часам в год.

Выбор ПЧВ:

Основные параметры расчета:

ПЧВ	ПЧВ3-45К-В-5 ▾
Мощность двигателя, кВт	45
Ток двигателя, А *	90
Стоимость электроэнергии, руб/кВт*час	4
Средняя нагрузка системы в день, % *	37

Рисунок 1.34 – Окно выбора мощности ПЧВ и параметров потребления электроэнергии

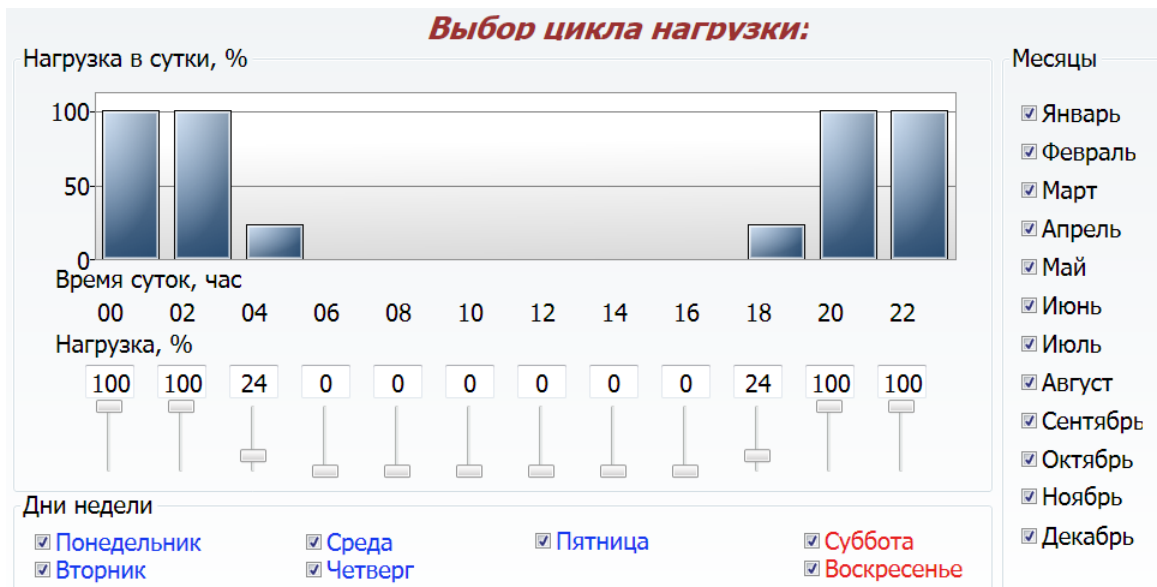


Рисунок 1.35 – Формирования цикла нагрузки

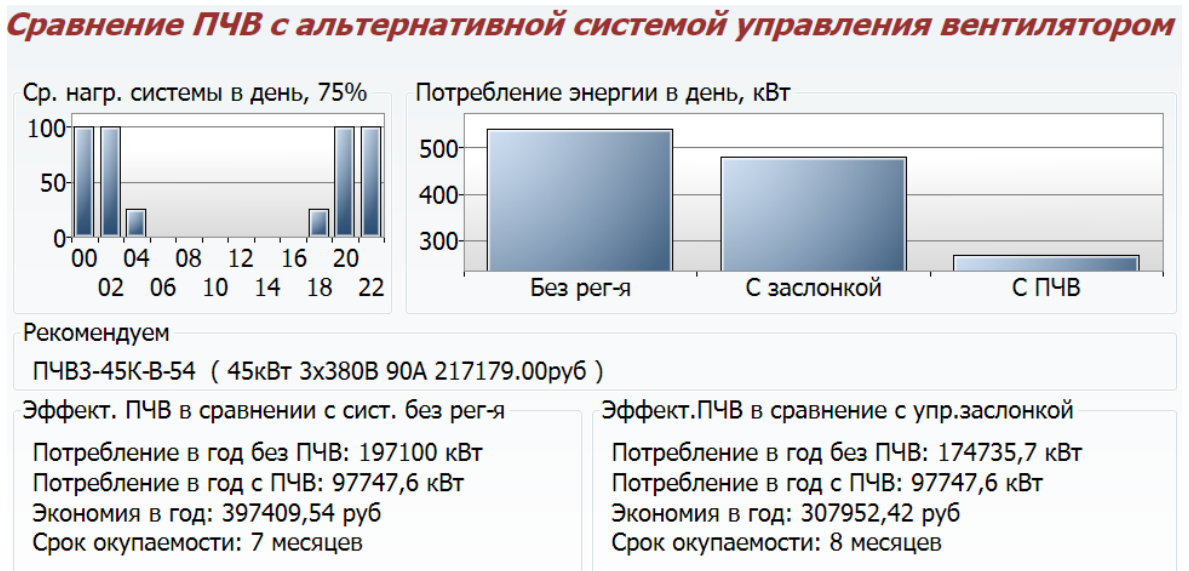


Рисунок 1.36 – Выводы об эффективности внедрения ПЧВ

Результатом вычисления являются данные об эффективности внедрения ПЧВ. Сравниваются потребление электроэнергии работы насоса без регулирования, с регулированием заслонкой. Производится расчет окупаемости ПЧВ – получили срок в 7-8 месяцев. Что говорит об эффективности внедрения частотных преобразователей, особенно на долгосрочный период эксплуатации.

2 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

В выпускной квалификационной работе разрабатывается система учета электрической энергии котельной. Изучаются различные варианты учета, используемое оборудование и программные решения. Производится выбор приборов учета, способа сбора данных, с возможностью удаленного доступа к ним. Разрабатываемую систему учета предполагается использовать в котельной, расположенной в п. Самусь Томской области.

Система учета электроэнергии воспроизведена в лабораторных условиях, на базе оборудования аудитории 025, 10 корпуса, в меньших масштабах. Используется лабораторный стенд, с расположенным на нем частотным преобразователем ПЧВ компании ОВЕН, контроллером ПЛК150 компании ОВЕН, а также персональный компьютер с установленным на нем специальным программным комплексом.

2.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Нормы трудового права – это правила трудовых отношений, установленные или санкционированные государством посредством законодательных актов. Нормы трудового права регулируют любые отношения, связанные с использованием личного труда.

Формы их реализации разнообразны:

- трудовая деятельность;
- организация труда и управление им;
- трудоустройство работников;
- социальное партнерство, коллективные отношения;
- содействие занятости безработных лиц;
- организация профессиональной подготовки и повышения квалификации;
- обеспечение мер по охране труда граждан;

- осуществление контроля и надзора за соблюдением законодательства;
- социальная и правовая защита работников, решение трудовых споров;
- деятельность профессиональных союзов;
- отношения взаимной материальной ответственности работника и работодателя;
- защита прав и интересов работодателей

Работу в лаборатории можно отнести к безопасным, допустимым условиям труда (2 класс), в соответствии с классификацией условий труда [12]. 2 класс предполагает наличие вредных факторов, уровни которых не превышают допустимых уровней условий труда, а полученное вредное воздействие теряет силу во время отдыха работника.

Разработка технического решения предполагает работу с использованием ЭВМ более 50% времени от общей загруженности работы. Для такого режима необходимо наличие перерывов в рабочем времени. В соответствии с п. 1.2 Приложения № 7 к СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [13], при 8-часовой рабочей смене суммарное время перерывов составляет от 50 до 90 минут. Рекомендуется равномерно распределять время перерывов в течение всего рабочего времени. Кроме того, рекомендуется использовать возможность чередования работы и выполнять работу без использования ЭВМ

При выполнении работы общее время деятельности в лаборатории не превышало 5 часов в день. Были организованы перерывы длительностью 10 минут каждый час.

Вопрос о наличии компенсаций и выплат возникает только при вредных условиях работы (3 класс и выше). Так как общий уровень вредных факторов не превышает показателей, установленных гигиеническими нормативами для рабочих мест компенсации и дополнительные выплаты не предусмотрены.

2.1.1 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

Основная деятельность связана с взаимодействием с персональным компьютером. Основные мероприятия связаны с оптимальным расположением устройств ввод-вывода ЭВМ и организацией пространства.

Работающий за ПЭВМ должен сидеть прямо, опираясь в области нижнего края лопаток на спинку кресла, с небольшим наклоном головы вперед (до 5-7°). Предплечья должны опираться на поверхность стола, снимая тем самым статическое напряжение плечевого пояса и рук.

Рабочее место должно быть оборудовано подставкой для ног, имеющей ширину не менее 300 мм, глубину не менее 400 мм, регулировку по высоте в пределах до 150 мм и по углу наклона опорной поверхности подставки до 20°. Поверхность подставки должна быть рифленой и иметь по переднему краю бортик высотой 10 мм.

Также нормируется положение относительно монитора. Дистанция от экрана до глаз должно быть в диапазоне от 0,6 м. до 0,7 м. При этом должна предусматриваться возможность регулировки экрана по высоте и по наклону, для получения оптимального угла взгляда.

К помещениям, где находятся ЭВМ, предъявляются требования по наличию достаточной площади места оператора. Так, при продолжительности работы менее 4 часов в день допускается минимальная площадь 4,5 м² на одно рабочее место пользователя.

2.2 Профессиональная социальная ответственность.

2.2.1 Анализ вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования

Согласно номенклатуре, опасные и вредные факторы по ГОСТ 12.0.003-2015 делятся на следующие группы:

- физические;

- химические;
- психофизиологические;
- биологические.

Перечень опасных и вредных факторов, влияющих на работника в заданных условиях деятельности, представлен в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Опасные и вредные факторы при выполнении работ

Факторы	Этапы работ		Нормативные документы
	Разработка	Эксплуатация	
Отклонение показателей микроклимата	+		Гигиенические требования к микроклимату СанПиН 2.2.4-548-96 [15]
Отсутствие или недостаток естественного света	+		Нормы естественного и искусственного освещения предприятий, СНиП 23-05-95 [16]
Электромагнитные поля	+		Гигиенические требования к ПЭВМ и организации работы, СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [13]
Электрический ток		+	Защитное заземление, зануление, ГОСТ 12.1.030–81 ССБТ [20]

Работа на этапе разработки производилась в учебной лаборатории с использованием ЭВМ.

При выполнении данной работы, кроме работы с ЭВМ, предполагается деятельность, связанная с первичной настройкой оборудования, монтаж проводок. Монтаж проводок представляет собой соединение установленного оборудования лаборатории в соответствии с необходимой схемой включения. Дальнейшее проведение исследования связано с запуском промышленного электроприемника (электродвигатель), и регистрацией показателей

электроэнергии. Управление и питание электродвигателя осуществляется с помощью частотного преобразователя, запитанного от однофазной сети 220 В, с применением заземления.

Опасные факторы электрического тока, возникающие во время проведения эксперимента, отнесены к этапу эксплуатации.

Перечисленные факторы могут негативно повлиять на здоровье работника, могут стать причиной получения травм. Кроме того, могут привести к возникновению аварийной ситуации.

2.2.2 Обоснование мероприятий по защите исследователя от действия опасных и вредных факторов

2.2.2.1 Температура и влажность

Температура и влажность помещения относятся к микроклиматическим показателям. Производимые работы можно отнести к категории лёгких работ по СанПиН 2.2.4.548-96 [15]. В соответствии с временем года и категорией тяжести работ определены параметры микроклимата согласно требованиям вышеуказанного документа. Данные требования приведены в таблице 2.3.

Таблица 2.3 – Требования к микроклиматическим показателям помещений

Время года	Температура, °С				Относительная влажность, %		Скорость движения воздуха, м/с		
	Оптimum	Допуски				Оптimum	Допуск	Оптimum	Допуск
		Макс.		Мин.					
Холодное	(22 – 24)	25	26	21	18	(40 – 60)	75	0,1	0,1
Теплое	(23 – 25)	28	30	22	20	(40 – 60)	70	0,1	0,1

Во время проведения работы, средняя температура в лаборатории составляла 23°С, что входит в рамки допусков. Наличие приточной

вентиляции позволяет поддерживать относительную влажность воздуха в оптимальных пределах. Таким образом, микроклимат в помещении полностью соответствует требованиям. Отсутствует необходимость в организации мероприятий по улучшению этих показателей

2.2.2.2 Естественное и искусственное освещение

Помещение аудитории находится на цокольном этаже 10 корпуса. Естественное освещение обеспечивается окном площадью 1 м². Источником искусственного освещения являются 8 светильников ИЕК «ДВО-36w 595x595x20 6500К 3100Лм».

С помощью измерительного инструмента типа «рулетка» заранее измерены размеры помещения аудитории 025 – длина 5,4 м, ширина 4,6 м, высота 3 м, площадь, соответственно, составляет 25,1 м².

По СП 52.13330.2016 рабочее место должно иметь естественное и искусственное освещение [16]. При работе должен быть отчетливо виден процесс деятельности, без напряжения зрения и прямого попадания лучей источника света в глаза. Работа за компьютером относится к IV разряду зрительной работы средней точности. Наименьший размер объекта различения составляет 0,5 – 1 мм. По нормам рекомендуемая освещенность помещения для данного разряда 400 лк (таблица 3).

Таблица 2.4 – Рекомендуемая освещенность учебного помещения

Разряд зрительной работы	Характеристика	Подразряд	Освещенность, лк
IV	Средней точности	Б	400

Требования к освещению рабочих мест, оборудованных персональным компьютером, показаны в таблице 2.5 в соответствии с нормами госта СП 52.13330.2016 [16].

Таблица 2.5 – Требования к освещению рабочих мест с ЭВМ

Освещенность на рабочем месте	(300 – 500) лк
Освещенность на экране ПК	≤ 300 лк
Блики на экране	≤ 40 кд/м ²
Прямая блёскость источника света	200 кд/м ²
Показатель ослепленности	≤ 20
Показатель дискомфорта	≤ 15
Отношение яркости: Между рабочими поверхностями	(3:1 – 5:1)
Между поверхностями стен и оборудования	10:1
Коэффициент пульсации	$\leq 5\%$

Произведем расчет необходимого количества светильников методом коэффициента использования светового потока. Выбор этого метода основан на том, что помещение не имеет затеняющих перегородок и будут учитываться только его известные параметры – точное количество ламп, их мощность и размеры помещения.

Метод коэффициента использования предназначен для расчета общего равномерного освещения горизонтальных поверхностей при отсутствии крупных затеняющих предметов. Суть метода заключается в вычислении коэффициента для каждого помещения, исходя из основных параметров помещения и светоотражающих свойств отделочных материалов, учитывается как прямой, так и отраженный свет. Недостатками такого метода расчета являются высокая трудоемкость расчета и невысокая точность. Таким методом производится расчет внутреннего освещения [17].

Основной формулой является [17]:

$$\Phi_{л} = \frac{E \cdot k \cdot S \cdot Z}{N \cdot \eta} \quad (2.1)$$

Которая преобразуется в формулу для определения количества светильников:

$$N = \frac{E \cdot k \cdot S \cdot z}{\Phi \cdot \eta}, \quad (2.2)$$

где N – количество светильников; E – освещенность помещения согласно СП 52.13330.2016 [16]; S – площадь помещения; k – коэффициент запаса; z – коэффициент минимальной освещенности (коэффициент неравномерности освещения); η – коэффициент использования светового потока в долях единицы; Φ_l – световой поток одной лампы.

Определение коэффициента запаса осуществляем по таблице 2.6. Данные для таблицы 5 взяты в таблице 3 [16].

Таблица 2.6 – Коэффициент запаса

Помещения и территории	Примеры помещений	Коэффициент запаса
Производственные помещения с особым режимом по чистоте воздуха при обслуживании светильников: с нормальными условиями среды.	Кабинеты и рабочие помещения, жилые комнаты, учебные помещения, лаборатории, читальные чалы, залы совещаний, торговые залы и т.д.	1,4

Помещение лаборатории относится к помещению с нормальными условиями среды, и вне зависимости от эксплуатационной группы светильников, коэффициент запаса равен 1,4 [16]. Принимаем величину коэффициента запаса $k = 1,4$.

Коэффициент z , характеризующий неравномерность освещения, является функцией многих переменных и в наибольшей степени зависит от отношения расстояния между светильниками к расчетной высоте ($L:h$), с увеличением которого сверх рекомендуемых значений z резко возрастает.

Расстояние между светильниками составляет 1 метр. Расчетную высоту – 3 метра (полное расстояние от светильника до расчётной поверхности –

пола). Получаем соотношение равное 0,33. Сравниваем с рекомендуемыми значениями соотношения, используя таблицу 4-16 [17].

Полученное соотношение не превышает указанного минимальное значения. При $L:h$, не превышающем рекомендуемых значений, можно принимать z равным 1,15 для ламп накаливания и ДРЛ и 1,1 для люминесцентных ламп при расположении светильников в виде светящихся линий [17]. Для светодиодных светильников допускается принять $z = 1,0$ [18]. Так как в помещении используются светодиодные светильники, то принимаем $z = 1$.

Для определения коэффициента использования η находится индекс помещения i и предположительно оцениваются коэффициенты отражения поверхностей помещения: потолка – ρ_n , стен – ρ_c , расчетной поверхности или пола – ρ_p .

Индекс находится по формуле:

$$i = \frac{AB}{h(A+B)} = \frac{5,4 \cdot 4,6}{3 \cdot (5,4 + 4,6)} = 0,83, \quad (2.3)$$

где A – длина помещения; B – его ширина; h – расчетная высота.

Потолок помещения побелен, стены оклеены светлыми обоями, на полу линолеум коричневого цвета. Используя таблицу 5-1 [17], определяем значения коэффициентов отражения. И получаем значения $\rho_n = 70\%$, $\rho_c = 50\%$, $\rho_p = 30\%$

Используя полученные значения, и учитывая кривую силу света D светодиодных светильников «IEK» [19], по таблице 2.7 определяем коэффициент использования. Данные для таблицы 6 берем из таблицы 5-19 [17].

Принимаем величину коэффициента использования $\eta = 54\%$

Требуемая освещенность E помещения по таблице 2.5 принимаем равной 400 лк.

Световой поток светодиодного светильника равна 3100 лм [19].

Таблица 2.7 – Значение коэффициента использования

Типовая кривая	Косинусная Д
$\rho_n, \%$	70
$\rho_c, \%$	50
$\rho_p, \%$	30
i	
0,5	36
0,6	43
0,7	48
0,8	54
0,9	57
1,0	60
3,0	93
5,0	105

В итоге производим расчет количества светильников:

$$N = \frac{E \cdot k \cdot S \cdot z}{\Phi \cdot \eta} = \frac{400 \cdot 1 \cdot 25,1 \cdot 1}{3100 \cdot 0,54} = 5,99 \quad (2.4)$$

По результатам вычисления видим, что минимальное количество светильников составляет 6 штук. При этом, в лаборатории установлены 8 светильников. Таким образом уровень помещения достаточен.

2.2.2.3 Электромагнитные излучения

Работа персонального компьютера вызывает образования вокруг него электромагнитного поля. Согласно СанПиН 2.22.542-96 [15] напряженность электромагнитного поля на расстоянии 50 см вокруг монитора по электрической составляющей должна быть не более: в диапазоне частот 5 Гц ÷ 2 кГц – 25 В/м; в диапазоне частот 2 кГц ÷ 400кГц – 2,5 В/м. Плотность магнитного потока должна быть не более: в диапазоне частот 5 Гц ÷ 2 кГц – 250 нТл; в диапазоне частот 2 кГц ÷ 400кГц – 25 нТл.

Для ослабления влияния на работника рекомендуются следующие методики и средства:

- использование современных жидкокристаллических мониторов, у которых излучение значительно меньше относительно мониторов с ЭЛТ
- расположение монитора и системного блока компьютера максимально удаленно от оператора
- сокращение времени работы за компьютером и увеличение количества перерывов в работе
- дополнительное экранирование электрических частей

2.2.2.4 Электрическое воздействие

Оборудование, генерирующее электроэнергию или включенное в сеть переменного напряжения, может быть источником опасности поражения электрическим током. При этом наличие заземление и защитные аппараты не исключают возможность создания опасного воздействия, поэтому требуется следовать правилам эксплуатации электрооборудования.

Согласно с СанПиН 2.2.2/2.4.1340–03 [13] рабочие места с ПЭВМ должны быть оборудованы защитным занулением; подача электрического тока в помещение должна осуществляться от отдельного независимого источника питания; необходима изоляция токопроводящих частей и ее непрерывный контроль; должны быть предусмотрены защитное отключение, предупредительная сигнализация и блокировка. Использование другого электрооборудования также требует заземления и защитного зануления [20].

Помещение, в котором расположено рабочее место, соответствует основным правилам защиты от поражения электрическим током [21].

При этом, согласно п. 1.1.13 ПУЭ [22], помещение лаборатории соответствует первому классу – «помещения без повышенной опасности»

Эта группа включает в себя любой тип помещения, отвечающего следующим условиям:

- Низкая влажность, как правило, не превышающая 60,0%.

- Допускается наличие климатических систем, включая вентиляцию и отопление.

- Покрытие пола должно быть выполнено только из диэлектрических материалов. То есть, земляные, железобетонные и металлические полы исключаются.

- Температура воздуха до 30,0°C.
- Отсутствует выделение технологической пыли.
- В воздухе не присутствуют химически активные вещества.

В помещении отсутствуют факторы, которые могут повлиять на снижение уровня электробезопасности.

Используемое оборудование не имеет открытые токоведущие части, используется заземление. На вводе установлен защитный аппарат – устройство защитного отключения (УЗО) [23].

2.3 Экологическая безопасность

Весь процесс разработки системы учета электроэнергии и создание модели в лабораторных условиях реализован в помещении учебной лаборатории. Использование оборудования, в соответствии с инструкцией по эксплуатации, и другие ресурсы не производят вредного воздействия на природу. Отсутствуют вредные воздействия на атмосферу, гидросферу и литосферу

2.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

2.4.1 Анализ вероятных чрезвычайных ситуаций

Одна из возможных причин ЧС является возникновение пожара. Основное оборудование являются ЭВМ, частотный преобразователь и электродвигатель. Все оборудование является потребителем электроэнергии, что может повлечь возникновение локального возгорания и его дальнейшего распространения. Это может произойти как от неисправности, так и от

неправильной эксплуатации оборудования. Причиной возгорания является короткое замыкание, либо перегрев оборудования с дальнейшим контактом с легковозгораемыми материалами. Другие опасные факторы возгорания в лаборатории не выявлены. На месте работы отсутствовали открытые источники огня, жидкое или газообразное топливо.

Помещение лаборатории относится к категории В (пожароопасные), в соответствии с нормами пожарной безопасности [24].

2.4.2 Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС

Основные мероприятия, связанные с предотвращением возникновения возгорания являются [25]:

- соблюдение правил противопожарной безопасности
- соблюдение требований и правил использования электрооборудования, проведения регулярного технического контроля
- использование негорючих или не поддерживающих горение материалов
- применение средств извещения о возникновении пожара
- организация системы пожаротушения и дымоотвода

В случае возникновения пожара требуется необходимо:

- обеспечить эвакуацию из помещения
- сообщить в пожарную часть
- обесточить электрооборудование
- принять меры по тушению пожара.
- сообщить своему руководителю

Эвакуация осуществляется в соответствии с планом, размещенным в заметных местах здания. При возможности использовать углекислотный огнетушитель типа ОУ-5, расположенный в специальном месте.

Выводы по разделу

Изученные материалы в разделе позволяют обеспечить безопасность проведения работ для здоровья человека. Рассмотрены возможные источники вредных факторов и их методы устранения.

Проведена оценка рабочего места в учебной лаборатории по наличию источников вредных факторов и средств противодействия. Рассмотренные параметры помещения обеспечивают влияние вредных факторов в пределах нормы.

Так же, при проведении работы были обязательно соблюдены меры по предотвращению возникновения ЧС.

3 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСΟΣБЕРЕЖЕНИЕ

При проектировании любого объекта необходимо провести экономическую оценку по данному проекту. Нужно определить количество ресурсов для реализации проекта, трудоемкость выполнения работ и другие немаловажные экономические показатели.

Данный раздел посвящен оценке экономической эффективности разработки системы учета электроэнергии.

В данном разделе потребуется решить следующие задачи:

- Планирование и организация научного исследования (НИ);
- Расчѐт бюджета НИ.

3.1 Организация и планирование работ

При разработке проекта необходимо рациональное распределение видов работы, а также оптимально определить уровень загрузки исполнителей. Некоторые виды деятельности могут быть выполнены одним участником, некоторые совместно. В этом случае также определяется нагрузка исполнителей.

Для реализуемого проекта необходимо определить этапы работы, их последовательность и загрузке участников. Основные исполнители – научный руководитель (НР) и студент (С) [26]. Все данные содержатся в таблице 3.1.

На первом этапе происходит постановка цели и задачи исследования – разработка системы учета электроэнергии с возможностью удаленного доступа. Изучаются исходные данные, описание объекта внедрения системы. Тематика выбирается научным руководителем и обсуждается со студентом.

На втором этапе студент производит поиск научной литературы по предоставленной тематике для ознакомления и изучения необходимого материала. Основная тема – виды и способы учета электроэнергии. В дальнейшем данный материал будет использоваться для проведения исследований и разработки устройства.

На третьем этапе студент совместно с научным руководителем разрабатывают техническое задание (ТЗ). Для выполнения этой работы используются исходные данные и сформулированная цель работы. Техническое задание является основой для проведения дальнейшего исследования и разработки.

Таблица 3.1 – Перечень выполняемых работ с указанием доли участия исполнителей

Номер этапа	Этапы работы	Исполнитель	Распределение нагрузки
1	Постановка целей и задач исследования	НР, С	НР – 80 % С – 20%
2	Обзор научной литературы	С	С – 100%
3	Разработка технического задания (ТЗ)	НР, С	НР – 30 % С – 70%
4	Разработка календарного плана выполнения работ	НР, С	НР – 30 % С – 70%
5	Разработка структурных схем электроснабжения и расположения узлов учета	НР, С	НР – 10 % С – 90%
6	Выбор технических средств для реализации проекта	С	С – 100%
7	Выбор программных решений	С	С – 100%
8	Моделирование системы учета электроэнергии	НР, С	НР – 5% С – 95%
9	Проведение исследования по тематике работы	С	С – 1000%
10	Обработка полученных результатов	НР, С	НР – 20 % С – 80%
11	Оформление расчетно-пояснительной записки	С	С – 100%
12	Оформление графического материала	С	С – 100%
13	Оценка проекта	НР	НР – 100%

На четвертом этапе реализуется календарный план выполнения работ, обусловленный сроком обучения в магистратуре.

На пятом этапе студент занимается разработкой структурных схем электроснабжения предприятия. Определяются места установки узлов учета электроэнергии. Производится оптимальное распределение электроприемников.

Шестой и седьмой этап включает в себя изучение технических средств и программного обеспечения необходимого для реализации проекта. После изучения возможных вариантов выбираются конкретные устройства и ПО.

Во время восьмого этапа производится моделирование системы учета на базе учебной лаборатории с использованием установленного оборудования. На этом этапе основную работу выполняет студент. Научный руководитель следит за соблюдением правил безопасности работы с оборудованием.

На базе собранной модели учета электроэнергии производятся исследования по возможности обработки данных учета. Изучается вопрос энергоэффективности внедрения дополнительного оборудования. Эти работы производятся на девятом этапе

На, десятом, одиннадцатом и двенадцатом этапе студент, под руководством научного руководителя занимается интерпретацией и обработкой результатов, а также оформлением расчетно-пояснительной записки и графического материала (графические материалы результатов исследования, презентация проекта).

Заключительный, тринадцатый этап содержит подведение итогов проведенной работы. Научный руководитель оценивает работу и допускает разработанный материал к защите.

3.1.1 Продолжительность этапов работ

Так как отсутствует нормативная база по проводимым работам, а также достоверная информация о процессе выполнения подобных работ иными

исполнителями, воспользуемся экспертным способом оценки продолжительности выполнения запланированных работ [26].

Произведем оценку минимального и максимального времени выполнения каждого из этапов. Рассчитаем ожидаемое время выполнения работ, воспользовавшись формулой:

$$t_{ож} = \frac{3 \cdot t_{min} + 2 \cdot t_{max}}{5} \quad (3.1)$$

где $t_{ож}$ – ожидаемое время выполнения i -го этапа работ, дн., t_{min} – минимальная продолжительность работы, дн.; t_{max} – максимальная продолжительность работы, дн.

Ожидаемое, минимальное и максимальное время исполнения в предложенной выше формуле, оцениваются в рабочих днях на человека.

Произведем перевод этих величин в календарные дни, воспользовавшись следующей формулой:

$$T_{кд} = T_{рд} \cdot T_{к} \quad (3.2)$$

где $T_{кд}$ – продолжительность выполнения этапа в календарных днях; $T_{к}$ – коэффициент календарности, позволяющий перейти от длительности работ в рабочих днях к их аналогам в календарных днях, и рассчитываемый по формуле

$$T_{к} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вд} - T_{пд}} \quad (3.3)$$

где $T_{кал}$ – календарные дни ($T_{кал} = 365$); $T_{вд}$ – выходные дни ($T_{вд} = 92$); $T_{пд}$ – праздничные дни ($T_{пд} = 26$). Не учитываются выходные в связи с карантином COVID-19

$$T_{к} = \frac{365}{365 - 92 - 26} = 1,48 \quad (3.4)$$

В свою очередь рабочие дни рассчитываются по следующей формуле:

$$T_{рд} = \frac{t_{ож}}{K_{вн}} \cdot K_{д} \quad (3.5)$$

$K_{ВН}$ – коэффициент выполнения работ, учитывающий влияние внешних факторов на соблюдение предварительно определенных длительностей, в частности, возможно $K_{ВН} = 1$; $K_{Д}$ – коэффициент, учитывающий дополнительное время на компенсацию непредвиденных задержек и согласование работ ($K_{Д} = 1-1,2$; в этих границах конкретное значение принимает сам исполнитель).

Для простоты расчетов примем $K_{Д}$ и $K_{ВН}$, равными единице. Тогда формула для расчета календарных дней будет иметь вид:

$$T_{КД} = T_{РД} \cdot T_{К} = t_{ож} \cdot T_{К} = \frac{3 \cdot t_{\min} + 2 \cdot t_{\max}}{5} \cdot 1,48 \quad (3.6)$$

Воспользовавшись данными из таблицы 3.1, приведенными выше формулами, произведем расчет продолжительности выполнения работ научным руководителем и студентом в календарных днях. Результаты расчетов представлены в таблице 3.2. На основе данной таблицы составим линейный график работ, представленный в таблице 3.3

Таблица 3.2 – Расчет трудозатрат на выполнение проекта

Этап	Исполнители	Продолжительность работ, дни			Трудоемкость работ по исполнителям чел.- дн.			
					$T_{РД}$		$T_{КД}$	
		t_{min}	t_{max}	$t_{ож}$	НР	С	НР	С
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Постановка целей и задач исследования	НР, С	4	5	4,4	3,52	0,88	5,2096	1,3024
Обзор научной литературы	С	7	10	8,2	0	8,2	0	12,136
Разработка технического задания (ТЗ)	НР, С	5	10	7	2,1	4,9	3,108	7,252
Разработка календарного плана выполнения работ	НР, С	6	8	6,8	2,04	4,76	3,0192	7,0448
Разработка структурных схем электроснабжения и расположения узлов учета	НР, С	7	14	9,8	0,98	8,82	1,4504	13,0536
Выбор технических средств для реализации проекта	С	7	14	9,8	0	9,8	0	14,504
Выбор программных решений	С	5	10	7	0	7	0	10,36
Моделирование системы учета электроэнергии	НР, С	6	10	7,6	0,38	7,22	0,5624	10,6856
Проведение исследования по тематике работы	С	8	12	9,6	0	9,6	0	14,208
Обработка полученных результатов	НР, С	7	10	8,2	1,64	6,56	2,4272	9,7088

Продолжение Таблицы 3.2

Оформление расчетно- пояснительной записки	С	7	12	9	0	9	0	13,32
Оформление графического материала	С	3	6	4,2	0	4,2	0	6,216
Оценка проекта	НР	4	5	4,4	4,4	0	6,512	0
Итого:				96	15,06	80,94	22,2888	119,79 12

Таблица 3.3 – Линейный график работ

№	НР	С	Февраль			Март			Апрель			Май			Июнь
			10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
1	5,2096	1,3024	■												
2	0	12,136		■											
3	3,108	7,252			■										
4	3,0192	7,0448				■									
5	1,4504	13,0536					■								
6	0	14,504						■							
7	0	10,36							■						
8	0,5624	10,6856								■					
9	0	14,208									■				
10	2,4272	9,7088										■			
11	0	13,32											■		
12	0	6,216												■	
13	6,512	0													■

С – ■ НР – ■

3.2 Расчет сметы затрат на выполнение проекта

В состав затрат на создание проекта включается величина всех расходов, необходимых для реализации комплекса работ, составляющих содержание данной разработки. Расчет сметной стоимости ее выполнения производится по следующим статьям затрат [26]:

- материалы и покупные изделия;
- заработная плата;
- социальный налог;
- расходы на электроэнергию;
- амортизационные отчисления;
- прочие (накладные расходы) расходы.

Выполнение данной работы не содержит расходы на командировочные, услуги связи, услуги сторонних организаций и арендная плата за пользование имуществом.

3.2.1 Расчет затрат на материалы

К данной статье расходов относится стоимость материалов, покупных изделий, полуфабрикатов и других материальных ценностей, расходуемых непосредственно в процессе выполнения работ над объектом проектирования.

Первый этап работы, связанный с теоретическим исследованием материалов и их первичной обработке. Для этого использовался персональный компьютер с установленным на нем специальными программными решениями, такими как Google Chrome, Microsoft Office. Перечисленное ПО свободно предоставляется в пользование студентам, что исключает затраты. Итого, первичные затраты содержат покупку канцелярских принадлежностей.

На втором этапе проводится моделирование системы учета электроэнергии в лабораторных условиях и дальнейшее ее исследование. Все оборудование и ресурсы находятся в учебной лаборатории. Единственные затраты связаны с необходимостью монтажа проводников нестандартной длины. Для этого приобретён монтажный провод. Создание программ

управления контроллера осуществлялось в ПО CODESYS, распространение которой идет совместно с контроллерами. Также использовалась система Simple-SCADA в режиме демо версии.

Дальнейшее исследование состояли в обработке полученных данных с использованием ПО из первого этапа работы.

В материальные затраты также входят транспортнозаготовительные расходы (ТЗР), которые обуславливаются затратами на совершение купли-продажи материалов, их доставку. Обычно ТЗР составляют от 5% до 20% от общей цены материалов. Примем норму ТЗР равной 10%. Полученные расходы отображаем в таблице 3.5.

Таблица 3.5 – Расчет затрат на материалы

Наименование материалов	Цена за ед., руб.	Кол-во	Сумма, руб.
Тетрадь общая, 96 с., формат А4	110	2 шт.	220
Бумага для принтера формата А4	270	1 уп.	270
Мультифора, упак. 100 шт.	120	1 шт.	120
Нож канцелярский	75	1 шт.	75
Провод монтажный МГТФ 0.35 мм ² ,	33	10 м.	330
Итого:			1015
Итого с учетом ТРЗ			1116,5

3.2.2 Расчет заработной платы

Данная статья расходов включает в себя заработную плату студента и научного руководителя, а также премии, входящие в фонд заработной платы. Расчет заработной платы выполняется на основе трудоемкости выполнения каждого этапа и величины месячного оклада исполнителя. Оклад студента принимается равным окладу соответствующего специалиста низшей квалификации в организации, в которой выполняются подобные виды работ или же там, где студент проходил преддипломную практику [26].

Для расчета заработной платы студента примем величину месячного оклада, равную окладу младшего научного сотрудник, т.е. $МО_C = 15470$ руб.; величина заработной платы руководителя – величина месячного оклада доцента, д.т.н. $МО_{НР} = 33664$.

Для дальнейшего расчета зарплаты необходимо вычислить среднедневную ставку с учетом среднего количества рабочих дней в месяце. В 2020 году 247 рабочих дней, без учета нерабочих дней в связи с карантином COVID-19 с сохранением заработной платы в соответствии с Указами Президента РФ от 25.03.2020 №206, от 02.04.2020 №239, от 28.04.2020 №294. Следовательно, количество рабочих дней в месяце равно 20,6. Среднедневная тарифная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$ЗП_{\text{дн}} = \frac{МО}{20,6} \quad (3.7)$$

Для исполнителя эта величина составит примерно 751 рубль, а для научного руководителя 1634,17 рубля в день. Теперь произведем расчет основной заработной платы. Затем, учитывая премии, дополнительную заработную плату и районный коэффициент, можно рассчитать полную заработную плату по следующей формуле:

$$ЗП_{\text{полн}} = ЗП_{\text{дн}} \cdot T_{\text{рд}} \cdot K_{\text{пр}} \cdot K_{\text{доп}} \cdot K_{\text{р}} \quad (3.8)$$

где $T_{\text{рд}}$ – трудоемкость проекта для сотрудника в рабочих днях; $K_{\text{пр}} = 1,1$ – коэффициент премирования; $K_{\text{доп}} = 1,13$ – коэффициент дополнительной заработной платы для пятидневной рабочей недели; $K_{\text{р}} = 1,3$ – районный (северный) коэффициент.

Таблица 3.6 – Затраты на заработную плату

Исполн.	Оклад, руб./мес.	Среднедневная ставка, руб./день	Затраты времени, раб. дни	Коэффициент	Фонд з/платы, руб
НР	33 664	1634,17	15	1,62	39710,33
С	15 470	751	81	1,62	98546,22
Итого:					138256,55

3.2.3 Расчет затрат на электроэнергию

Данная статья учитывает затраты на электроэнергию, которая потребляется всем оборудованием в течение работы над проектом. Затраты на электроэнергию рассчитываются по формуле:

$$C_{эл.об} = P_{об} \cdot t_{об} \cdot Ц_{Э} \quad (2.9)$$

где $P_{об}$ – мощность, потребляемая оборудованием, кВт; $Ц_{Э}$ – тариф на 1 кВт·час ($Ц_{Э} = 5,782$ руб/кВт·ч); $t_{об}$ – время работы оборудования, час.

Время работы оборудования определяется по формуле:

$$t_{об} = T_{РД} \cdot K_t \quad (3.10)$$

где $K_t \leq 1$ – коэффициент использования оборудования по времени, равный отношению времени его работы в процессе выполнения проекта к ТРД, определяется исполнителем самостоятельно. В ряде случаев возможно определение $t_{об}$ путем прямого учета, особенно при ограниченном использовании соответствующего оборудования.

Для выполнения работ студентом использовался персональный компьютер и учебный стенд. Учебный стенд содержит программируемый логический контроллер, частотные преобразователи и подключенные к ним электродвигатели. Определим затраты на потребленную оборудованием электроэнергию и сведем результаты расчетов в таблицу 3.7.

Таблица 3.7 – Затраты на электроэнергию

Наименование оборудования	Мощность оборудования, кВт	K_t	Время работы оборудования, ч	Затраты на электроэнергию
Персональный компьютер	0,4	0,9	583,2	1348,82
Принтер	0,25	0,01	6,56	9,48
Частотные преобразователи	3	0,02	13,12	227,58
Итого:				1585,88

3.2.4 Расчет затрат на социальный налог

Затраты на единый социальный налог (ЕСН), который включает в себя отчисления в пенсионный фонд, на социальное и медицинское страхование, составляют 30% от полной заработной платы по проекту и рассчитывается по формуле $C_{СОЦ} = C_{ЭЛ} \cdot 0,3$. Для проведения исследования затраты на социальный налог составляют $C_{СОЦ} = 138256,55 \cdot 0,3 = 41476,97$.

3.2.5 Расчет амортизационных расходов

Расчет амортизационных расходов производится по следующей формуле:

$$C_{AM} = \frac{H_A \cdot Ц_{ОБ} \cdot t_{рф} \cdot n}{F_D} \quad (3.11)$$

где H_A – годовая норма амортизации единицы оборудования; $Ц_{ОБ}$ – балансовая стоимость единицы оборудования с учетом ТЗР, F_D – действительный годовой фонд времени работы соответствующего оборудования, берется из специальных справочников или фактического режима его использования в текущем календарном году, $t_{рф}$ – фактическое время работы оборудования в ходе выполнения проекта, учитывается исполнителем проекта; n – число задействованных однотипных единиц оборудования.

Персональный компьютер и принтер входят в группу – вычислительная техника, следовательно, они имеют срок полезного использования 2-3 года [27].

Так как к сроку начала работ компьютер и принтер эксплуатировались более 5 и 10 лет соответственно, то срок их полезного использования истек, следовательно, амортизационные расходы на ПК и принтер оборудования равны нулю.

Частотные преобразователи относятся к четвертой группе «Машины и оборудование общего назначения прочие, не включенные в другие группировки» со сроком полезного использования 5-7 лет. Изучая

техническую документацию устройства и информацию производителя о сроках эксплуатации выберем срок 7 лет. $H_A = 0,143$. Стоимость единицы оборудования по каталогам производителя составляет 75000 руб. Так как это оборудование установлено в лаборатории для работы студентов, можно посчитать, что использование составляет 260 часов в год.

Таким образом, амортизационные расходы на использование частотного преобразователя составят:

$$C_{AM} = \frac{H_A \cdot C_{OB} \cdot t_{pf} \cdot n}{F_d} = \frac{0,143 \cdot 75000 \cdot 13,12 \cdot 2}{260} = 1082,4 \quad (3.12)$$

3.2.6 Расчет прочих (накладных) расходов

В статье «Прочие расходы» отражены расходы на выполнение проекта, которые не учтены в предыдущих статьях. Их следует принять равными 10% от суммы всех предыдущих расходов, т.е.

$$\begin{aligned} C_{проч.} &= (C_{mat} + C_{зн} + C_{соц} + C_{эл.} + C_{ам.}) \cdot 0,1 = \\ &= (1116,5 + 138256,55 + 41476,97 + 1585,88 + 1082,4) \cdot 0,1 = \\ &= 183518,3 \cdot 0,1 = 18351,83 \end{aligned} \quad (3.13)$$

3.2.7 Расчет общей себестоимости разработки

Рассчитав сумму всех расходов на выполнение запланированных работ, произведем расчет общей себестоимости проекта. Результаты расчетов представлены в таблице 3.8.

Таблица 3.8 – Расчет общей себестоимости проекта

Статья затрат	Условное обозначение	Сумма, руб.
Материалы и покупные изделия	C_{mat}	1116,5
Заработная плата	$C_{зн}$	138256,55
Отчисления в социальные фонды	$C_{соц}$	41476,97
Расходы на электроэнергию	$C_{эл.}$	1585,88
Амортизационные отчисления	$C_{ам}$	1082,4
Прочие расходы	$C_{проч}$	18351,83
Итого:		201870,13

Таким образом, затраты на разработку составили $C = 201870,13$ руб.

3.2.8 Расчет прибыли, НДС и цены разработки НИР

Так как информация для применения сложных методов расчетов прибыли отсутствует, то прибыль может варьироваться в пределах от 5% до 20% от себестоимости продукта. Заложим в проект прибыль, равную 13% от себестоимости. Тогда:

$$P = 0,13 \cdot C = 26243,12 \text{ руб.} \quad (3.14)$$

Рассчитаем НДС как 20% от суммы затрат на разработку и заложенной прибыли, т.е.:

$$\text{НДС} = (P + C) \cdot 0,2 = 45622,65 \text{ руб.} \quad (3.15)$$

Цена разработки НИР – это сумма трех составляющих: полной себестоимости проекта, прибыли и НДС, т.е.:

$$C_{\text{НИР}} = 201870,13 + 26243,12 + 45622,65 = 273735,9 \text{ руб.} \quad (3.16)$$

3.2.9 Оценка экономической эффективности проекта

Результатом проведения НИР является разработка системы учета электроэнергии котельной с изучением вопроса эффективности внедрения этой системы.

Технический учет внедряют и используют для получения информации об электропотреблении на предприятии. Такой учет позволяет разделить потребление электроэнергии по различным видам нагрузки и уровням внутри предприятия для получения общей нагрузочной картины оборудованием. Измеренные данные используются внутри предприятия технологами или инженерами.

Рассматривается внедрение управляющих устройств – частотных преобразователей. Использование частотных преобразователей позволяет расширить рабочий диапазон управления, повысить точность регулирования и быстродействие электропривода. Преобразователь частоты защищает электродвигатель, уменьшает нагрузку на сеть, снижает энергопотребление.

Использование ПЧ в таких системах позволяет не только оптимизировать технологический процесс, но и экономить значительные средства.

Для получения количественной оценки экономической эффективности разработанного проекта необходимо проведение специального комплексного исследования, которое выходит за рамки представленной работы.

3.2.10 Оценка научно-технического уровня НИР

В данном разделе произведем оценку научно-технического уровня разработки при помощи вычисления интегрального индекса научнотехнического уровня $I_{НТУ}$. Расчет данного индекса производится как взвешенная сумма количественных оценок НИР по трем признакам: уровень новизны, теоретический уровень и возможность реализации.

Таблица 3.9 – Критерии оценки уровня новизны НИР

Уровень новизны	Характеристика уровня новизны – n_1	Баллы
Принципиально новая	Новое направление в науке и технике, новые факты и закономерности, новая теория, вещество, способ	8 – 10
Новая	По-новому объясняются те же факты, закономерности, новые понятия дополняют ранее полученные результаты	5 – 7
Относительно новая	Систематизируются, обобщаются имеющиеся сведения, новые связи между известными факторами	2 – 4
Не обладает новизной	Результат, который ранее был известен	0

Разрабатываемая система по оценке таблицы 3.9 имеет уровень новизны равный 4. Это обосновано тем, что существуют подобные системы со своей областью использования. Особенность разрабатываемого проекта в том, что предложено использование частотных преобразователей как источники

данных об электропотреблении. И стоит отметить, что было необходимо разработать свой алгоритм работы системы, для обработки и преобразования требуемых параметров электроэнергии.

Таблица 3.10 – Критерии оценки теоретического уровня НИР

Теоретический уровень полученных результатов – n_2	Баллы
Установка закона, разработка новой теории	10
Глубокая разработка проблемы, многоспектральный анализ взаимодействия между факторами с наличием объяснений	8
Разработка способа (алгоритм, программа и т. д.)	6
Элементарный анализ связей между фактами (наличие гипотезы, объяснения версии, практических рекомендаций)	2
Описание отдельных элементарных факторов, изложение наблюдений, опыта, результатов измерений	0,5

Критерии оценки теоретического уровня НИР равен 6. Такая оценка соответствует разработке алгоритма работы системы, созданию программы управления контроллера.

Таблица 3.11 – Критерии оценки возможности реализации НИР по времени

Время реализации – n_3	Баллы
В течение первых лет	10
От 5 до 10 лет	4
Свыше 10 лет	2

Критерий оценки возможности реализации НИР по времени равен 10. Причиной высокой оценки являются выбор современных технических средств и ПО. И итоговый срок реализации может составлять 2 года.

В итоге получим величину интегрального индекса НТУ НИР с учетом веса каждого критерия:

$$I_{НТУ} = \sum_{i=1}^3 k_i \cdot n_i = 0,4 \cdot 4 + 0,1 \cdot 6 + 0,5 \cdot 10 = 7,2 \quad (3.17)$$

Индекс НТУ составляет 7,2 балла, что означает соответствие НТУ высокому уровню проведенной НИР.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе была рассмотрена система учета электрической энергии с возможностью подключения удалённых пользователей для теплопроизводящего предприятия. В проекте были рассмотрены способы и средства учета электроэнергии и возможность повышения энергоэффективности предприятия. Были выбраны технические средства, участвующие в получении параметров потребления электроэнергии. Выбраны частотные преобразователи в соответствии с используемым оборудованием. Предложен вариант группировки потребителей по узлам учета.

Рассмотрен вопрос энергосбережения. Для этого предложено использование частотных преобразователей в системе управления электрооборудования. Это возможно за счет замещения задвижек и заслонок в контуре управления способностью изменения производительностью насосов и вентиляторов, соответственно. Также частотные преобразователи обеспечивают оптимальные алгоритмы пуска и поддержки работы, относительно прямого включения в сеть.

С помощью лабораторного оборудования, была воспроизведена модель учета электроэнергии на базе частотных преобразователей Овен ПЧВ. В составленной модели данные об энергопотреблении предоставляются частотным преобразователем. Подсчет данных для разных промежутков времени. осуществляется с помощью разработанной программы в ПЛК150 компании Овен. Для визуализации на персональном компьютере применен пакет Simple-SCADA, что позволило предоставить возможность выбора объекта и временного промежутка для получения информации о потреблении.

Поставленная задача проекта была решена. Такая система учета электроэнергии позволяет получить полную картину энергопотребления и распределения энергоресурсов. Система пригодна для внедрения на объекте, создает инвестиционную привлекательность для предприятия и предоставляет возможность решить комплекс задач по оптимизации энергоснабжения объектов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Соколов, Б.А. Котельные установки и их эксплуатация – М.: Академия, 2011. – 432 с.
2. Осика Л. К. Коммерческий и технический учет электрической энергии на оптовом и розничных рынках. Теория и практические рекомендации. – СПб.: Политехника, 2006 – 360 с.
3. Минин Г.П. Измерение электроэнергии – М.: Энергия, 1974. – 104 с.
4. Афанасьев В. В., Адоньев Н. М., Кибель В. М. Трансформаторы тока – 2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Энерго-атомиздат., 1989. – 416 с.
5. Счетчик электроэнергии трехфазный микропроцессорный многотарифный CE303-R33 [Электронный ресурс]/URL: <http://www.energomera.ru/ru/products/meters/ce303r33>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус. (дата обращения: 10.04.2020).
6. 03.01.01 Трансформаторы тока ТТИ [Электронный ресурс]/URL: https://www.iek.ru/products/catalog/pribory_ucheta_kontrolya_izmereniya_i_oborudovanie_elektropitaniya/pribory_ucheta/transformatory_toka_tti, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус. (дата обращения: 10.04.2020).
7. Руководство пользователя ПЧВ3 [Электронный ресурс]/URL: https://owen.ru/product/preobrazovatel_chastoti_oven_pchv3, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус. (дата обращения: 10.04.2020).
8. Руководство по эксплуатации преобразователя частоты EI-P7012 [Электронный ресурс]/URL: <https://www.vesper.ru/catalog/invertors/ei-p7012>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус. (дата обращения: 10.04.2020).
9. Руководство по эксплуатации модуля интерфейса RS-485 (протокол MODBUS) для EI-7011, EI-P7012 [Электронный ресурс]/URL: <https://www.vesper.ru/catalog/optional-for-invertors/platy-i-moduli-sopryazheniya/pcb-rs485a-1>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус. (дата обращения: 10.04.2020).

10. Контроллер ETHERNET 750-882 [Электронный ресурс]/URL: <https://www.wago.com/gb/plcs-controllers/controller-ethernet/p/750-882>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус. (дата обращения: 10.04.2020).
11. Руководство по эксплуатации ПЛК150 [Электронный ресурс]/URL: https://owen.ru/product/plk100_150_154, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус. (дата обращения: 10.04.2020).
12. Федеральный закон от 28.12.2013 N 426-ФЗ (ред. от 27.12.2019) "О специальной оценке условий труда".
13. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 «Гигиенические требования к ПЭВМ и организации работы».
14. ГОСТ 12.0.003-2015 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
15. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
16. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95.
17. Кнорринг Г.М. Справочная книга для проектирования электрического освещения. – М.: Энергия, 1976. – 384 с.
18. Расчет светодиодных светильников [URL:https://remsovet.com/9-raschet-svetodiodnyh-svetilnikov.html](https://remsovet.com/9-raschet-svetodiodnyh-svetilnikov.html) (Дата обращения 15.05.2020).
19. Панель светодиодная ДВО 6560-Р. URL: https://www.iek.ru/products/catalog/svetotekhnika/kommercheskoe_osveshchenie/paneli_svetodiodnye/svetodiodnye_paneli_20mm/panel_svetodiodnaya_dvo_6560_p_595kh595kh20mm_36vt_6500k_prizma_iek (Дата обращения 15.05.2020).
20. ГОСТ 12.1.030-81 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление.
21. ГОСТ Р 12.1.019-2009 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.

22. Правила устройства электроустановок: 7-е издание (ПУЭ). – М.: Изд. АО «Энергосервис», 2007. – 610 с.
23. ГОСТ Р МЭК 61140-2000 Защита от поражения электрическим током. Общие положения по безопасности, обеспечиваемой электрооборудованием и электроустановками в их взаимосвязи.
24. ГОСТ Р 22.0.02-94. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Термины и определения основных понятий.
25. ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования.
26. Конотопский В.Ю. Финансовый менеджмент и ресурсоэффективности: учебно-методическое пособие. – Томск: Изд. ТПУ, 2013. – 54 с.
27. Постановление Правительства РФ от 01.01.2002 N 1 (ред. от 27.12.2019) "О Классификации основных средств, включаемых в амортизационные группы".

ПРИЛОЖЕНИЕ А – Раздел на иностранном языке
(обязательное)

Electricity metering systems to connect remote users

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8AM81	Бекетов Сергей Николаевич		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Курганов В.В.	К.Т.Н.		

Консультант – лингвист отделения ОИЯ ШБИП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Сидоренко Т.В.	К.П.Н.		

Abstract

The master's thesis on the topic 'Electricity metering systems to connect remote users' contains 110 pages, 36 figures, 24 tables, 27 literature sources, 1 application.

Keywords: electricity metering, electric power supply, electricity meter, frequency converter, energy saving.

The purpose of the research is to develop the electricity metering systems of heating plant and research the ways of energy saving.

The research was carried out by using CODESYS, Simple-SACDA, Mathcad and Microsoft Office software environments.

The results of the research are: the development of the electricity metering systems including the selection of measuring equipment and energy saving methods.

In the organizational and economic sections, the research activities are planned and the budget for scientific research is calculated.

In the production and environmental safety sections, the impact of hazardous and harmful factors on a person during the research operation are definite.

Introduction

Modern electricity metering system allows measuring and converting the basic electrical quantities, with further support the transferring data to a central database for troubleshooting and analyzing.

The electricity metering system enables to:

- determine the amount of energy received from a power supply station,
- make billing for electricity,
- analyze and control specific rates of energy consumption per unit of output production,
- make methods to optimize energy consumption.

The modern organization management structure has the form when stakeholders (owners) can be located at a great distance and receive some control measuring of the enterprise's work by the integrated forms. which are very difficult to analyze. a heating power plant needs to have a detailed analysis of consumed resources and output products. This way the basis for possible production optimization.

In order to carry out the analysis, it is necessary to have access to operational information. Such information is provided by the metering systems, which may differ in organization and purpose. Their main task is to provide objective information at a certain frequency.

The “objective” means that people does not create information flows and next processing. If this metering system is designed and operated correctly, then the received information is very plausible.

The owners of enterprise are interested in developing such systems. This allows to quickly control material and energy expenditures, optimize them by improving technologies and technical equipment.

This research solves the problem of creating an electricity energy metering system with the capability to connect remote users.

The data transmission to remote users is organized by various network interfaces, which allow to access from various devices at any time.

1 Description of object and technological process.

The object is a heating plant generating thermal energy. That heat energy is used for district heating of the Samus city.

The process is based on pumping machines. They are mainly involved to transfer air, water, condensate and fuel. To do this, pipelines equipped with different divided by functionality, designs and power.

The research object consists of different pumps. There are:

- smoke exhaust,
- blow fan,
- line pump,
- recharging pump,
- feed-water pump,
- raw water pump,
- brine solution pump.

Each pump has its own purpose in the process of heat generation. The description of them is given below.

The smoke exhaust is used to remove combustion products from the furnaces.

The blow fan is used to ensure a constant flow of fresh air for optimizing the combustion process.

The line pump of the boiler room has the largest dimensions and performance. It serves to supply coolant to the consumer, which is the heat network of city.

The recharging pump serves the cogeneration plant in the thermal circuit. It is intended to replenish water leaks from the main network.

The feed-water pump is used to fill the boiler with water in exchange for spent on steam generation.

The raw water pump is used in a chemically purified water treatment system. Its purpose is to take a source from a raw water tank and direct water for chemical cleaning of hardness salts and suspended solids.

Source water pumps must provide the maximum flow rate of chemically purified water for the steam boilers supply.

A brine solution pump is used to pump brine solution. The salt is using for boiler rooms helps to equipment to be good working condition for a long time by purifying the water.

The electric load will be combined into separate metering stations by participation in the process and methods of measuring electric consumption data.

The quantity and power of each electrical unit are indicated in chapter 2.

2. Requirements to the project and problem statement

In opposition to thermal power plants, the heating plant generates only thermal energy. It is necessary to use external power for auxiliary power supply

A lot of electric motors, which are the main power load, and specific technological features of the operation at heating plants require to take serious measures to optimize power consumption.

That is reason that the main problem of this research is to develop an electricity metering system with the possibility of data storage and remote as the main development and optimization tendency of the organization's power supply system. This development direction is actively supported by the owner of the organization, which is located at a considerable distance from the automation object and cannot promptly monitor the events occurring on it. That is why one of the main problems considered in the work is the task of remote access to the electricity metering system of the heating plant located in Samus city, Tomsk Region.

Table 1 contains a detailed specifications list of electrical equipment to provide an electricity metering system.

From the table 1 it follows that part of the equipment works throughout the year, and has only maintenance stopping. It's worth noting that the power intake is very high.

Therefore, the result of the development of the metering system is the methods for power saving by electrical equipment. Then it will become a reason for commissioning.

Table 1 – List of electrical equipment

№	List electrical equipment	FC	Rotary speed, rpm	Max current, A.	Power, kWt	Service hours
1	Feed-water pump №1	+	2950	170	55	8352
2	Feed-water pump №2	+	2950	170	55	
3	Feed-water pump №3	+	2950	173	55	
4	Line pump №1	+	1470	285	160	8352
5	Line pump №2		1485	291	160	
6	Line pump №3		1470	137	75	
7	Recharging pump №1	+	2860	14.76	7.5	8352
8	Recharging pump №2		2895	15	7.5	
9	Recharging pump №3		2925	50	18.5	
10	Raw water pump №1		2920	28.5	15	100
11	Raw water pump №2		2920	28.5	15	
12	Brine solution pump №1		2910	21.8	11	80
13	Brine solution pump №2		2910	21.8	11	
14	Smoke exhaust №1	+	1465	149	45	3495
15	Smoke exhaust №2	+	980	101	30	2965
16	Smoke exhaust №3	+	1485	139	75	4563
17	Blow fan №1	+	970	41	11	3495
18	Blow fan №2	+	970	41	11	2965
19	Blow fan №3	+	970	44.8	22	4563

3. Types of electricity indicators and calculation methods

Electricity metering is meant to receive the information of power consumption parameters. First of all, these data are used for electricity suppliers billing. Also, that measuring shows the level of electricity consumption according to the planned one. The data are used to determine consumption standards at the enterprise and to create organizational events for energy efficiency. Electric power metering involves not only control over the energy consumed, but also for generation power if the factory produces it.

Energy metering is divided into commercial and technical. Commercial is used for billing with electricity suppliers. The cost of energy unit is set by the electricity supplying organization tariffs. Tariffs differ in consumer type and tariffing for daily zones. Usually, the cost of electricity at night is lower. The reason for that is low load on the power grid at night.

Technical metering is implemented and used to obtain energy consumption at the enterprise. That metering allows to divide the energy consumption by different types of load and levels inside the enterprise to get a full equipment load pattern.

The measured data is used by technologists or engineers. Data is logging every specific period of time (every hour, day, week, month). At any time, an employee of the enterprise can look into them and draw conclusions about electricity consumption and use them to provide further optimization of the process and energy consumption.

4. The choice of measurement method

The main requirement for improving the energy efficiency of the heating plant equipment is to distribute the amount of electricity consumption at the current moment or a selected period of time. To do this, it is enough to organize a technical electricity metering of consumption.

It is assumed that such metering will provide the storage of energy consumption data by:

- every hour in a day,

- every day in a month,
- every month a year.

The obtained values will be sufficient to optimize power consumption as part of the heat production process. This will reduce the cost of electricity consumption, make some conclusions about additional loading or unloading of electric demand. Also, technical metering allows to analyze the performance of energy facility and compare them with actual performance (for example, coolant flow). And then develop a plan of action to optimization.

There are needs to select a modern set of technical control and metering of electricity. They should ensure the accomplishment of a number of requirements:

- storage of energy consumption data from one or several separate metering stations,
- processing the information received,
- generation of a report and archive of received information,
- sending of the generated report for data storage and processing,
- control of electric power quality parameters,
- remote configuration of electricity meters.

5. Electrical equipment optimization

The research considers the issue of optimizing the operation of pumps, blow fans and smoke exhausters in control loops. also reviewed methods of significantly power saving. It may become to facilitate the operation of equipment and thereby extend its life. Essence of the question is below.

Almost all electric pumps, blow fans and smoke exhausters operate according to the scheme shown in Figure 1.

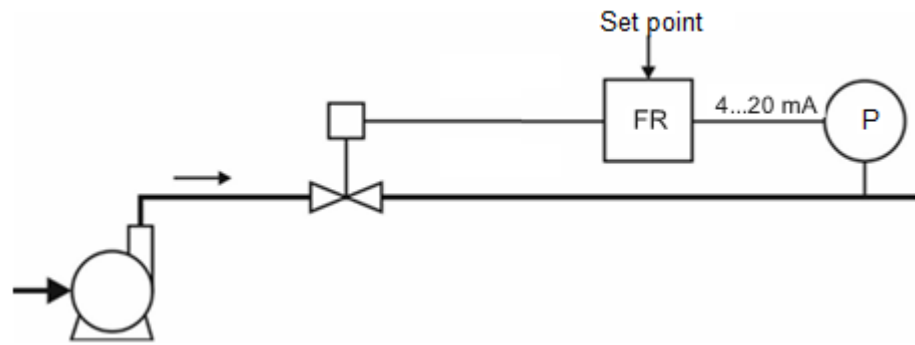


Figure 1 - Actual line pressure control loop

Figure legend:

- P – pressure sensor,
- FR – feedback regulator.

The pressure reduction in the line is due to the valve installed after the pump. Thus, the pump operates on a closed gate valve, while a significant part of the energy is wasted completely. Long-term practical observations of the position of the valves (gate valves) for different electrical units showed that on average they are open by no more than 50%.

In order to exclude non-production costs, it is proposed to switch to frequency converter of the performance of pumps, blow fans and smoke exhausters, which will significantly reduce the energy consumed, refuse valves (gate valves), and switch to gentle operation modes of electrical equipment.

The proposed control loop is shown in Figure 2.

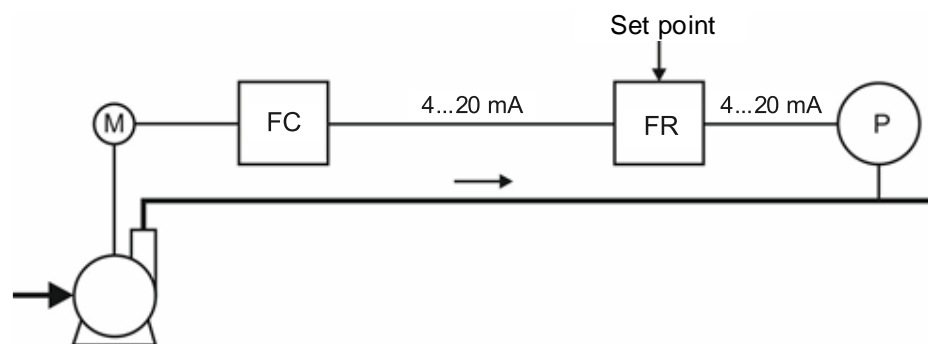


Figure 2 - Pressure control loop with FC

Figure legend:

- P – pressure sensor,
- FC – frequency converter,

- FR – feedback regulator.

Frequency converters allows to expand the operating range of control, improve the accuracy of regulation and speed of the electric drive. The frequency converter protects the electric motor, reduces the load on power supply network and total consumption. The use of converter in such systems allows not only to optimize the process, but also to save significant means.

Therefore, its assumed to use frequency converters as part of the control system for the heat production process to control the electromotive load. The number and placement of the converters are shown in table 1.

6. Electricity meter

The electricity meter is the main measuring device for metering the electricity consumption.

Electricity meters differ by methods of measuring, the principles of conservation and displaying of consumption (electromechanical or electronic), the features of electrical connections.

Electromechanical meters have an induction mechanism for proportionally converting the consumed electricity into disk rotation. The rotation is transmitted to the mechanism of the mechanical numbers displaying. The main disadvantage is moving parts.

Electronic meters contain a complex of microelectronics. Electronics performs the main actions: electricity metering, storage and conversion and display. The internal microcircuit generates impulses in proportion of consumed. The pulses are calculated by the microcontroller, which converts the data into the required form and is responsible for displaying the values on the display.

All of meters are divided by

- counters of direct or transformer connection,
- single-phase or three-phase,
- electromechanical, electronic or hybrid,

- single tariff or multi tariff.

Nowadays, the electronic metering devices are used. The reason for this is the advantage of measurement accuracy and automatic multiple tariffs metering. In addition, modern devices can prevent theft of electricity. Also, the calibration test time for electronic meters is longer than mechanical ones.

Conclusion

In the research, an electricity metering system to connect remote users for a heating plant was considered. The project considered methods and means of electricity metering. That can be possible to increase the energy efficiency of the enterprise. There were selected the technical means involved in obtaining the parameters of electricity consumption. Frequency converters are selected in accordance with used equipment. The option of grouping consumers by metering nodes is proposed.

The problem of energy conservation was considered. To take this, the use of frequency converters in the control system of electrical equipment was proposed. This is possible by replacing of valves and dampers in the control circuit to the ability to change the performance of pumps and fans. Frequency converters also provide better power-on and operation support algorithms toward direct connection to the power line.

A model of electricity metering based on frequency converters was reproduced by using laboratory equipment. The model receives the energy consumption data by a frequency converter. The metering of data for different periods of time is carried out using the developed program for the PLC. The Simple-SCADA software was used for visualization on a personal computer. That will provide the ability to select an object and a time period for receiving information about energy consumption.

The objective of the project has been achieved. The electricity metering system allows to get a complete pattern of energy consumption and energy distribution. The system is suitable for implementation at the facility. It creates an investment attractiveness for the enterprise and provides an opportunity to solve a problem of optimization of facilities power supply.