

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

Институт: Энергетический

Направление подготовки: 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Кафедра: Электрические сети и электротехника

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Разработка алгоритма задачи компенсации реактивной мощности в схемах электроснабжения

УДК 621.31.031.016

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5А2Г	Никитина Дарья Михайловна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры электрических сетей и электротехники	Готман Владимир Иванович	к.т.н., доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент кафедры менеджмента	Грахова Елена Александровна			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры экологии и безопасности жизнедеятельности	Амелькович Юлия Александровна	к.т.н., доцент		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Электрические сети и электротехника	А.В. Прохоров	к.т.н., доцент		

Томск – 2016 г.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Направление ООП: 130302 Электроэнергетика и электротехника

Профиль: Электроэнергетические системы и сети

Кафедра, институт: кафедра «Электрические сети и электротехника», Энергетический институт

Результат обучения	
Профессиональные компетенции	
Р 1	Применять соответствующие гуманитарные, социально-экономические, математические, естественно-научные и инженерные знания, компьютерные технологии для решения задач расчета и анализа электрических устройств, объектов и систем.
Р 2	Уметь формулировать задачи в области электроэнергетики и электротехники, анализировать и решать их с использованием всех требуемых и доступных ресурсов.
Р 3	Уметь проектировать электроэнергетические и электротехнические системы и их компоненты.
Р 4	Уметь планировать и проводить необходимые экспериментальные исследования, связанные с определением параметров, характеристик и состояния электрооборудования, объектов и систем электроэнергетики и электротехники, интерпретировать данные и делать выводы.
Р 5	Применять современные методы и инструменты практической инженерной деятельности при решении задач в области электроэнергетики и электротехники.
Р 6	Иметь практические знания принципов и технологий электроэнергетической и электротехнической отраслей, связанных с особенностью проблем, объектов и видов профессиональной деятельности профиля подготовки на предприятиях и в организациях – потенциальных работодателях.
Универсальные компетенции	
Р 7	Использовать знания в области менеджмента для управления комплексной инженерной деятельностью в области электроэнергетики и электротехники
Р 8	Использовать навыки устной, письменной речи, в том числе на иностранном языке, компьютерные технологии для коммуникации, презентации, составления отчетов и обмена технической информацией в областях электроэнергетики и электротехники.
Р 9	Эффективно работать индивидуально и в качестве члена или лидера команды, в том числе междисциплинарной, в области электроэнергетики и электротехники.
Р 10	Проявлять личную ответственность и приверженность нормам профессиональной этики и нормам ведения комплексной инженерной деятельности.
Р 11	Осуществлять комплексную инженерную деятельность в области электроэнергетики и электротехники с учетом правовых и культурных аспектов, вопросов охраны здоровья и безопасности жизнедеятельности.
Р 12	Быть заинтересованным в непрерывном обучении и совершенствовании своих знаний и качеств в области электроэнергетики и электротехники.

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

Институт: Энергетический

Направление подготовки: 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Кафедра: Электрические сети и электротехника

УТВЕРЖДАЮ:
Зав. кафедрой ЭСиЭ

_____ А.В. Прохоров
(Подпись) (Дата)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме: бакалаврской выпускной квалификационной работы

Студенту:

Группа	ФИО
5А2Г	Никитина Дарья Михайловна

Тема работы:

Разработка алгоритма задачи компенсации реактивной мощности в схемах электроснабжения	
Утверждена приказом	Дата: 27.04.2016 № 3266/С

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i>	Объектом исследования является схема электроснабжения ОАО «Синтез» Исходными данными являются: принципиальная схема ОАО «Синтез» и параметры её силовых элементов (марка и длины ВЛ; параметры трансформаторов, мощности нагрузок и др.)
--	---

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> - Обзор математических критериев экономической эффективности капиталовложений в энергосбережение; - Подготовка электронной модели части расчетной схемы ОАО «Синтез» и расчеты рабочих режимов; - Математическая модель выбора оптимальной мощности компенсирующих устройств в системах электроснабжения; - Расчет параметров экспериментальной схемы, проведение исследований и анализ полученных результатов с точки зрения экономии затрат.
<p>Перечень графического материала</p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Принципиальные схемы ОАО «Синтез», блок-схема алгоритма; результаты экспериментальных исследований.</p>

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Ассистент кафедры менеджмента Грахова Елена Александровна
Социальная ответственность	Доцент кафедры экологии и безопасности жизнедеятельности Амелькович Юлия Александровна

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	18.02.2016 г.
---	---------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры электрических сетей и электротехники	Готман Владимир Иванович	к.т.н., доцент		18.02.2016 г..

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5А2Г	Никитина Дарья Михайловна		18.02.2016 г..

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

Студенту:

Группа		ФИО	
5А2Г		Никитиной Дарьи Михайловной	
Институт	ЭНИН	Кафедра	ЭСиЭ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Электроэнергетика и электротехника

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>При проведении исследования используется база лабораторий ТПУ кафедры ЭСиЭ; в исследовании задействованы 2 человека: студент-исполнитель и научный руководитель.</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>ГОСТ 14.322-83 Нормирование расхода материала. Основные положения; ГОСТ 51541-99 Энергосбережение. Энергетическая эффективность. Состав показателей. Общие положения, Приложение об окладах по новой системе оплат труда</i>
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>Отчисления по страховым взносам составляют 30% от ФОТ</i>

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ</i>	<i>Технико-экономическое обоснование научно-исследовательского проекта (НИИ), SWOT-анализ проекта</i>
2. <i>Разработка устава научно-технического проекта</i>	<i>Планирование работ по научно-исследовательскому проекту</i>
3. <i>Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок</i>	<i>Бюджет научно-исследовательского проекта</i>
4. <i>Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности</i>	<i>Оценка научно-технического уровня проекта</i>

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

<ol style="list-style-type: none"> 1. SWOT-анализ 2. Перечень работ 3. Линейный график работ 4. Бюджет проекта
--

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Грахова Елена Александровна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5А2Г	Никитина Дарья Михайловна		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа		ФИО	
5А2Г		Никитиной Дарьи Михайловной	
Институт	ЭНИН	Кафедра	ЭСиЭ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Электроэнергетика и электротехника

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
<p>1. Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования) на предмет возникновения:</p> <ul style="list-style-type: none"> – вредных проявлений факторов производственной среды (метеоусловия, вредные вещества, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения) – опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы) – негативного воздействия на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу, литосферу) – чрезвычайных ситуаций (техногенного, стихийного, экологического и социального характера) 	<p>Предметом исследования является подстанция, основное рабочее место располагается в производственном помещении ПАО «ТРК».</p> <p>-вредные проявления (электромагнитные поля, повышенный уровень шума на рабочем месте, повышенная температура воздуха на рабочем месте)</p> <p>-опасные проявления (опасные уровни напряжения в электрических цепях, замыкание которых может пройти через тело человека; а так же проявления пожарной и взрывной природы).</p>
<p>1. Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме</p>	<p>ПУЭ, ПТЭ, ПТБ</p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<p>1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; – действие фактора на организм человека; – приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); – предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства) 	<p>В данном разделе будет рассмотрена:</p> <ul style="list-style-type: none"> -действие фактора на организм человека; -приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ);
<p>2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой произведённой среды в следующей последовательности</p> <ul style="list-style-type: none"> – механические опасности (источники, средства защиты); – термические опасности (источники, средства защиты); – электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты); – пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения) 	<p>Данная глава посвящается изучению:</p> <ul style="list-style-type: none"> -электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, средства защиты); -пожаро-, взрыво-безопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения)
<p>3. Защита в чрезвычайных ситуациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> – перечень возможных ЧС на объекте; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению 	<p>Охрана окружающей среды:</p> <ul style="list-style-type: none"> -анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); -анализ воздействия объекта на гидросферу

<p>ЧС;</p> <ul style="list-style-type: none"> - разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС; - разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий 	<p>(сбросы);</p> <p>-анализ воздействия объекта на литосферу (отходы);</p> <p>разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.</p>
<p>4. Охрана окружающей среды:</p> <ul style="list-style-type: none"> - защита селитебной зоны - анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); - анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); - анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); - разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды. 	<p>Защита в чрезвычайных ситуациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> -перечень возможных ЧС на объекте; -выбор наиболее типичной ЧС; -разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; -разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС; разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий
<p>5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> - специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; - организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны 	<p>Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> -специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; -организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны
<p>Перечень графического материала:</p>	
<p>При необходимости представить эскизные графические материалы к расчётному заданию (обязательно для специалистов и магистров)</p>	

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Амелькович Юлия Александровна.	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5А2Г	Никитина Дарья Михайловна		

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 93 страниц, 10 рисунков, 28 таблиц, 29 источников литературы, 3 приложения.

Ключевые слова: компенсирующее устройство, реактивная мощность, чистый дисконтированный доход, суммарные затраты, срок окупаемости.

Объектом исследования является схема электроснабжения ОАО «Синтез».

Целью выпускной квалификационной работы является разработка алгоритма задачи компенсации реактивной мощности в схемах электроснабжения.

В процессе выполнения ВКР разработан алгоритм выбора оптимальных параметров компенсирующих устройств по условию минимума приведенных затрат. Для экспериментальной схемы ОАО «Синтез» проведена апробация алгоритма на базе программного комплекса «ОРТИУМ». Даны рекомендации по снижению потерь мощности в рассмотренной схеме электроснабжения предприятия ОАО «Синтез».

Методом исследования в данной работе является имитационное моделирование режимов электроэнергетических систем на базе программного комплекса «ОРТИУМ».

Степень внедрения: работа носит исследовательский характер; может быть использована в учебном процессе.

Область применения: схемы электроснабжения предприятий.

В будущем планируется более детально проанализировать возможность резонансных процессов с учетом устанавливаемых компенсирующих устройств.

Перечень сокращений в алфавитном порядке

АВР – Автоматическое включение резерва

АСДУ - Автоматизированная система диспетчерского управления

ГРУ – Главное распределительное устройство

КЛ – Кабельная линия

КРМ – Компенсация реактивной мощности

КРУ - Комплектное распределительное устройство

КСО - Камера сборная одностороннего обслуживания

КТП - Комплектная трансформаторная подстанция

КТПСН - Комплектная трансформаторная подстанция собственных нужд

КУ – Компенсирующее устройство

ПК – Персональный компьютер

ОАО – Открытое акционерное общество

РП – Распределительный пункт

СМВ – Секционный масляный выключатель

СШ – Секция шин

ТМ – Трехфазный трансформатор масляный

ТП – Трансформаторная подстанция

ТЭЦ – Теплоэлектроцентраль

ЧДД – Чистый дисконтированный доход

Термины и определения

Баланс мощности энергосистемы - система показателей, характеризующая соответствие суммы значений нагрузки энергосистемы и потребной резервной мощности величине располагаемой мощности энергосистемы.

Компенсирующие устройства — установки, предназначенные для компенсации ёмкостной или индуктивной составляющей переменного тока. Элемент электрической сети. Условно их разделяют на устройства: а) для компенсации реактивной мощности, потребляемой нагрузками и в элементах сети (поперечно включаемые батареи конденсаторов, синхронные компенсаторы, синхронные двигатели и тому подобные устройства), б) для компенсации реактивных параметров линий (продольно включаемые батареи конденсаторов, поперечно включаемые реакторы и т.д.).

Система электроснабжения - система, объединенная общим процессом генерирования и преобразования, передачи и распределения электрической энергии, и состоящая из источников и преобразователей электрической энергии, электрических сетей, распределительных устройств, а также устройств, обеспечивающих поддержание ее параметров в заданных пределах.

Срок окупаемости — период времени, необходимый для того, чтобы доходы, генерируемые инвестициями, покрыли затраты на инвестиции.

Теплоэлектроцентральный – разновидность тепловой электростанции, которая не только производит электроэнергию, но и является источником тепловой энергии в централизованных системах теплоснабжения в виде пара и горячей воды, в том числе и для обеспечения горячего водоснабжения и отопления жилых и промышленных объектов.

Установившийся режим энергосистемы - режим работы энергосистемы, при котором параметры режима могут приниматься неизменными.

Чистый дисконтированный доход — сумма ожидаемого потока платежей, приведенная к стоимости на настоящий момент времени.

Содержание

Введение	14
Глава 1. Математические критерии экономической эффективности капиталовложений в энергосбережение	16
1.1. Капиталовложения в энергосбережение, эксплуатационные расходы и платежи	17
1.2. Доходы от мероприятий по реализации оптимизационных режимов в схемах электроснабжения предприятий	18
1.3. Критерии экономической эффективности инвестиций	20
1.3.1. Чисто дисконтированный доход	20
1.3.2. Суммарные затраты	24
1.4. Математическая модель оптимального выбора узлов установки и мощности компенсирующих устройств в системах электроснабжения	25
Глава 2. Алгоритмизация оптимизационных режимов по реактивной мощности в распределительных сетях промышленных предприятий	29
2.1. Описание алгоритма программы, основанного на структурной блок-схеме	30
2.2. Расчет параметров экспериментальной схемы	34
2.3. Проведение экспериментальных исследований и анализ результатов	42
2.4. Выводы	53
Глава 3. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	54
3.1. Техничко-экономическое обоснование НИП	54
3.1.1. SWOT-анализ научно-исследовательского проекта	55
3.2. План работ по научно-исследовательскому проекту	57
3.2.1. Определение трудоемкости выполнения работ	57
3.3. Бюджет научно-исследовательского проекта (НИП)	64
3.3.1. Материальные расходы	65
3.3.2. Амортизационные отчисления	65
3.3.3. Расходы на оплату труда	67
3.3.4. Отчисления во внебюджетные страховые фонды	68
3.3.5. Накладные расходы	68
3.3.6. Себестоимость проекта	69
3.4. Оценка научно-технического уровня проекта	70
Глава 4. Социальная ответственность	73
4.1. Анализ выявленных вредных факторов	74

4.1.1. Микроклимат	75
4.1.2. Электромагнитное излучение	76
4.1.3. Освещение.....	77
4.1.4. Шум	79
4.2. Анализ выявленных опасных факторов.....	81
4.2.1. Электрический ток и статическое электричество.....	81
4.3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	84
4.4. Экологическая безопасность.....	86
4.5. Правовые и организационные мероприятия обеспечения безопасности.....	88
4.5.1. Требования к организации и оборудованию рабочих мест с ПК.....	88
4.5.2. Требования к организации режима труда и отдыха при работе за ПК. .	89
Заключение.....	92
Список использованных источников	93
Приложение А	
Приложение Б	
Приложение В	

Введение

В последнее время уделяют большое внимание повышению качества электроэнергии, т.к. оно может существенно оказывать влияние на надежность систем электроснабжения, расход электроэнергии, технологический процесс производства.

Одним из главных вопросов, решаемых на стадиях проектирования и эксплуатации схем электроснабжения, связанных с повышением качества электроэнергии в сетях, является вопрос о компенсации реактивной мощности, состоящий из выбора целесообразных источников, расчета и регулирования их мощности, размещения источников в схеме электроснабжения.

В схемах электроснабжения оптимальная КРМ включает в себя широкий спектр задач, связанных с улучшением качества электроэнергии, повышением экономичности функционирования электроустановок и включающих в себя способы выбора и расчета КУ, вопросы места установки КУ и их целесообразного размещения, а также осуществление перспективного научного подхода к разработке и решению алгоритма задачи рациональной компенсации реактивной мощности.

К уменьшению потерь мощности из-за перетоков реактивной мощности, достижению высоких технико-экономических показателей работы электроустановок, обеспечению надлежащего качества потребляемой электроэнергии за счет регулирования и стабилизации уровня напряжений в электросетях приводит рациональная компенсация реактивной мощности.

Сегодня прирост потребления реактивной мощности кардинально превышает прирост потребления активной мощности. Тем временем передача реактивной мощности на существенные расстояния от мест генерации до мест потребления значительно ухудшает технико-экономические показатели схем электроснабжения.

Степень интегральных дисконтированных затрат - основной показатель эффективности КРМ, который связан с передачей реактивной мощности по

электрическим сетям всех классов напряжений — от генераторов электрических станций до мест установки КУ. Чтобы максимально минимизировать эти затраты КУ должны устанавливаться достаточно близко к электроприемникам, т.е. в системах электроснабжения потребителей электроэнергии.

В данной работе разрабатывался алгоритм задачи компенсации реактивной мощности в схеме электроснабжения ОАО «Синтез». Целью работы является определение оптимального размещения КУ и рациональной компенсации реактивной мощности. Для достижения поставленной цели выполняются следующие задачи: подготовка теоретического материала, расчет критериев экономической эффективности, разработка алгоритма задачи компенсации в программном обеспечении «ОРТИУМ», расчет установившегося режима с учетом КУ, анализ результатов.

Объект исследования – схема электроснабжения ОАО «Синтез».

Предмет исследования – математические критерии экономической эффективности, алгоритм оптимизации режимов, выбор оптимальной мощности КУ.

Глава 1. Математические критерии экономической эффективности капиталовложений в энергосбережение

Передача реактивной мощности от источников ее генерации к электроприемникам связана как с потерями напряжения, так и активной мощности. Если потери напряжения влияют на режим напряжения, то потери активной мощности определяют экономические показатели схемы электроснабжения.

Стоимость производства реактивной мощности посредством батарей конденсаторов, устанавливаемых в местах ее потребления, в 10-20 раз меньше стоимости производства активной мощности на электростанциях необходимой для покрытия потерь активной мощности, связанных с передачей реактивной мощности к узлам ее потребления. Значит, стоимость передачи реактивной мощности к местам потребления является решающим фактором в определении места производства реактивной мощности.

Оптимальный выбор мест установки и мощности компенсирующих устройств (КУ) в системах электроснабжения должен основываться на обеспечении максимального экономического эффекта [4]. Для чего предполагается выбор критериев экономической эффективности и математическая запись целевых условий.

Оценка эффективности принятых технических решений базируется на ряде показателей таких как: чистый доход, срок окупаемости, суммарные затраты и др. Применительно к поставленной задаче оценки эффективности установки КУ ниже сформирован ряд критериев, учитывающих притоки (поступления) и выплаты денежных средств с учетом фактора времени (дисконтирование). Установка дополнительных КУ с одной стороны связана с капиталовложениями, с другой – со снижением платы за электроэнергию, в связи с уменьшением расходов на оплату потерь при передаче, оплату активной и реактивной энергии, и в целом, экономией денежных средств в дальнейшем.

1.1. Капиталовложения в энергосбережение, эксплуатационные расходы и платежи

Денежные затраты на установку КУ связаны с капиталовложениями, издержками на их эксплуатацию, налоговыми отчислениями.

Капитальные затраты на приобретение и установку КУ имеют составляющие, линейно зависящие от мощности КУ, и затраты на коммутационную, защитную и регулирующую аппаратуру, которые косвенно зависят от мощности КУ. Наличие последних создает разрывы в функции затрат. Для придания капитальным затратам формы гладкой линейной функции дискретные составляющие затрат учитываются посредством введения поправочного коэффициента в удельную стоимость КУ:

$$K_{\Sigma} = K_{\text{ку}(0,4)} + K_{\text{ку}(10)}, \quad (1.1)$$

$$K_{\text{ку}(0,4)} = K_{(0,4)} \cdot Z_{(0,4)} \cdot Q_{\text{ку}(0,4)}; K_{\text{ку}(10)} = K_{(10)} \cdot Z_{(10)} \cdot Q_{\text{ку}(10)} \quad (1.2)$$

где $Q_{\text{ку}(0,4)}, Q_{\text{ку}(10)}$ – установленная мощность КУ-0,4 кВ и КУ-10 кВ, кВАр;

$Z_{(0,4)}, Z_{(10)}$ – удельная стоимость КУ с учетом налога на добавленную стоимость, руб./кВАр;

$K_{(0,4)}, K_{(10)}$ – коэффициент, учитывающий удорожание, связанное с доставкой и монтажом КУ.

Годовые эксплуатационные расходы, связанные с ремонтом и обслуживанием КУ учитываются посредством нормативных отчислений от их стоимости:

$$I_{\text{ку}} = \alpha_{\text{р.о.}} \cdot K_{\Sigma}, \quad (1.3)$$

3)

где $\alpha_{\text{р.о.}}$ – ставка на годовые эксплуатационные расходы, $\alpha_{\text{р.о.}} = 0,08$ или 8%.

Амортизационные отчисления на реновацию ($\alpha_{\text{ам}}$) в составе эксплуатационных расходов не учитываются, поскольку амортизация не является оттоком денежных

средств, они могут расходоваться на цели, не связанные с рассматриваемыми затратами [2].

В рассматриваемой задаче экономия в электроэнергии достигается за счет установки КУ, т. е. увеличения стоимости имущества и, следовательно, налоги H составят:

$$H = \alpha_n K_\Sigma, \quad (1.4)$$

где α_n – ставка налога на имущество, $\alpha_n = 0,022$ или 2,2%.

1.2. Доходы от мероприятий по реализации оптимизационных режимов в схемах электроснабжения предприятий

При установке КУ в распределительных сетях повышается $\cos\varphi$, снижается $\operatorname{tg}\varphi$ в узле ведомственного раздела сетей, и как следствие, снижаются потери активной мощности. [7]

Ежегодная экономия платежей в денежном выражении в общем случае имеет три составляющие:

$$\mathcal{E}_\Sigma = \mathcal{E}_{\Delta P} + \mathcal{E}_P + \mathcal{E}_{\Delta Q} \quad (1.5)$$

Экономия, обусловленная снижением платы за потребляемую активную энергию:

$$\mathcal{E}_{\Delta P} = (\Delta P_{\Sigma\text{исх.}} - \Delta P_{\Sigma\text{тек.}}) \tau C_P = \delta P_\Sigma \tau C_P \quad (1.6)$$

где $\Delta P_{\Sigma\text{исх.}}$, $\Delta P_{\Sigma\text{тек.}}$ – суммарные потери активной мощности в максимальном режиме для исходной схемы и схемы с установками КУ и (или) использования компенсирующей способности синхронных двигателей и компенсаторов, кВт;

$\tau = (0,124 + \frac{T_M}{10000})^2 \cdot 8760$ – время максимальных потерь в году, час;

T_M – число часов использования максимальной нагрузки в году, час;

8760 – общее число часов в году, час;

C_P – тарифная стоимость активной электроэнергии, руб./кВт.ч.

Экономия, обусловленная снижением платы за заявленный максимум активной мощности (для предприятий с двухставочным тарифом):

$$\mathcal{E}_P = (P_{\max(\text{исх.})} - P_{\max(\text{тек.})}) C_{P(\max)} = \delta P_{\Sigma} C_{P(\max)} \quad (1.7)$$

где $P_{\max(\text{исх.})}$, $\Delta P_{\max(\text{тек.})}$ – величины активной мощности, потребляемой предприятием в период режима максимальной нагрузки питающей энергосистемы соответственно для исходной схемы и схемы с учетом мероприятий по компенсации реактивной мощности, кВт;

$C_{P\max}$ – тарифная стоимость заявленного максимума потребляемой мощности, руб./кВт. год.

Составляющая экономии \mathcal{E}_P имеет некоторую условность. Заявить $P_{\max(i)}$ на стадии заключения договора с энергоснабжающим предприятием с точностью до δP_{Σ} (имеет тоже значение, что и в (1.6)) на практике крайне затруднительно, учитывая что $P_{\max(i)}$ имеет элемент неопределенности.

Экономия за счет снижения платы за реактивную энергию. Оплате подлежит та часть реактивной энергии, которая потребляется сверх нормативных экономических значений ($W_{Q\mathcal{E}}$), если эти условия предусмотрены в договоре на пользование электроэнергией с энергоснабжающей организацией [6].

В рассматриваемых условиях эта экономия определяется:

$$\mathcal{E}_{\Delta Q} = [Q_{\phi(\text{исх.})} - Q_{\phi(\text{тек.})}] T_M C_q = \Delta Q T_M C_q \quad (1.8)$$

где C_q – тарифная стоимость реактивной энергии, потребленной сверхэкономических значений, определяется по договору, в долях и составляет 8% от одноставочного тарифа ($C_{p.o.}$), руб./кВАр.ч

$$C_q = 0,08 \cdot C_{p.o.} \quad (1.$$

9)

Минимальные значения $Q_{\phi(\text{исх.})}$ и $Q_{\phi(\text{нов.})}$ в выражении (1.8) определяются величиной экономической реактивной мощности:

$$Q_3 = P_M \cdot tg\varphi_3 \quad (1.10)$$

где $tg\varphi_3$ – относится к точке расчетного учета электроэнергии.

При увеличении глубины компенсации реактивной мощности $Q_{ф(нов.)}$ приближается к Q_3 и при ее достижении $Q_{ф(нов.)}$ принимается равной Q_3 и остается уже постоянной даже при последующем увеличении степени компенсации.

1.3. Критерии экономической эффективности инвестиций

1.3.1. Чисто дисконтированный доход

В основе экономической оценки эффективности инвестиционных проектов лежат денежные потоки, определяемые капиталовложениями и доходами [5]. Данные критерии эффективности базируются на функционалах, являющихся производными от составляющих денежных потоков. Фактор разновременности расходов и доходов учитывается приведением их к одному времени инвестирования, т.е. дисконтирования.

Важнейшим критерием экономической эффективности инвестиций в энергосберегающие мероприятия является чистый дисконтированный доход (ЧДД).

Доход (D_t) и чистый доход ($D_{чt}$) в год для момента времени t запишутся так:

$$D_t = \mathcal{E}_{\Sigma t} - И_{кy.t} - Н_t \quad (1.11)$$

$$D_{чt} = D_t - K_{\Sigma t} \quad (1.12)$$

Сумма дисконтированных чистых доходов (потоков платежей) представляет:

$$D_{ч.д.} = \sum_{t=1}^{T_p} D_{ч.t} (1 + E)^{-t}, \quad (1.13)$$

где T_p – расчетный период, годы;

E – норма дисконтирования.

Можно принять, что процесс реализации установки КУ производится в течение одного (нулевого) года, вследствие, относительно небольшого объема капитальных вложений, объема работ; тогда доходные поступления начинаются с первого года. Объем электропотребления по годам принят одинаковым, равно как и не приведенный доход D_t . С учетом сделанных допущений расчетное выражение (1.13) упрощается:

$$D_{\text{ч.д.}} = DD_S - K_{\Sigma}, \quad (1.14)$$

4)

где $D_S = \sum_{t=1}^{T_p} (1 + E)^{-t}$ – дисконтирующий множитель, который может быть рассчитан так же по выражению:

$$D_S = \left[1 - 1 / (1 + E)^{T_p} \right] / E. \quad (1.15)$$

ЧДД, являясь абсолютным показателем, указывает на эффективность сделанных денежных вложений при его положительном значении. ЧДД зависит от объема капиталовложений и, как следствие, имеет ограничение при сравнении вариантов, значительно различающихся по этой характеристике: больший ЧДД не всегда указывает на более эффективный вариант инвестирования.

При значении ЧДД равном нулю из уравнения (1.14) вытекает следующее соотношение:

$$K_{\Sigma} / D = T_{\text{ок}} = D_S, \quad (1.16)$$

где $T_{\text{ок}}$ – простой срок окупаемости, годы.

Дисконтирующий множитель D_S (1.15) зависит от двух параметров: нормы дисконтирования (E) и простого срока окупаемости (T_p).

Из условия (1.16) можно определить значение дисконтированного срока окупаемости $T_{\text{ок.д}}$ с учетом принятой ставки дисконтирования (E):

$$T_{\text{ок.д}} = -\frac{\ln(1 - T_{\text{ок}} E)}{\ln(1 + E)}, \quad (1.1)$$

7)

при котором чистый доход ($D_{ч.д.}$) отсутствует.[3]

Дисконтированный срок окупаемости определяет период времени, в течение которого вложенные денежные средства возвратятся с учетом процентной ставки. Этот показатель эффективности больше простого срока окупаемости $T_{\text{ок.д}} > T_{\text{ок}}$ и он соответствует $D_{ч.д.} = 0$.

Существенным минусом простого и дисконтированного срока окупаемости проекта является то, что они не учитывают деятельность проекта за пределами срока окупаемости и не могут применяться при сопоставлении вариантов, различающихся по продолжительности.

Поэтому критерий дисконтированного срока окупаемости следует рассматривать как вспомогательный. Он может применяться в качестве ограничителя при выборе инвестиционного проекта, т. е. из ряда рассматриваемых вариантов следует исключить варианты со сроком окупаемости выше некоторого принятого предельного значения.

Простой срок окупаемости (T_p) является вторым параметром, от которого зависит дисконтирующий множитель D_S . При заданном T_p , условие (1.16) определяет внутреннюю норму доходности $E = E_{\text{вн}}$, характеризующую такую ставку дисконтирования, при которой ЧДД равен нулю.

Показатель $E_{\text{вн}}$ показывает верхнюю предельную границу банковской процентной ставки при финансировании данного проекта за счет банковской ссуды. При превышении банковской процентной ставки значения $E_{\text{вн}}$ проект становится убыточным.

При продолжительном расчетном периоде T_p получим:

$$\frac{1}{(1 + E_{\text{вн}})^{T_p}} \rightarrow 0$$

И тогда оценить верхнюю границу внутренней нормы доходности можно, используя (1.15) и (1.16), можно так:

$$E_{\text{вн}} \approx 1/T_{\text{ок}}. \quad (1.18)$$

При $D_{\text{ч.д}} > 0$ имеем $E < E_{\text{вн}}$ или $T_{\text{ок}}E < 1$ и, следовательно, вложения позволяют получить прибыль.

1.3.2. Суммарные затраты

При сопоставлении нескольких альтернативных вариантов инвестиционного проекта с одинаковым производственным эффектом (объёмом реализованной продукции) в качестве критерия оптимальности целесообразно использовать критерий минимума суммарных затрат за расчетный период.[11] При сравнении вариантов достаточно учитывать не все затраты на объект, а лишь их изменяемую часть. Функционал суммарных дисконтированных затрат определяется суммой капитальных вложений и эксплуатационных издержек за расчетный период времени:

$$Z_{\Sigma д} = \sum_1^{T_p} (K_{\Sigma t} + И_{\Sigma t})(1 + E)^{-t}. \quad (1.1)$$

9)

Годовые эксплуатационные расходы для текущего года t определяются выражением

$$И_{\Sigma} = И_{ку} + Н + И_{\Delta P} + И_P + И_{\Delta Q}, \quad (1.2)$$

0)

где $И_{ку}$, $Н$ – определяются соответственно формулами (1.3), (1.4);

$И_{\Delta P} = \Delta P_{\Sigma \text{тек}} \tau C_P$ – стоимость потерь энергии текущего года t , тыс.р.;

$И_P = \Delta P_{\Sigma \text{тек}} C_{P(\text{max})}$ – составляющая платы за заявленный максимум мощности, обусловленный ΔP_{Σ} для года t , тыс.р.;

$И_{\Delta Q} = (Q_{\text{ф.тек}} - Q_{\text{э(норм.)}}) T_m C_q$ – плата за реактивную энергию, потребленную сверх нормативных экономических значений.

Принимая, как и ранее, капиталовложения в течение одного года и неизменность эксплуатационных расходов по годам, имеем упрощенную запись выражения (1.9):

$$Z_{\Sigma д} = K_{\Sigma} + I_{\Sigma} D_S, \quad (1.2)$$

1)

что равносильно критерию эквивалентных среднегодовых затрат

$$Z_{ср.г} = K_{\Sigma} / D_S + I_{\Sigma}. \quad (1.2)$$

2)

Отметим, что в условиях плановой экономики использовался критерий годовых приведенных затрат, совпадающий по записи с выражением (1.22), в котором коэффициент D_S представлял нормативный срок окупаемости ($D_S = T_{ок.норм.}$), а $1/D_S = E_{норм.}$ – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений. Параметр $E_{норм.}$ дифференцировался по отраслям и составлял для электроэнергетики 0,12.

1.4. Математическая модель оптимального выбора узлов установки и мощности компенсирующих устройств в системах электроснабжения

Оптимальный выбор мест установки и мощности компенсирующих устройств в системах электроснабжения нацелен на нахождение такого решения, которое смогло бы обеспечить максимальный экономический эффект при соблюдении всех необходимых технических условий нормальной работы электроприемников и электрических сетей.

Решение данной задачи при строгом подходе связано с некоторыми сложностями. Для упрощения задачи разрешается принять ряд допущений, существенно не влияющих на конечные результаты.

Потери активной мощности на элементарном участке электрической сети можно определить по следующему выражению:

$$\Delta P = \frac{(P_H + \delta P)^2}{U^2} R + \frac{(Q_H + \delta Q)^2}{U^2} R = \Delta P_P + \Delta P_Q, \quad (1.2)$$

3)

где P_H , Q_H – мощности на данном участке, определяемые только мощностью нагрузок;

$\delta P, \delta Q$ – потери активной и реактивной мощности на предшествующих участках схемы;

R – активное сопротивление участка;

U – напряжение.

Для распределительных сетей 35; 10 (6); 0,4 кВ вполне приемлемо сделать следующие допущения:

1) ΔP_P не зависит от Q ; ΔP_Q не зависит от δQ , которая является величиной второго порядка малости по отношению к Q ;

2) ΔP_Q определяется по среднему номинальному напряжению, одинаковому для всех узлов.

Эти допущения принимаются только на стадии получения общих закономерностей оптимального распределения реактивной мощности в схеме.

Условие минимума функционала среднегодовых затрат закладывается в основу получения закономерностей оптимального режима реактивной мощности либо по (1.22), либо с учетом выше изложенного в следующем виде:

$$Z_{\text{ср.г}} = Z_{\text{ку}(0)} Q_{\text{ку}} + Z_{\Delta P(0)} \Delta P + Z_{Q(0)} (Q_{\text{ф.тек}} - Q_{\text{э(норм.)}}) \rightarrow \min, \quad (1.2)$$

4)

где $Z_{\text{ку}(0)} = (1/D_S + \alpha_{\text{р.о.}} + \alpha_{\text{н}}) k_y Z_{\text{уд}}$ – удельные приведенные затраты на КУ;

$Z_{\Delta P(0)} = C_{P(\text{max})} + C_P \tau$ – удельные затраты на потери активной мощности и удельные затраты энергии в схеме;

$Z_{Q(0)} = T_M C_q$ – удельная плата за реактивную энергию.

Введем новую переменную:

$$Q_{\text{ЭК}} = Q_{\text{наг.}} - Q_{\text{КУ}} \quad (1.25)$$

которая представляет не скомпенсированную мощность нагрузки.

В выражении (1.24) фактическая реактивная мощность ($Q_{\text{ф.тек}}$) на участках схемы после установки КУ является $Q_{\text{ЭК}}$; параметр $Q_{\text{Э(норм.)}}$ для схемы является величиной заданной и не зависящей от оптимизируемых параметров.

Потери активной мощности на участке:

$$\Delta P = \frac{Q_{\text{ЭК}}^2}{U^2} R.$$

С учетом пояснений и произведенной замены переменных выражение функционала среднегодовых затрат для элементарного участка (1.24) запишется в следующем виде:

$$Z_{\text{ср.г}} = Z_{\text{КУ}(0)}(Q_{\text{наг.}} - Q_{\text{ЭК}}) + Z_{\text{Q}(0)}(Q_{\text{ЭК}} - Q_{\text{Э(норм.)}}) + Z_{\Delta P(0)} \frac{Q_{\text{ЭК}}^2}{U^2} R. \quad (1.2)$$

6)

Из условия минимума целевой функции $Z_{\text{ср.г}}$:

$$\frac{dZ_{\text{ср.г}}}{dQ_{\text{ЭК}}} = -Z_{\text{КУ}(0)} + Z_{\text{Q}(0)} + \frac{2Z_{\Delta P(0)} Q_{\text{ЭК}}}{U^2} R = 0.$$

Получим:

$$Q_{\text{ЭК}} = E_3 / R, \quad (1.2)$$

7)

где E_3 – потенциал затрат:

$$E_3 = \frac{(Z_{\text{КУ}(0)} - Z_{\text{Q}(0)}) U^2}{2Z_{\Delta P(0)}},$$

по физическому смыслу представляет потенциал затрат, а $Q_{\text{ЭК}}$ – расчетную экономическую реактивную мощность нагрузки. В ходе расчетов система (1.27)

дополняется уравнениями установившегося режима, что сглаживает погрешность от принятых допущений.

С учетом ранее принятых условий выражение чисто дисконтированного дохода в форме (3\1.14) может быть представлено в эквивалентном виде:

$$D_{\text{ср.г}} = D - K_{\Sigma} / D_S, \quad (1.2)$$

8)

что аналогично с (1.22) критерию среднегодового дохода.

Условию максимума функционала (1.28) соответствует соотношение (1.27). В условиях данной задачи критерий суммарных дисконтированных затрат равносителен критерию чисто дисконтированного дохода и точка максимума $D_{\text{ср.г}}$ соответствует точке минимума $Z_{\text{ср.г}}$.

Оптимальному режиму реактивной мощности соответствует естественное потокораспределение в расчетной схеме с активными сопротивлениями, экономическими реактивными нагрузками и потенциалами затрат источников реактивной мощности. Уравнение (1.27), отражающее оптимизационный режим для схемы произвольной структуры, удобнее представить в следующем эквивалентном виде:

$$Q_{\text{эк}} = GE, \quad (1.2)$$

9)

где G – матрица активных проводимостей схемы;

E – вектор узловых потенциалов;

$Q_{\text{эк}}$ – вектор экономических потоков реактивной мощности.

С помощью (1.29) можно определить $Q_{\text{эк}}$ и, как следствие, мощность КУ:

$$Q_{\text{ку}} = Q_{\text{наг.}} - Q_{\text{эк}}. \quad (1.3)$$

0)

Принятая линейная модель отражает закономерность оптимального потокораспределения реактивной мощности в схеме, не учитывая влияния принятых допущений. Для устранения погрешности этих допущений система (1.29) дополняется уравнениями установившегося режима.

Расчет установившегося режима электрической сети заключается в определении потокораспределения по ветвям и векторов напряжений в узлах схемы.

Исходной информацией для расчета установившегося режима являются: расчетные мощности нагрузок, структура электрической сети с параметрами её элементов, классы напряжения и коэффициенты трансформации трансформаторов и др.

Глава 2. Алгоритмизация оптимизационных режимов по реактивной мощности в распределительных сетях промышленных предприятий

Задача оптимизации режима реактивной мощности может решаться в различных постановках. Это зависит от цели поставленной задачи, стадии решения и принятых ограничений.

В обобщённой постановке выбор оптимальной мощности и мест размещения КУ производится по критерию минимума функционала среднегодовых затрат на КУ и эксплуатационные расходы. Компромисс между дополнительными капиталовложениями и достигаемым снижением потерь обеспечивают приведенные затраты. Расчеты по данному критерию позволяют определить в узле подключения сети к энергосистеме расчетное экономическое значение $\text{tg}\varphi_{\text{Э(расч.)}}$. [9]

В другой постановке мощность принятых к установке КУ должна обеспечивать заданный $\text{tg}\varphi = Q/P$ в узле ведомственного раздела сетей. Здесь также условием оптимальности является минимум функционала среднегодовых затрат при некотором ограничении $\text{tg}\varphi = \text{tg}\varphi_{\text{(заданный)}}$. Для выбора наилучшего варианта необходимо определить оптимальные узлы размещения КУ и их

мощность на 0,4 кВ и (или) 6 (10) кВ. Значение $\text{tg}\varphi$ может диктоваться режимными соображениями, либо условиями экономичности распределительной сети согласно принятому нормативу. В этих условиях $\text{tg}\varphi$ в узле ведомственного раздела принимается равным нормативному экономическому значению $\text{tg}\varphi_{\text{Э(норм.)}}$.

Третий путь: при наличии КУ в схеме задача сводится к оперативной или сезонной оптимизации режима. При этом критерием эффективности является минимум потерь активной мощности с учетом ограничений на заданную суммарную мощность КУ и располагаемую мощность каждого источника.

Не зависимо от постановки задачи, каждую из них можно формализовать единым математическим описанием. Имеющиеся особенности отражаются в программно – алгоритмической реализации.

В Томском политехническом университете разработана компьютерная программа «ОРТИУМ», позволяющая рассчитывать оптимизационные режимы реактивной мощности распределительных сетей 35 кВ, 10(6) кВ, 0.4 кВ.

В качестве условий оптимизации приняты критерии:

- минимум среднегодовых затрат;
- минимум функционала среднегодовых затрат при ограничении в форме заданных $\text{tg}\varphi = \text{tg}\varphi_{\text{(заданный)}}$ или $Q_{\text{(заданный)}}$ в узле питания; в частном случае в качестве последних могут выступать $\text{tg}\varphi_{\text{Э(норм.)}}$ или $Q_{\text{Э(норм.)}}$;
- минимум потерь активной мощности с учетом ограничений по располагаемой мощности каждого КУ.

2.1. Описание алгоритма программы, основанного на структурной блок-схеме

Укрупненная блок-схема комплекса «ОРТИУМ» может дать общее представление о взаимодействии программных модулей (рисунок 2.1).

Далее изложено краткое описание программных модулей и последовательность их взаимодействия.

Блок №2. Производит ввод исходных данных и вывод их на печать в целях контроля. Вывод исходной информации осуществляется по желанию.

Блок № 3. «Топология» осуществляет предварительно обработку исходной информации по структуре схемы и параметрам ее элементов с целью удобного и компактного представления информации.

Анализ признаков «включенной» и «отключенной» ветви позволяет выделить только ту часть схемы, которая имеет электрическую связь с балансирующим узлом. В этой части схемы выделяется дерево сети. Производится упорядоченная нумерация по дереву сети так, что по мере удаления от балансирующего узла идет последовательное нарастание номеров узлов, образующих расчетную нумерацию.

Диагностируется соответствие принятых коэффициентов трансформации трансформаторов номинальным напряжениям ступеней и при наличии ошибки выдается сообщение с указанием номера ветви и ее расположения в массиве исходных данных.

Также имеется возможность осуществлять автоматизированный выбор узлов – претендентов на установку КУ.

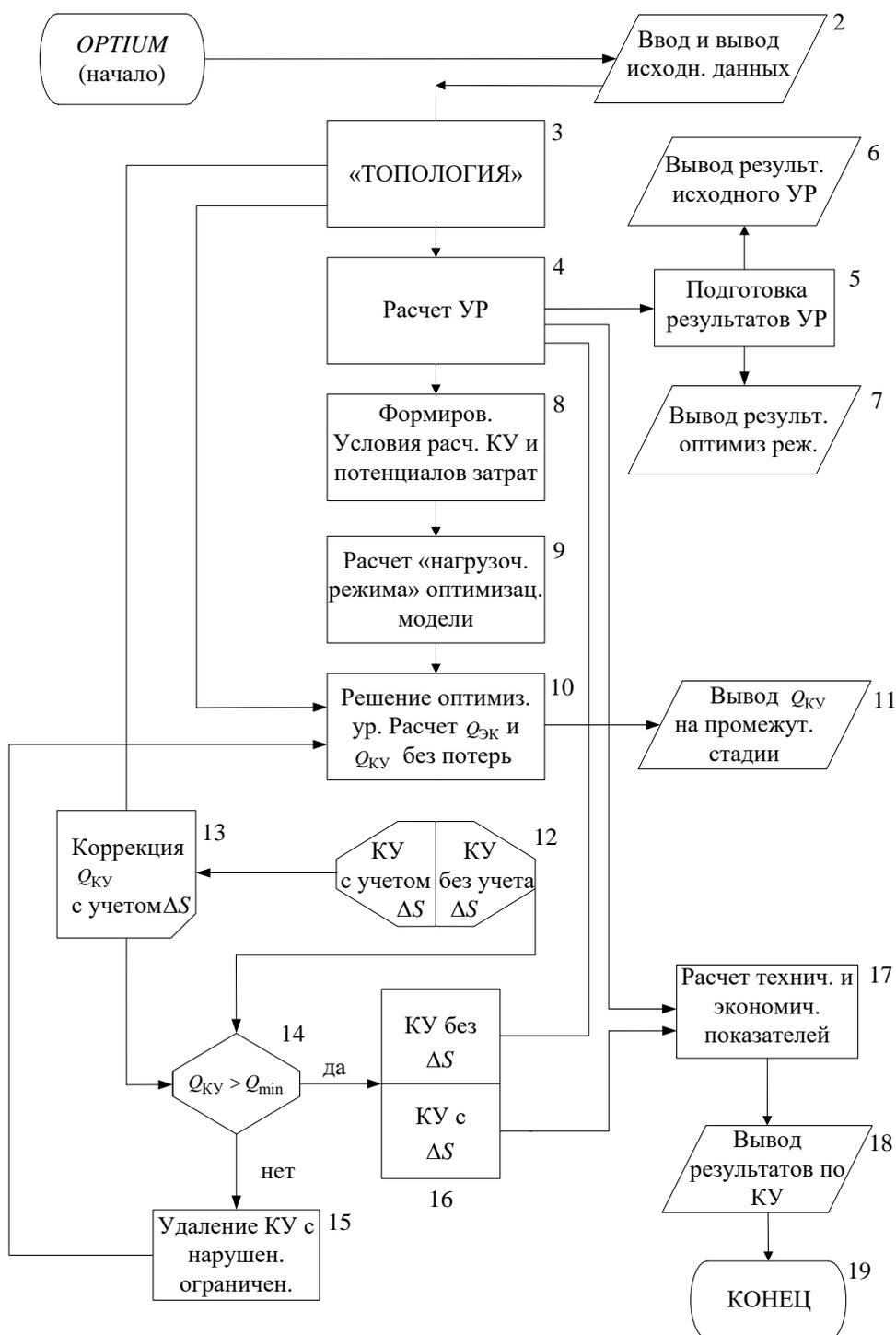


Рисунок 2.1 - Блок-схема комплекса программ «ОПТИУМ»

Блок №4. Осуществляет расчет установившегося режима электрической сети. Выходной информацией являются модули и фазы напряжений узлов. При решении задачи оптимизации режима реактивных мощностей идет многократное обращение к этому модулю из разных частей программы.

Блок №5. Производит подготовку результатов установившегося режима к печати: потокораспределение, суммарные потери активной и реактивной мощностей, КПД и ряд других характеристик, которые выводятся на печать по усмотрению (модули 6, 7). Если задача ограничена расчетом собственно установившегося режима, то осуществляется завершение программы.

Блок №8. Подготавливает информацию для балансирующего узла в зависимости от принятых критериальных условий для оптимизационного режима, рассчитывает потенциалы затрат узлов с КУ – 6 (10) кВ; 0,4 кВ.

Блок №9. Реализуется алгоритм расчета собственно нагрузочного режима реактивной мощности в соответствии с оптимизационной моделью.

Блок №10. По результатам решения оптимизационной системы уравнений рассчитываются мощности КУ в узлах – претендентах без учета потерь. Возможность вывода на печать полученных результатов и их подготовку осуществляет блок №11.

Блок №12. Осуществляет логическое разделение последующих путей в зависимости от принятых условий расчета мощности КУ: с учетом или без учета реальных потерь реактивной мощности.

Полученные на этой стадии данные мощности КУ обеспечивают режим, в котором реальная реактивная мощность в балансирующем узле больше заданной или рассчитанной экономической мощности за счет потерь в схеме. Для устранения этого несоответствия (вызванного упрощенной математической моделью) осуществляется корректировка мощности КУ в сторону их увеличения. Это достигается в итерационном цикле: решение оптимизационных уравнений – расчет установившегося режима. Это взаимодействие обеспечивается блоком №13.

Блок №14. Выявляются узлы, в которых расчетная мощность КУ меньше практически приемлемой $Q_{ку(min)}$, которая устанавливается на стадии формирования задания. Нарушение этого ограничения приводит к необходимости не предусматривать в этих узлах КУ. Удаление этих КУ приводит к возрастанию мощности КУ в оставшихся узлах и, вполне естественно, что вместе с этим может исчезнуть нарушение ограничения для ряда других узлов. Из множества узлов с

нарушением ограничения выбирается тот, в котором это нарушение имеет максимальное значение (блок №15). В последующем весь процесс выбора КУ повторяется с начальных позиций.

По завершению расчета оптимизационного режима определяются основные технические и экономические показатели схемы (блок №17).

Блок №18. Осуществляет подготовку и вывод результатов расчета оптимизационного режима.

На этом завершается процесс выбора мест установки и мощности КУ.

2.2. Расчет параметров экспериментальной схемы

ОАО «Синтез» согласно схеме внешнего электроснабжения питается генераторным напряжением от ГРУ-10 кВ энергоснабжающей организации Курганской ТЭЦ. Схема электроснабжения ОАО «Синтез» представлена в виде однолинейной электрической схемы (рис. 2.2).

Для простоты и удобства при расчете при имеющейся радиальной структуре схемы электроснабжения ОАО «Синтез» электрическую сеть можно разделить на две независимые секции шин 10 кВ:

- СШ-1 питается от генераторного распределительного устройства КТЭЦ ГРУ-10 кВ по фидеру №1 ячейка №10;
- СШ-2 также питается от КТЭЦ ГРУ-10 кВ по фидеру №2 ячейка №28.

Для расчета режимов и проведения анализа, полученных при этом результатов применяется схема, изображенная на рисунке 2.3 и 2.4, на которых представлена структурная принципиальная расчетная схема электроснабжения ОАО «Синтез» РП-1 10 кВ СШ-1 и СШ-2.

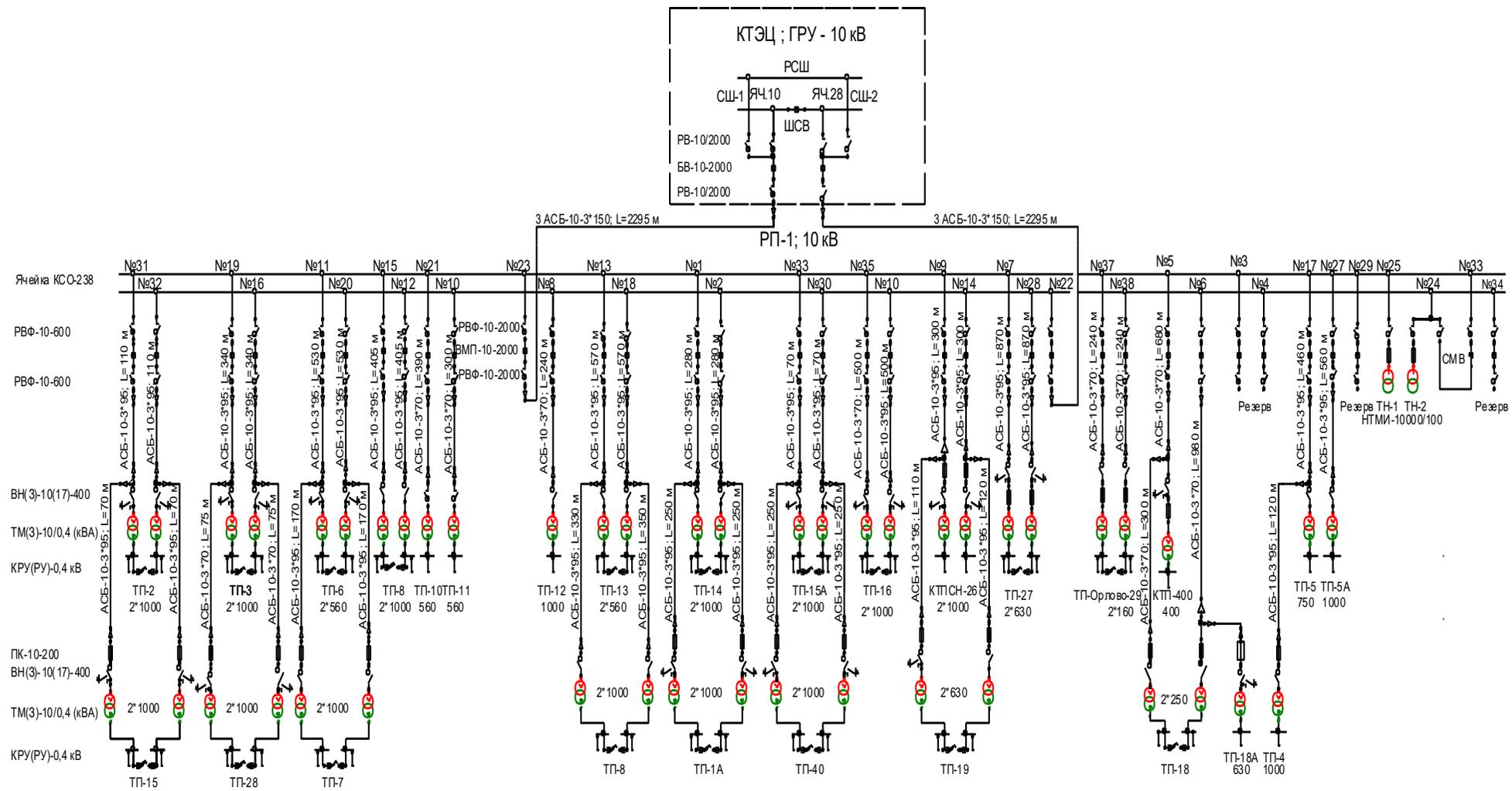


Рисунок 2.2 – Схема электроснабжения ОАО «Синтез» РП-1 10 кВ (однолинейная электрическая)

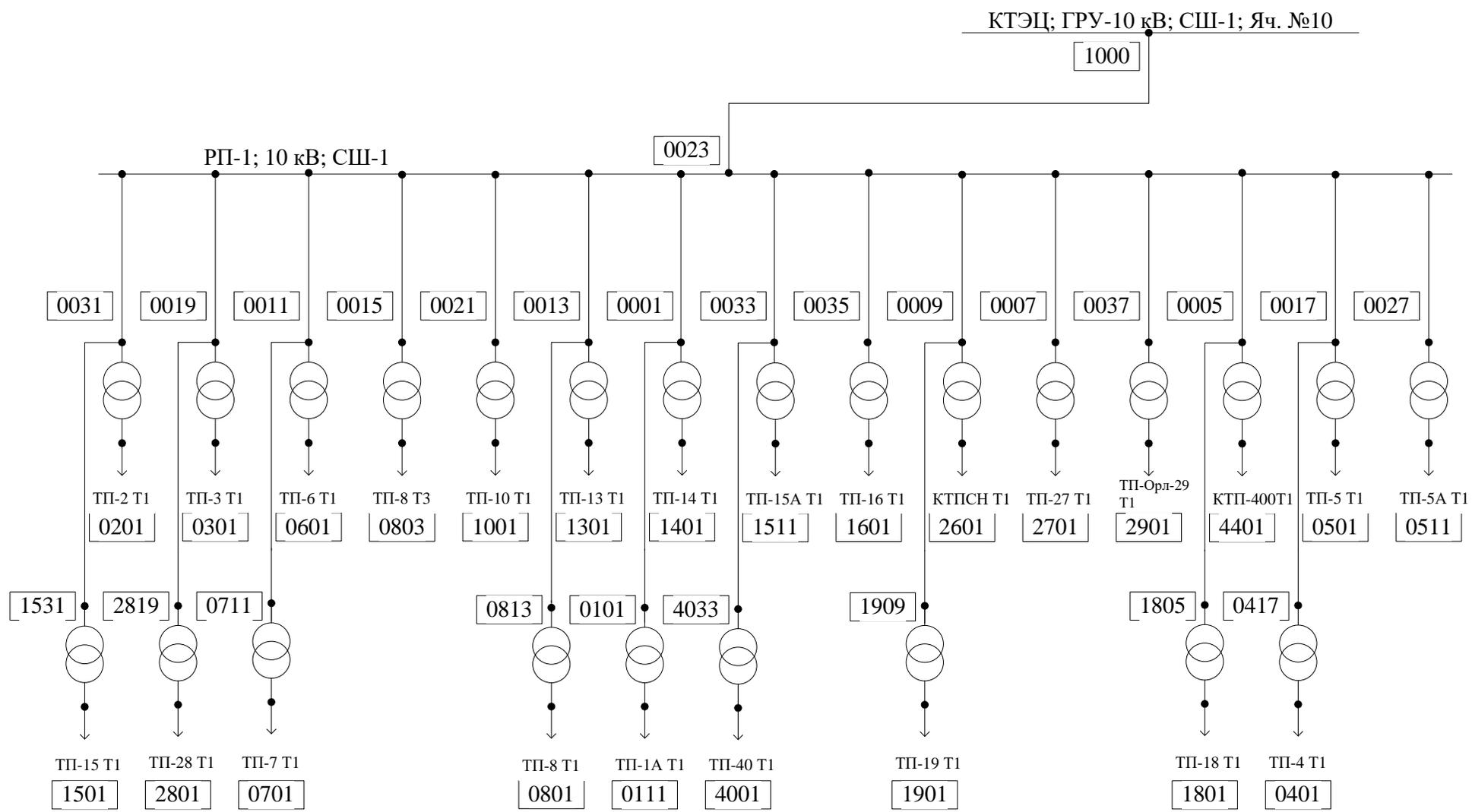


Рисунок 2.3 – Структурная принципиальная расчетная схема ОАО «Синтез» РП-1 10 кВ СШ-1

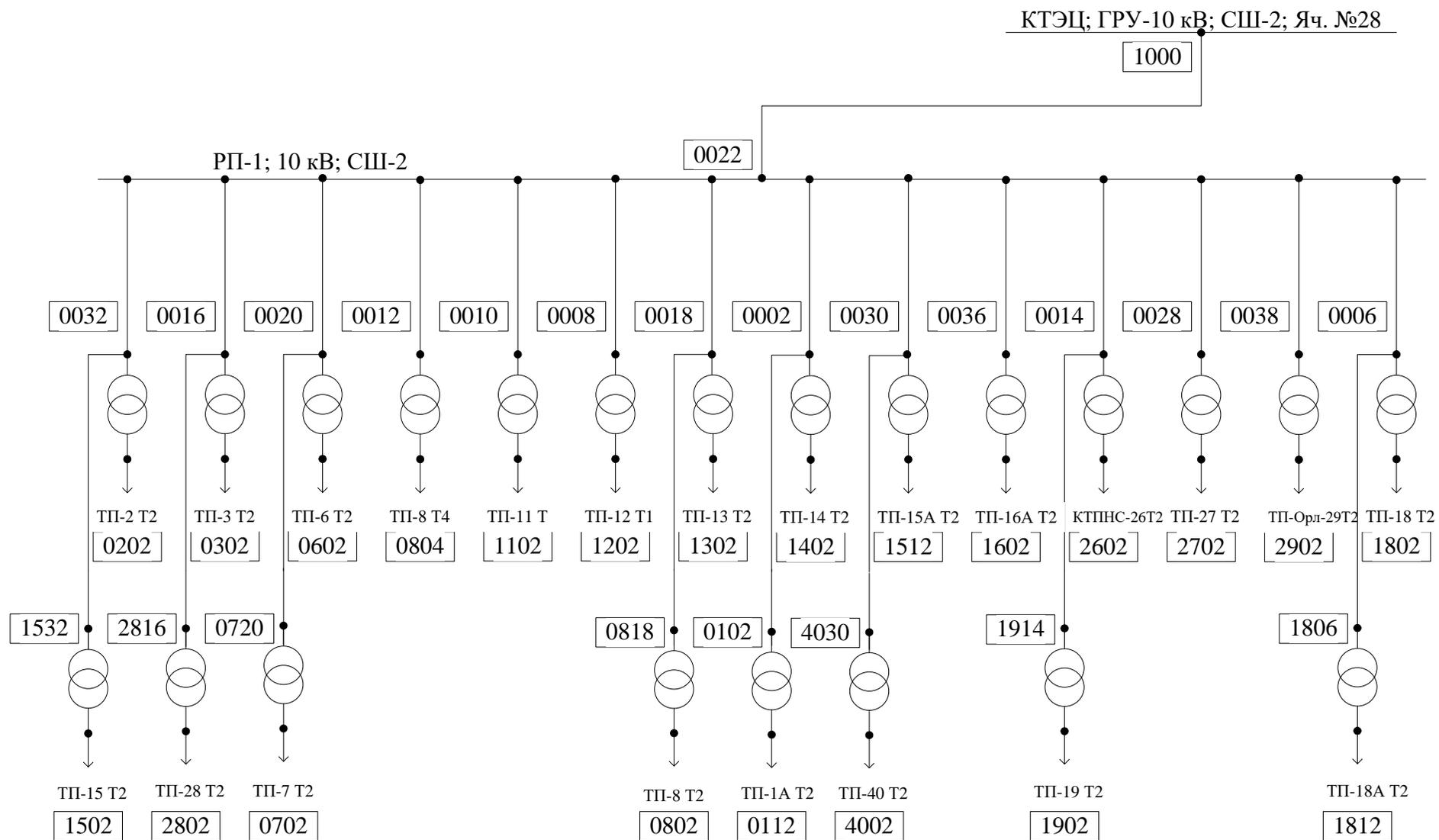


Рисунок 2.4 – Структурная принципиальная расчетная схема ОАО «Синтез» РП-1 10 кВ СШ-2

Система распределительных сетей 10 кВ работает с изолированной нейтралью. Напряжение от ГРУ-10 кВ приходит на РП №1, РП №2, РП №3.

РП-1 10 кВ является наиболее нагруженным узлом схемы электроснабжения ОАО «Синтез»: от ГРУ-10 кВ по кабельным линиям 10 кВ поступает питание на вводы №1, 2 ячейки №23, 22 соответственно. А именно фидер №1 - 10 кВ от ячейки №10 ГРУ-10 кВ КТЭЦ питает ввод №1 (СШ-1) и фидер №2 - 10 кВ от ячейки №28 ГРУ-10 кВ КТЭЦ - ввод №2 (СШ-2). Каждый фидер состоит из трех параллельно проложенных в земле кабелей марки АСБ-10-3×150 в траншее на глубине 0,7÷1,0 м.

Вводные ячейки типа КСО-238 №23, 22 укомплектованы линейным и шинным разъединителями типа РВФ-10-2000, масляным выключателем типа ВМП-10-2000 и двумя трансформаторами тока типа ТПОЛ-10-2000/5, через которые, напряжение приходит на одну секцию шин. В нормальном режиме работы в схеме РП-1 10 кВ секционный масляный выключатель (СМВ) отключен, находясь в режиме автоматического включения резерва (АВР) при аварийном отключении одного из вводов в целях обеспечения потребителей надежным электроснабжением в соответствии с их категорией.

Точкой ведомственного раздела сетей по балансовой принадлежности являются кабельные наконечники фидеров №1, №2 на КТЭЦ в ГРУ-10 кВ, ячейки №10, 28 по договору с гарантирующим поставщиком ОАО «Энергосбыт».

Питание распределительной сети 10 кВ осуществляется по простой радиальной разветвленной схеме. Распределительная сеть включает в себя последовательно или параллельно соединенные элементы: РП-1 10 кВ; распределительные сети 10 кВ, выполненные кабелем марки АСБ-10-3×150, АСБ-10-3×95 и АСБ-10-3×70; понижающие трансформаторы марки ТМ (З)-10/0,4 кВ со схемой соединения обмоток (Y/Y0); КРУ(РУ)-0,4 кВ и распределительной сети 0,4 кВ с нагрузкой. Данные по кабельным линиям (таблица 2.1) и трансформаторам (таблица 2.2) представлены в ниже. Электроприемники потребителей работают при напряжении 0,4 кВ с системой TN с глухозаземленной нейтралью.

Таблица 2.1 – Данные по кабельным линиям

Марка провода	R, Ом/м	X, Ом/м
АСБ-10-3×150	0,206	0,079
АСБ-10-3×95	0,326	0,086
АСБ-10-3×70	0,447	0,083

Таблица 2.2 – Данные по трансформаторам

Тип	S _{ном} , кВА	U _в , кВ	U _н , кВ	u _к , %	P _к , кВт	Δ P _x , кВт	I _x , %	R _T , Ом	X _T , Ом	Δ Q _x , квар
ТМ-1000/10	1000	10	0,4	5,5	12,2	2,45	1,4	1,22	5,35	26
ТМ-750/10	750	10	0,4	5,5	10,3	1,95	1,8	1,5	6,8	22,5
ТМ-630/10	630	10	0,4	5,5	7,6	1,42	2,0	2,12	8,5	18,9
ТМ-560/10	560	10	0,4	4,5	6,4	1,22	2,05	1,8	9,1	16,7
ТМ-400/10	400	10	0,4	4,5	5,5	0,92	2,1	3,7	10,6	12,0
ТМ-250/10	250	10	0,4	4,5	3,7	1,05	2,3	6,7	15,6	9,2
ТМ-160/10	160	10	0,4	4,5	2,65	0,46	2,4	4,35	10,2	3,8

В большинстве случаев на цеховых трансформаторных подстанциях установлено по два трансформатора, питающихся от разных СШ по кабельным линиям 10 кВ для обеспечения резервирования при выходе из работы одной из линий. В КРУ (РУ) – 0,4 кВ установлены секционные автоматические выключатели типа АВМ с различными номинальными токами.

Основные потребители электроэнергии являются: цеховая смешанная активно-индуктивная нагрузка, в основном представленная двигательной нагрузкой, так как все механизмы и установки приводятся в движение с помощью асинхронных двигателей мощностью от 0,6 кВт до 250 кВт.

Потребители с чисто активной нагрузкой представлены лампами накаливания в светильниках и разнообразными ТЭНами и другими нагревательными устройствами.

Значения расчетных активных мощностей нагрузок приняты согласно данным программы ОАО «Синтез» АСДУ «КТС Энергия», установленной на ПК предприятия в диспетчерской оперативной службе электроцеха.

Следует отметить, что в схеме электроснабжения ОАО «Синтез» отсутствуют потребители на напряжении 10 кВ.

Нагрузка на шине 10 кВ, представленная цеховыми ТП 10/0,4 кВ, также включает в себя потери в трансформаторах и КЛ-10 кВ.

Данные учета потребленной активной текущей, получасовой и часовой мощности, собраны приборами учета отдельно по объектам потребления и суммарно по каждому КРУ (РУ)-0,4 кВ и по 10 кВ по каждой ячейке РП-1 10 кВ.

Что касается потерь мощности при передаче в КЛ-10 кВ от секций шин РП-1 10 кВ до трансформаторов, то их подсчет производит сама программа «ОРТИУМ», а потери же в КЛ-0,4 кВ и потери у самих потребителей (в электродвигателях) можно не рассчитывать, потому что они уже учтены в данных «КТС Энергия» по суммарным узловым нагрузкам.

Действующие нагрузки цеховых ТП по цехам приняты за расчетные нагрузки в узлах питания потребителей предприятия, учитывая принадлежность их к трансформатору №1 или №2 двухтрансформаторных подстанций.

Программа «КТС-Энергия» предоставила электрические нагрузки всех цеховых трансформаторных подстанций ОАО «Синтез» в максимальном режиме работы. Эти данные указаны в таблице 2.3 и приняты за расчетные.

Таблица 2.3 – Показатели электрических нагрузок цеховых ТП

Диспетчерский номер трансформаторной подстанции	Расчётные значения нагрузок					
	Трансформатор №1 от СШ - 1			Трансформатор №2 от СШ - 2		
	P, кВт	cosφ	Q, кВАр	P, кВт	cosφ	Q, кВАр
ТП-1А	100,0	0,78	80,228	81,0	0,74	73,623
ТП-2	111,2	0,77	92,143	184,5	0,8	138,375
ТП-3	155,0	0,75	136,697	177,3	0,81	128,363
ТП-4	180,0	0,82	125,64	-	-	-
ТП-5	0	-	0	-	-	-
ТП-5А	104,0	0,77	86,177	-	-	-
ТП-6	197,1	0,76	168,552	227,1	0,8	170,325
ТП-7	0	-	0	-	-	-
ТП-8 Т-1,2	51,0	0,73	47,748	-	-	-
ТП-10	120,0	0,79	93,13	-	-	-
ТП-11	-	-	-	146,0	0,81	105,702
ТП-12	-	-	-	150,0	0,76	128,274
ТП-13	0	-	0	51,0	0,74	46,355
ТП-14	160,0	0,78	128,32	190,0	0,81	137,56
ТП-15	221,0	0,8	165,75	113,0	0,82	78,875
ТП-15А	76,0	0,77	62,976	0	-	0
ТП-16	150,8	0,82	105,259	200,0	0,83	134,4
ТП-18	0	-	0	80,0	0,73	74,898
ТП-18А	-	-	-	0	-	0
ТП-19	188,0	0,81	136,11	120,0	0,78	96,274
ТП-Орлово-26	0	-	0	70,0	0,8	52,5
ТП-27	175,0	0,77	145,01	0	-	0
ТП-28	92,6	0,76	79,188	0	-	0
КТПСН-29	0	-	0	0	-	0
ТП-40	194,0	0,79	150,56	121,8	0,75	107,418
КТП-400	65,0	0,75	57,325	-	-	-

Используя данные таблицы 2.3 о составе и параметрах нагрузок ТП 0,4 кВ, видно, что там, где отсутствует нагрузка у трансформатора, то он работает на

холостом ходу с потерями холостого хода. Потери холостого хода являются справочной величиной и взяты из источника, а вот потери полной мощности в трансформаторе можно определить.

Работоспособность и возможности программы «ОРТИУМ» демонстрируются на примере расчета оптимизационного режима реактивной мощности для схемы внешнего электроснабжения ОАО «Синтез».

Данные о нагрузках КЛ-10 кВ, заносимые в исходные файлы программы «ОРТИУМ», приняты за мощности холостого хода трансформаторов, а нагрузка СШ-1 и СШ-2 РП-1 10 кВ отсутствует (равна нулю).

Программа «ОРТИУМ» сама произведет расчет потерь в распределительных сетях, потери активной и реактивной мощности по СШ-1 и СШ-2 РП-1 10 кВ.

В некоторой степени потери снижаются за счет увеличенного сечения КЛ-10 кВ потому что, при этом уменьшается сопротивление, а пропускная способность линии возрастает и уменьшаются потери напряжения. Работа трансформаторов на холостом ходу вызывает излишние потери как в самом трансформаторе, так и в системе электроснабжения, из-за низкого коэффициента мощности в режиме холостого хода. Такой же результат наблюдается у недогруженных двигателей. Либо необходимо увеличить коэффициент загрузки таких двигателей, либо заменить их на менее мощные электродвигатели.

Формирование исходных файлов для программы «ОРТИУМ» производится заполнением массивов данных по узлам и ветвям схемы, используя данные параметров нагрузок секций шин 0,4 кВ ТП-10/0,4 кВ и параметры линии (Приложение А).

2.3. Проведение экспериментальных исследований и анализ результатов

Для оценки экономической эффективности установки КУ на предприятии ОАО «Синтез» были осуществлены расчеты в программе «ОРТИУМ» в целях определения оптимальной степени компенсации реактивной мощности. Также была

произведена оценка влияния платы за заявленный максимум мощности и за реактивную энергию.

При установке КУ рассматривалось три основных варианта:

1) установка КУ-10 кВ на секциях шин 10 кВ РП-1 10 кВ;

2) установка КУ-0,4 кВ на секциях шин 0,4 кВ цеховых ТП-10/0,4 кВ, которые являются наиболее электрически удаленными и имеют значительную нагрузку;

3) совместная установка КУ-0,4 кВ и 10 кВ.

Расчеты в программе для всех трех вариантов проводились при рассмотрении различной степени компенсации ($\text{tg}\varphi$) и при варьировании этого показателя в пределах $\text{tg}\varphi=0,3\div 0,8$. Полученные значения интегральных показателей режимов P , Q , ΔP , ΔQ , $Q_{\text{ку}}$ представлены в таблицах. 2.4-2.7.

Таблица 2.4. - Интегральные показатели исходного режима схемы СШ-1 в естественных условиях (без КУ)

$\text{tg}\varphi$, о.е.	Активная мощность балансирующего узла P , кВт	Реактивная мощность балансирующего узла Q , кВАр	Суммарные потери активной мощности, ΔP , кВт	Суммарные потери реактивной мощности ΔQ , кВАр	Расчетная мощность КУ $Q_{\text{ку}}$, кВАр
СШ-1 $\text{tg}\varphi=0,9$	2427,286	2185,542	24,945	41,438	0

Таблица 2.5 - Интегральные показатели режима при установке КУ-0,4 кВ на цеховых ТП по схеме от РП-1 10 кВ СШ-1

tgφ, о.е.	Активная мощность балансирующего узла P , кВт	Реактивная мощность балансирующего узла Q , кВАр	Суммарные потери активной мощности, ΔP , кВт	Суммарные потери реактивной мощности ΔQ , кВАр	Расчетная мощность КУ $Q_{ку}$, кВАр
0,8	2424,728	1942,454	22,387	36,343	250
0,7	2422,692	1699,415	20,352	32,981	500
0,6	2421,07	1456,715	18,729	30,49	720
0,5	2419,625	1213,769	17,285	28,292	950
0,4	2418,614	972,827	16,273	26,739	1200
0,3	2417,749	729,143	15,408	25,546	1440

Таблица 2.6 - Интегральные показатели режима схемы при установке КУ-10 кВ на РП-1 10 кВ СШ-1

tgφ, о.е.	Активная мощность балансиру- ющего узла P , кВт	Реактивная мощность балансиру-ющего узла Q , кВАр	Суммарные потери активной мощности, ΔP , кВт	Суммарные потери реактивной мощности ΔQ , кВАр	Расчетная мощность КУ $Q_{ку}$, кВАр
0,8	2425,883	1941,814	23,543	40,853	270
0,7	2424,59	1699,057	22,249	40,355	500
0,6	2423,536	1456,407	21,196	39,993	750
0,5	2422,548	1213,635	20,208	39,576	1100
0,4	2421,77	970,877	19,429	39,274	1200
0,3	2421,201	728,134	18,861	39,047	1500

Таблица 2.7 - Интегральные показатели режима схемы при совместной установке КУ-0,4 кВ и КУ-10 кВ на РП-1 10 кВ СШ-1

tgφ, о.е.	Активная мощность балансиру- ющего узла P , кВт	Реактивная мощность балансиру-ющего узла Q , кВАр	Суммарные потери активной мощности, ΔP , кВт	Суммарные потери реактивной мощности ΔQ , кВАр	Расчетная мощность КУ $Q_{ку}$, кВАр
0,8	2424,693	1942,027	22,353	36,329	250
0,7	2422,69	1699,248	20,3496	32,967	500
0,6	2421,108	1457,475	18,7681	30,438	720
0,5	2420,181	1215,056	17,841	30,349	650/300
0,4	2419,402	972,827	17,062	30,079	650/550
0,3	2418,833	729,143	16,4924	29,831	800/640

Исходные данные программы «OPTIUM» для расчета установившегося режима и расчета режима при установке КУ для разных мест установки представлены в приложении А.

Результаты расчета исходного установившегося режима представлены в приложении Б. Результаты расчета КУ-0,4 кВ с учетом потерь активной и реактивной мощности представлены в Приложении В, таблица В.1 и таблица В.2.

Критерии экономической эффективности рассчитывались на основе интегральных показателей, приведенных выше, для исходного установившегося режима и для различных способов установки КУ при различной глубине компенсации. Для удобства анализа полученных результатов были построены графические зависимости показателей для разных вариантов установки и произведен их анализ.

Для сопоставления экономической эффективности вариантов компенсации применялись критерии:

- ЧЧД (чистый дисконтированный доход);
- суммарные среднегодовые затраты ($Z_{с.г}$);
- простой срок окупаемости ($T_{ок}$);

- внутренняя норма доходности ($E_{вн}$).

Для расчета показателей экономической эффективности установки КУ исходными, являлись данные приведенные ниже в таблице 2.8.

Таблица 2.8 – Исходные данные для расчета показателей экономической эффективности установки КУ

№ п/п	Условное обозначение	Показатель	Численное значение
1	C_p	Тарифная стоимость активной электроэнергии для одноставочного тарифа	2,93 руб./кВт. ч
2	C_{pm}	Тарифная стоимость заявленного максимума потребляемой мощности	4836,9 руб./кВт. г
3	C_q	Тарифная стоимость реактивной энергии	0,412 руб./кВАр. ч
4	$\alpha_{p.o.}$	Норма отчислений (расходов) на ремонт и обслуживание (от стоимости) КУ-10 кВ КУ-0,4 кВ	3 % 8 %
5	T_p	Расчетный период	15 лет
6	T_m	Число часов использования максимальной нагрузки в году	7300 часа по договору
7	τ	Время максимальных потерь в году	6388,81 часа
8	$Z_{(10)}$ $Z_{(0,4)}$	Удельная стоимость КУ КУ-10 кВ КУ-0,4 кВ	344 руб./кВАр 726 руб./кВАр
9	$K_{(10)}$	Коэффициент удорожания стоимости КУ-10 кВ, в том числе: Транспортировка и монтаж	1,32 32 % от стоимости
10	$K_{(0,4)}$	Коэффициент удорожания стоимости КУ-0,4 кВ в том числе: Транспортировка и монтаж	1,5 50 % от стоимости
11	α_n	Ставка налога на имущество (от стоимости КУ)	2,2 %
12	E	Расчетная норма дисконтирования	0,08

Далее были рассчитаны показатели денежных средств при установке КУ тремя способами, результаты размещены в таблицах 2.9-2.11.

Таблица 2.9 – Показатели экономии денежных средств при установке КУ – 0,4 кВ

tg	0,4 кВ			
	ЭΔр	ЭΔр,р	ЭΔр,Δq	ЭΔр, р,Δq
0,8	47883,7	60256,5	463126,6	475499,4
0,7	85977,2	108197,9	916379,4	938600,1
0,6	116358,4	146424,6	1361340,7	1391406,9
0,5	143388,9	180444,4	1803371,6	1840427,1
0,4	162332,8	204278,4	1822530,6	1864476,2
0,3	178524,9	224654,4	1838722,7	1884852,2

Таблица 2.10 – Показатели экономии денежных средств при установке КУ – 10 кВ

tg	10 кВ			
	ЭΔр	ЭΔр,р	ЭΔр,Δq	ЭΔр, р,Δq
0,8	26244,3	33030,5	442580,5	449366,6
0,7	50466,9	63507,2	881480,6	894520,9
0,6	70178,2	88316,6	1315687,0	1333825,0
0,5	88672,8	111590,0	1748884,0	1771802,0
0,4	103255,0	129935,4	2178146,0	2204826,0
0,3	113887,5	143320,1	2603432,0	2632864,0

Таблица 2.11 – Показатели экономии денежных средств при установке КУ – 0,4 кВ и 10 кВ

tg	0,4 кВ и 10 кВ			
	ЭΔр	ЭΔр,р	ЭΔр,Δq	ЭΔр, р,Δq
0,8	48520,1	61062,2	464492,4	477034,5
0,7	86022,1	108252,5	916709,5	938939,9
0,6	115626,5	145508,9	1359311,0	1389193,0
0,5	132981,1	167347,3	1790765,0	1825131,0
0,4	147563,3	185697,4	1807761,0	1845895,0
0,3	158225,8	199112,1	1818424,0	1859310,0

Для удобства анализа по данным таблиц 2.9 – 2.11 были построены следующие графические зависимости (рисунок 2.5 – 2.7).

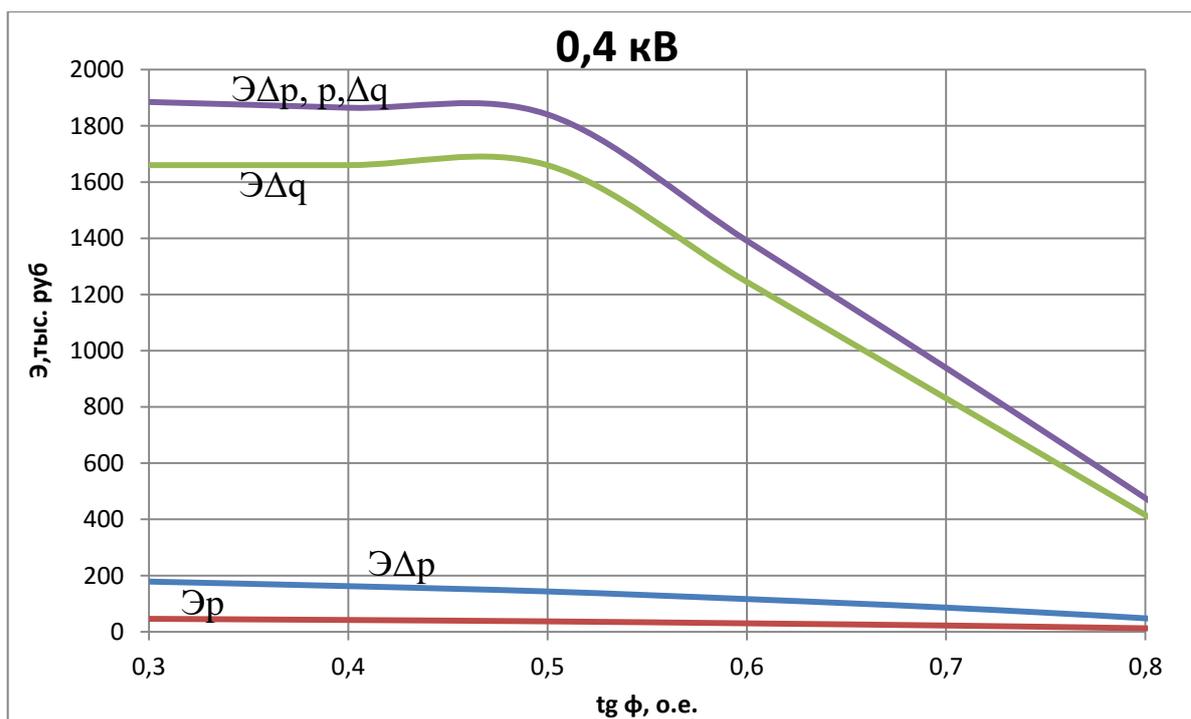


Рисунок 2.5 – Зависимость экономии денежных средств и ее составляющих от глубины компенсации реактивной мощности

(Схема РП-1 10 кВ СШ-1 при установке КУ- 0,4 кВ на КРУ (РУ) - 0,4 кВ цеховых ТП)

Суммарная экономия денежных средств от установки КУ-0,4 кВ имеет монотонно возрастающий характер при увеличении глубины компенсации (снижение $\text{tg}\varphi$). Наибольшая экономия достигается при экономии за реактивную энергию ($\mathcal{E}_{\Delta Q}$).

Экономия, обусловленная снижением платы за потребляемую активную энергию ($\mathcal{E}_{\Delta P}$) меньше, чем за потребляемую реактивную энергию ($\mathcal{E}_{\Delta Q}$) примерно в 9,5 раз.

Экономия при снижении платы за заявленный максимум активной мощности (\mathcal{E}_P) является наименьшей.

Аналогично зависимостям показателей экономии денежных средств от глубины компенсации реактивной мощности были построены другие показатели эффективности капиталовложений в установку КУ.

Доход (D_t) от установки КУ-0,4 кВ прямо пропорционален экономии денежных средств ($\mathcal{E}_{P,\Delta P,Q}$) за вычетом годовых эксплуатационных расходов ($I_{\text{ку}}$) и налогов (H). Доход (D_t) также возрастает при увеличении глубины компенсации реактивной мощности.

Наибольший доход выходит при учете всех составляющих экономии денежных средств ($\mathcal{E}_{\Delta P}$), ($\mathcal{E}_{\Delta Q}$) и (\mathcal{E}_P). Наименьший доход составляет доход при учете только ($\mathcal{E}_{\Delta P}$).

Далее рассмотрим зависимость среднегодовых затрат от глубины компенсации (рисунок 2.6). По мере компенсации реактивной мощности среднегодовые затраты снижаются и достигают своего минимального значения при глубине компенсации $\text{tg}\varphi = 0,47$.

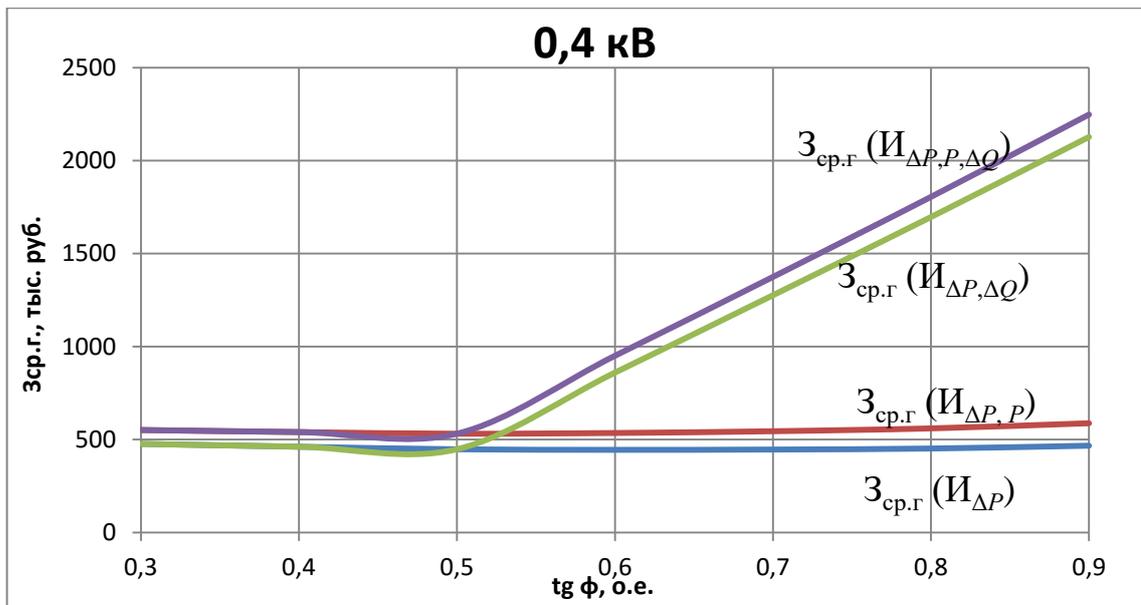


Рисунок 2.6 – Зависимость среднегодовых затрат от глубины компенсации реактивной мощности

(Схема РП-1 10 кВ СШ-1 при установке КУ- 0,4 кВ на КРУ (РУ) - 0,4 кВ цеховых ТП)

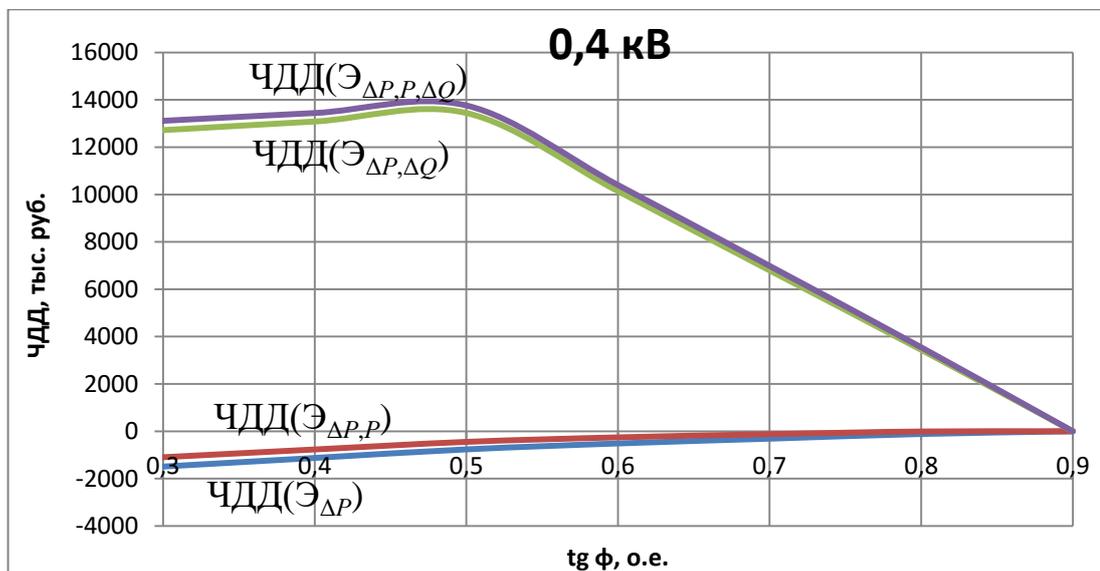


Рисунок 2.7 – Зависимость ЧДД от глубины компенсации реактивной мощности (Схема РП-1 10 кВ СШ-1 при установке КУ- 0,4 кВ на КРУ (РУ) - 0,4 кВ цеховых ТП)

Для сравнения приведены технико-экономические показатели эффективности установки КУ в таблицах 2.10-2.11 при двух значениях глубины компенсации.

Таблица 2.10 - Техничко-экономические показатели эффективности установки КУ при $\text{tg}\varphi=0,5$

Критерий	Оптимизационный режим											
	Учет составляющих экономии при установке КУ-0,4 кВ				Учет составляющих экономии при установке КУ-10 кВ				Учет составляющих экономии при установке КУ-0,4 кВ и КУ-10 кВ			
	ΔP	$\Delta P, P$	$\Delta P, \Delta Q$	$\Delta P, P, \Delta Q$	ΔP	$\Delta P, P$	$\Delta P, \Delta Q$	$\Delta P, P, \Delta Q$	ΔP	$\Delta P, P$	$\Delta P, \Delta Q$	$\Delta P, P, \Delta Q$
Σ , тыс.руб.	143,39	180,44	1803,37	1840,43	88,67	111,59	1748,88	1771,80	132,98	167,35	1790,77	1825,13
D_t , тыс.руб.	34,96	72,01	1694,94	1731,99	37,73	60,64	1697,94	1720,85	44,89	79,26	1702,68	1737,05
ЧДД, тыс.руб.	-763,85	-446,69	13443,95	13761,10	-176,60	19,55	14033,15	14229,29	-479,31	-185,16	13709,67	14003,81
$E_{\text{вн}}$, о.е.	0,03	0,07	1,59	1,63	0,08	0,12	3,39	3,45	0,05	0,09	1,97	2,01
$T_{\text{ок}}$, ГОДЫ	30,41	14,76	0,63	0,61	13,24	8,24	0,29	0,28	19,23	10,89	0,51	0,5
I_{Σ} , тыс.руб. год	323,56	407,16	323,78	407,38	378,28	476,02	378,28	476,02	333,97	420,26	336,38	422,68
K , тыс.руб.	1 063,05				499,49				863,57			
$Z_{\text{ср.г}}$, тыс.руб. ГОД	447,76	531,37	447,98	531,58	436,64	534,38	436,64	534,38	434,87	521,16	437,28	523,57

Таблица 2.11 – Техничко-экономические показатели эффективности установки КУ при $\text{tg}\varphi=0,3$

Критерий	Оптимизационный режим											
	Учет составляющих экономии при установке КУ-0,4 кВ				Учет составляющих экономии при установке КУ-10 кВ				Учет составляющих экономии при установке КУ-0,4 кВ и КУ-10 кВ			
	ΔP	$\Delta P, P$	$\Delta P, \Delta Q$	$\Delta P, P, \Delta Q$	ΔP	$\Delta P, P$	$\Delta P, \Delta Q$	$\Delta P, P, \Delta Q$	ΔP	$\Delta P, P$	$\Delta P, \Delta Q$	$\Delta P, P, \Delta Q$
Σ , тыс.руб.	178,52	224,65	1838,72	1884,85	113,89	143,32	1774,09	1803,52	158,23	199,11	1818,42	1859,31
D_t , тыс.руб.	14,166	60,295	1674,36	1720,49	44,41	73,85	1704,61	1734,04	48,12	89,01	1708,32	1749,21
ЧДД, тыс.руб.	-1490,11	-1095,29	12719,52	13114,34	-300,99	-49,07	13908,65	14160,56	-667,53	-317,58	13542,11	13892,05
$E_{\text{вн}}$, о.е.	0,01	0,04	1,04	1,07	0,07	0,11	2,50	2,55	0,04	0,08	1,58	1,62
$T_{\text{ок}}$, ГОДЫ	31,75	26,72	0,96	0,94	15,4	9,22	0,40	0,39	22,43	12,13	0,63	0,62
I_{Σ} , тыс.руб. год	288,43	362,95	288,43	362,95	353,06	444,29	353,06	444,29	308,72	388,49	308,72	388,49
K , тыс.руб.	1 611,36				681,120				1079,42			
$Z_{\text{ср.г}}$, тыс.руб. ГОД	476,69	551,22	476,69	551,22	432,64	523,87	432,64	523,87	434,84	514,61	434,84	514,61

2.4. Выводы

В основном разделе выпускной квалификационной работы был:

- Разработан алгоритм программы «ОРТИУМ», основанный на структурной блок-схеме, с помощью которого был произведен расчет установившегося режима без учета и с учетом КУ.

- Произведены экспериментальные исследования, основанные на трех вариантах установки КУ с различной степенью компенсации. Исходя из этого, можно сделать вывод о влиянии степени компенсации на интегральные показатели, т.е. при увеличении глубины компенсации показатели снижаются. Были рассчитаны суммарные экономии денежных средств, которые увеличиваются при снижении $\text{tg}\varphi$. Наибольшая экономия достигается при экономии за реактивную энергию. Так же были посчитаны чистые дисконтированные доходы от различной глубины компенсации. Наибольший ЧДД выходит при учете всех составляющих экономии денежных средств. Наименьший доход составляет доход при учете только потребляемой активной мощности. Так же произведен расчет среднегодовых затрат. По мере компенсации реактивной мощности среднегодовые затраты снижаются и достигают своего минимального значения при глубине компенсации $\text{tg}\varphi = 0,47$. Сравнивая все показатели, можно сказать, что оптимальным решением компенсации реактивной мощности является установка КУ 0, кВ и глубиной компенсации $\text{tg}\varphi=0,47$, как с точки зрения технико-экономических показателей, так и параметров режима.

Глава 3. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Научно–исследовательский проект посвящен разработке алгоритма задачи компенсации реактивной мощности в схемах электроснабжения.

Целью данного раздела является определение перспективности и успешности разрабатываемого проекта, разработка анализа резонансных процессов и сопровождения проектных решений на этапе реализации в научно - исследовательской работе.

В данной главе выпускной квалификационной работы производится оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований; планирование научно-исследовательских работ; определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной и экономической эффективности исследования.

3.1. Технико-экономическое обоснование НИП

Вопросы экономного использования всех видов энергии, в том числе электрической, и повышения экономичности работы электроустановок являются важной государственной проблемой.

Электроэнергия, как особый вид продукции, обладает определенными характеристиками, позволяющими судить о ее пригодности в различных производственных процессах. Совокупность таких характеристик, при которых приемники электроэнергии способны выполнять заложенные в них функции, объединены под общим понятием качества электроэнергии.

В последние годы повышению качества электроэнергии уделяют большое внимание, т.к. качество электроэнергии может существенно влиять на расход электроэнергии, надежность систем электроснабжения, технологический процесс производства.

Одним из основных вопросов, связанных с повышением качества электроэнергии в сетях, решаемых как на стадии проектирования, так и на стадии эксплуатации систем промышленного электроснабжения, является вопрос о

компенсации реактивной мощности, включающий выбор целесообразных источников, расчет и регулирование их мощности, размещение источников в системе электроснабжения.

Рациональная (оптимальная) компенсация реактивной мощности в промышленных электросетях включает в себя широкий комплекс вопросов, направленных на повышение экономичности работы электроустановок, улучшение качества потребляемой электроэнергии и включающих в себя методы выбора и расчета компенсирующих устройств, исходя из условий выполнения заданий энергосистемы; вопросы места установки компенсирующих устройств и их наиболее выгодного размещения, рациональной и безопасной эксплуатации и защиты; ключевые вопросы автоматического регулирования реактивной мощности в промышленных электросетях, а также создания целенаправленного научного подхода к разработке и решению с минимумом погрешности адекватной математической модели задачи рациональной компенсации реактивной мощности.

3.1.1. SWOT-анализ научно-исследовательского проекта

SWOT-анализ — метод стратегического планирования, заключающийся в выявлении факторов внутренней и внешней среды организации и разделении их на четыре категории: **Strengths** (сильные стороны), **Weaknesses** (слабые стороны), **Opportunities** (возможности) и **Threats** (угрозы).

Сильные стороны свидетельствуют о том, что у проекта есть отличительное преимущество или особые ресурсы, являющиеся особенными с точки зрения конкуренции, которыми располагает руководство проекта и которые могут быть эффективно использованы для достижения поставленных целей.

Слабость – это недостаток, упущение или ограниченность научно-исследовательского проекта, которые препятствуют достижению его целей. Это то, что плохо получается в рамках проекта или где он располагает недостаточными возможностями или ресурсами по сравнению с конкурентами.

Возможности включают в себя любую предпочтительную ситуацию в настоящем или будущем, возникающую в условиях окружающей среды проекта.

Угроза представляет собой любую нежелательную ситуацию, тенденцию или изменение в условиях окружающей среды проекта, которые имеют разрушительный или угрожающий характер для его конкурентоспособности в настоящем или будущем. Для анализа проекта составлена таблица 3.1.

Таблица 3.1.– SWOT-анализ научно-исследовательского проекта

Сильные стороны проекта	Возможности во внешней среде
<ul style="list-style-type: none"> ○ Востребованность проекта потребителями ○ Целесообразное оборудование ○ Соответствие техническим требованиям ○ Использование конденсаторных батарей обеспечивает максимальную энергетическую эффективность ○ Рациональная компенсация реактивной мощности ○ Повышается качество электроэнергии 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Поддержка Государства ○ Содействие со стороны потребителей ○ Содействие со стороны Государственных компаний электроэнергетики ○ Поддержка всех ФСК ЕЭС
Слабые стороны проекта	Угрозы внешней среды
<ul style="list-style-type: none"> ○ Установка и эксплуатация требует высококвалифицированного персонала ○ Высокая стоимость оборудования ○ Вероятность погрешности разработок ○ Вероятность разработки экономически нецелесообразного проекта 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Аварии на подстанции, повлекшие за собой отключение источника питания ○ Короткие замыкания на линиях электропередач, обусловленные вмешательством природных факторов или животного мира ○ Отключение потребители

Исходя, из анализа можно сделать вывод, что сильных сторон намного больше, чем слабых, а слабые стороны легко компенсируются за счет реализации внешней среды. При наличии финансирования проблема в установке и эксплуатации высококвалифицированным персоналом конденсаторных батарей легко решается, точно так же, как и вопрос с высокой стоимостью оборудования. При наличии грамотных разработчиков проекта и исполнителей можно избежать вероятностей отказа всей проектируемой системы. Государство заинтересовано в качественной электроэнергии, что подтверждает утверждение Президента и Правительства РФ о

приоритете данного направления, а также обеспечение мероприятий по повышению параметров качества электроэнергии в инвестиционную программу ПАО «ТРК».

3.2. План работ по научно-исследовательскому проекту

3.2.1. Определение трудоемкости выполнения работ

Планирование проекта – это составление календарных планов выполнения комплексов работ, определение денежных средств, необходимых для их реализации, а также трудовых и материальных ресурсов [16].

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

Разработка алгоритма задачи компенсации реактивной мощности в схемах электроснабжения производится группой, состоящей из двух человек – руководителя и студента.

Исходными данными для расчета является план выполнения работ, их трудоемкость и перечень исходных материалов.

Для определения трудоемкости выполнения проекта составим перечень основных видов и этапов работы, которые должны быть выполнены (таблица 3.2).

Таблица 3.2. – План научно – исследовательского проекта

№ этапа	Наименование этапов	Наименование работ	Исполнители	Продолжительность этапов в %
1	Подготовительный этап	Разработка технического задания	Руководитель Студент	12
		Определение объема работ		
		Составление плана расчета, изучение документации и справочных данных		
2	Разработка исследовательской части НИП	Изучение методов компенсации реактивной мощности	Руководитель Студент	18
		Изучение построения моделей в программном комплексе «OPTIUM»		
3	Экспериментальные работы	Анализ резонансных процессов с учетом устанавливаемых компенсирующих устройств	Руководитель Студент	45
		Описание алгоритма программы, основанного на структурной блок-схеме и расчет параметров экспериментальной схемы		
		Математические критерии экономической эффективности капиталовложений		
		Создание отчета по проделанной работе		
		Согласование с руководителем		

		проекта		
4	Внесение корректировок в разработки и исследования	Корректировка проекта	Студент	7
5	Завершающий этап	Вывод по проделанной работе	Руководитель Студент	18
		Оформление пояснительной записки		
		Результаты научно-исследовательского проекта		
Всего				100

Главной частью стоимости разработки являются трудовые затраты, поэтому важной необходимостью есть определение трудоемкости работ каждого из участников научного исследования.

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ожі}$ используется следующая формула:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{mini} + 2t_{maxi}}{5}, \quad (3.1)$$

где $t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы, чел.-дн.;

t_{mini} – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, чел.-дн.;

t_{maxi} – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i}, \quad (3.2)$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, раб. Дн.;

$t_{ожi}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.

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

Продолжительность всей работы над разработкой алгоритма задачи компенсации реактивной мощности в схемах электроснабжения составляет 155 дней. Далее, зная процентное соотношение каждого вида работ к общему количеству дней, будет найдено продолжительность работ для каждого этапа и определена трудоемкость работ, считая, что руководитель лишь помогает и контролирует ход выполнения работы. Результаты сведены в таблицу 3.3.

Таблица 3.3 – Определение трудоемкости работ

№ этапа	Кол-во исполнителей	Кол-во дней	Продолжительность работ			Т, чел/дн
			t _{MIN}	t _{MAX}	t _{ож}	
1	Руководитель Студент	20	17	22	19	17
2	Руководитель Студент	25	20	28	23	20
3	Руководитель Студент	70	65	75	69	60
4	Студент	10	8	12	10	11
5	Руководитель Студент	25	22	27	24	23

Общая продолжительность НИП составила 150 рабочих дня ($t_{раб}$), при этом не учитывались выходные и праздничные дни. Для учета выходных и праздников переведем рабочие дни в календарные, для перевода воспользуемся формулой:

$$t_{кал} = \frac{t_{раб}}{K_{пер}}, \quad (3.3)$$

где $t_{кал}$ – общая продолжительность НИР в календарных днях;

$t_{раб}$ – общая продолжительность НИР в рабочих днях;

$K_{пер}$ – переводной коэффициент равный 0,66.

Тогда

$$t_{\text{кал}} = \frac{150}{0,66} = 227 \text{ дня}$$

После определения длительности всех этапов технической подготовки составляется календарный план ее осуществления – в виде ленточного графика.

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ. Она дает возможность наглядно отслеживать процесс выполнения работ, а также следить за сроками их готовности (рис 3.1-3.2).

Стадии, этапы	Исполнитель и	T _р раб. дн.	Рабочие месяцы										
			Январь		Февраль			Март			Апрель		
			2	3	1	2	3	1	2	3	1		
ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫЙ ЭТАП													
Разработка технического задания	Студент	3	■										
	РП	3											
Определение объёма работ	РП	4		■									
Составление плана расчета, изучение документации и справочных данных	РП	5			■								
	Студент	5			■								
РАЗРАБОТКА ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ЧАСТИ НИП													
Изучение методов компенсации реактивной мощности	Студент	10			■	■	■	■					
	РП	3											
Изучение построения моделей в программном комплексе «ОРТУМ»	Студент	7					■	■					
	РП	5					■						
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ РАБОТЫ													
Анализ возможности резонансных процессов с учетом КУ	Студент	27						■	■	■	■	■	
Описание алгоритма программы	Студент	23									■	■	

Рисунок 3.1 - Диаграмма Ганта

Стадии, этапы	Исполнители	T _р раб. дн.	Рабочие месяцы					
			Апрель			Май		
			2	3	1	2	3	
Расчет математических критериев экономической эффективности капиталовложений	Студент	5	■					
	РП	5						
Создание отчета по проделанной работе	Студент	6		■				
Согласование с руководителем проекта	РП	2			■			
	Студент	2						
ВНЕСЕНИЕ КОРРЕКТИРОВОК В РАЗРАБОТКУ И ИССЛЕДОВАНИЯ								
Корректировка проекта	Студент	10			■			
ЗАВЕРШАЮЩИЙ ЭТАП								
Вывод по проделанной работе	Студент	15				■		
Оформление пояснительной записки	Студент	8					■	
Результаты НИП	РП	2						■

Рисунок 3.2 - Продолжение диаграммы Ганта

Для упрощения и лучшей наглядности построим линейный график работ и график занятости работников, ведь он отображает наименования этапов, численность исполнителей и длительность выполнения каждого вида работ.

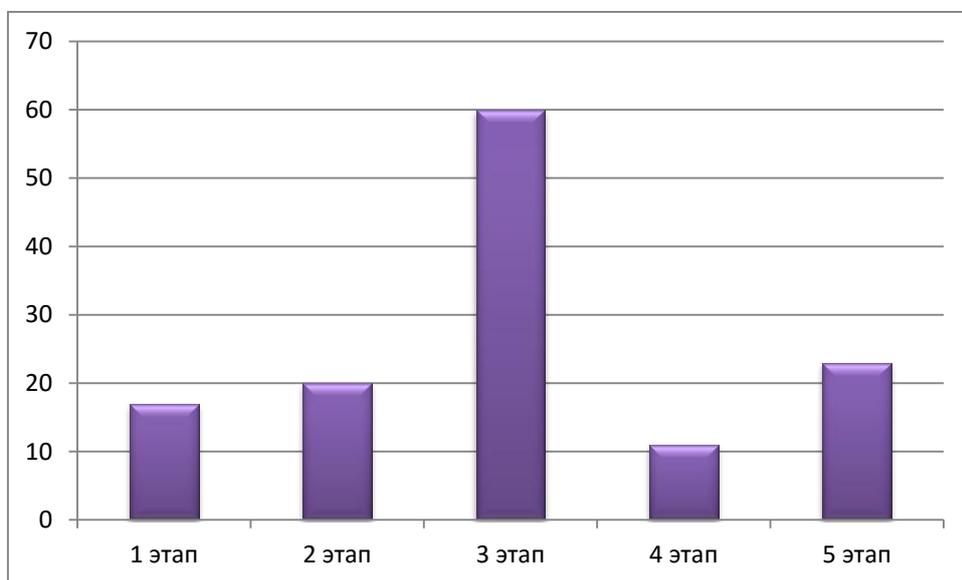


Рисунок 3.3– Линейный график работ

Из приведенной диаграммы Ганта можно сделать вывод, что время, затраченное на выполнение всех видов работ данного проекта, составляет 150 рабочих дней, без учета праздничных и выходных дней. С учетом переводного коэффициента из рабочих дней в календарные, продолжительность проекта составляет 227 календарных дня.

3.3. Бюджет научно-исследовательского проекта (НИИ)

Смета расходов рассчитывается, как затраты на приобретение необходимого оборудования для разработки проекта и текущие расходы. Затраты на осуществление технического проекта рассчитываются по следующим статьям расходов с последующим суммированием:

- затраты на оплату труда;
- отчисления во внебюджетные страховые фонды;
- расходы на материалы и комплектующие изделия;

- амортизационные отчисления;
- накладные расходы.

$$K_{\text{проекта}} = I_{\text{мат}} + I_{\text{ам.компл.техн}} + I_{\text{з/пл}} + I_{\text{соц.отч.}} + I_{\text{накл.расх}} \quad (3.4)$$

3.3.1. Материальные расходы

Материальные расходы для нашего проекта – расходы на приобретение сырья, материалов, инструментов, инвентаря и т.д.

Для проектирования потребуется покупка оборудования представленного в таблице 3.4.

Таблица 3.4 – Материальные расходы

№	Наименование изделия	Количество (ед. штук, упаковок)	Цена единицы изделия, руб.	Общая стоимость изделия, руб.
1	Бумага формата А4	4	250	1000
2	Ручки и карандаши	15	25	375
3	Картридж ч/б	1	400	400
4	Скобы для степлера	5	20	100
5	Компьютер	2	40000	80000
6	Принтер	1	5000	5000
Итого:				86875 руб.

Вывод: отсюда следует, что материальные расходы составили 86875 рублей.

За счет выполнения данного проекта на базе НИ ТПУ можно сэкономить на материальных затратах, так как допустим компьютеры уже были приобретены до выполнения данного проекта.

3.3.2. Амортизационные отчисления

Амортизационные отчисления — это денежные средства, предназначенные для возмещения износа предметов, относящихся к основным средствам.

При расчете затрат на амортизацию следует учитывать приобретения в году и в последующие годы только ту часть затрат, которая происходит от старения основных фондов в каждом году.

Необходимо рассчитать амортизацию компьютерной техники ($I_{\text{ам.комп.техн}}$). Для расчета воспользуемся следующей формулой:

$$I_{\text{ам.комп.техн}} = (T_{\text{исп.к.т}} / 365) \cdot K_{\text{комп.т.}} \cdot N_a, \quad (3.5)$$

где $T_{\text{исп.к.т}} = 250$ дней – время использования компьютерной техники;

365 дней – число дней в году;

$K_{\text{комп.т.}}$ – стоимость компьютерной техники;

N_a – норма амортизации.

$$K_{\text{комп.т.}} = K_{\text{комп}} + K_{\text{принтера}}, \quad (3.6)$$

где $K_{\text{комп}}$ – стоимость компьютера, руб.;

$K_{\text{принтера}}$ – стоимость принтера, руб.;

$$N_a = 1/T_{\text{сл.к.т.}}, \quad (3.7)$$

где $T_{\text{сл.к.т.}}$ – срок службы компьютерной техники, год.

$$I_{\text{ам.комп.}} = (T_{\text{исп.к.т}} / 365) \cdot K_{\text{комп.т.}} \cdot N_a = (155 / 365) \cdot 40000 \cdot (1 / 8) = 2123 \text{ руб.}$$

$$I_{\text{ам.прин.}} = (T_{\text{исп.к.т}} / 365) \cdot K_{\text{комп.т.}} \cdot N_a = (60 / 365) \cdot 5000 \cdot (1 / 5) = 164 \text{ руб.}$$

$$I_{\text{ам.комп.техн}} = 2 \cdot I_{\text{ам.комп.}} + I_{\text{ам.прин.}} = 2 \cdot 2123 + 164 = 4410 \text{ руб.}$$

Результаты расчета представлены в таблице 3.5.

Таблица 3.5 – Затраты на амортизацию оборудования

Наименование оборудования	$K_{\text{комп.т.}}$ руб.	$T_{\text{исп.к.т.}}$ дней.	$I_{\text{ам.комп.техн}}$, руб
Компьютер	40000	155	2123
Компьютер	40000	155	2123
Принтер	5000	60	164
Итого			4410

Таким образом, видно, что амортизационные отчисления составляют 4410 рублей.

3.3.3. Расходы на оплату труда

Расчет заработной платы – заработная плата рассчитывается в соответствии с занятостью исполнителей, с учетом районного и тарифного коэффициентов исполнителей.

В состав затрат на оплату труда включаются:

- выплаты заработной платы за фактически выполненную работу, исчисленные исходя из сдельных расценок, тарифных ставок и должностных окладов;
- выплаты стимулирующего характера по системным положениям: премии (включая стоимость натуральных премий) за производственные результаты;
- выплаты компенсирующего характера, связанные с режимом работы и условиями труда, в том числе: надбавки и доплаты к тарифным ставкам и окладам за работу;
- другие виды оплат, включенные в соответствии с установленным порядком в фонд оплаты труда;
- выплаты, обусловленные районным регулированием оплаты труда, в том числе: выплаты по районным коэффициентам и коэффициентам за работу в пустынных, безводных и высокогорных местностях.

Примем, что тарифная ставка (оклад) равна 23264,86 руб., согласно, приложению об окладах труда в Томском Политехническом Университете [19].

Принимаем месячный оклад равный :

$$ЗП_{\text{мес}} = T_C \cdot k_{\text{п}} \cdot k_{\text{р}} + \text{Доп}, \quad (3.8)$$

где $k_{\text{р}}=1,3$ – районный коэффициент;

$k_{\text{п}}=2,65$ - повышающий коэффициент (доцент, имеющий степень кандидата наук);

Доп – доплата за ученую степень кандидата наук.

Тогда:

$$ЗП_{\text{мес}} = 23264,86 \cdot 2,65 \cdot 1,3 + 3000 = 83147 \text{ руб.},$$

Произведем расчета полной заработной платы руководителя. Исходя из того, что в месяце 22 рабочих дня, то заработная плата за один проработанный день определяется согласно формуле:

$$З_{п_дн} = З_{п_мес} / 22 \quad (3.9)$$

$$З_{п_дн} = 83147 / 22 = 3780 \text{ руб}$$

Заработная плата с учетом количества отработанных дней (исходя из диаграммы Ганта количество проработанных дней равно 28) вычисляется:

$$З_{п_раб.дн.} = З_{п_дн} \cdot T_p \quad (3.10)$$

$$З_{п_раб.дн.} = 3780 \cdot 28 = 105823 \text{ руб}$$

То, фонд заработной платы проекта составляет 105 800 рублей

3.3.4. Отчисления во внебюджетные страховые фонды

Отчисления во внебюджетные страховые фонды составляют 30 % от расходов на оплату труда и включают в себя: обязательные отчисления органам государственного социального страхования, пенсионного фонда, государственного фонда занятости и медицинского страхования.

Рассчитываем отчисления на социальные нужды ($I_{соц.отч.}$):

$$I_{соц.отч.} = ЕСН = 0,3 \cdot ФЗП . \quad (3.11)$$

$$I_{соц.отч.} = 0,3 \cdot 105800 = 31740 \text{ руб}$$

3.3.5. Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования,

оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д.

Накладные расходы включают в себя следующее:

- 1) затраты на текущий ремонт;
- 2) амортизацию основных производственных фондов;
- 3) затраты на охрану труда и пожарную безопасность.

Для проектных отделов накладные затраты составляют 200% от полного фонда заработной платы. Тогда:

$$I_{\text{накл.расх}} = 2,0 \cdot \text{ФЗП} \quad (3.12)$$

$$I_{\text{накл.расх}} = 2,0 \cdot 105800 = 211600 \text{ руб}$$

3.3.6. Себестоимость проекта

Себестоимость — это стоимостная оценка используемых в процессе производства продукции (работ, услуг) природных ресурсов, сырья, материалов, топлива, энергии, основных фондов, трудовых ресурсов и других затрат на её производство и реализацию.

Следовательно, себестоимость проекта ($K_{\text{проекта}}$) равна:

$$\Sigma I_{\text{проекта}} = I_{\text{мат}} + I_{\text{ам.компл.техн}} + 3П + I_{\text{соц.отч}} + I_{\text{накл.расх}} + I_{\text{прочие}} \quad (3.13)$$

$$\Sigma I_{\text{проекта}} = 86900 + 4410 + 105800 + 31740 + 211600 = 440450 \text{ руб.}$$

Далее определяем плановые накопления (ПН). Стоимость проекта включает в себя 30% прибыли, таким образом:

$$\text{ПН} = 0,3 \cdot K_{\text{проекта}} \quad (3.14)$$

$$\text{ПН} = 0,3 \cdot 440450 = 132135 \text{ руб}$$

Рассчитываем стоимость проекта (Ц).

$$Ц = K_{\text{проекта}} + \text{ПН} \quad (3.15)$$

$$Ц = 440450 + 132135 = 572585 \text{ руб}$$

В таблице 3.6 представлена смета затрат на НИР.

Таблица 3.6 – Смета затрат на научно-исследовательскую работу

Виды затрат	Обозначение	Сумма затрат, руб.
Материальные затраты	$I_{\text{матер}}$	86900
Амортизация компьютерной техники	$I_{\text{ам.комп.техн}}$	4410
Затраты на оплату труда	ЗП	105800
Отчисления на социальные нужды	$I_{\text{соц.отчисл}}$	31740
Накладные расходы	$I_{\text{накл.расх}}$	211600
Себестоимость проекта	$K_{\text{проекта}}$	440450
Плановые накопления (прибыль)	ПР	132135
Стоимость проекта (цена)	Ц	572585

Итак, итоговая стоимость проекта, выполняемого на базе НИ ТПУ составила 572585 руб., но за счет экономии на материальных затратах, а именно уже давно приобретенных компьютерах и принтере, она может составлять 487585 руб.

3.4. Оценка научно-технического уровня проекта

Оценка научной ценности, технической значимости и эффективности проекта производится с помощью расчета коэффициента научно-технического уровня. Расчет коэффициента производится методом балльных оценок, суть которого состоит в присвоении каждому из признаков научно-технического уровня определенного количества баллов по принятой шкале. Общую оценку можно сделать, просуммировав количество баллов по всем признакам с учетом весовых характеристик. Общая оценка рассчитывается по формуле 16[17].

$$НТУ = \sum_{i=1}^n k_i \cdot П_i, \quad (3.16)$$

где k_i – весовой коэффициент i – го признака;

$П_i$ – количественная оценка i – го признака.

Таблица 3.7 – Весовые коэффициенты НТУ

Признаки НТУ	Весовой коэффициент
Уровень новизны	0,3
Теоретический уровень	0,5
Возможность реализации	0,2

Таблица 3.8 – Шкала оценки новизны

Баллы	Уровень
1-4	Низкий НТУ
5-7	Средний НТУ
8-10	Сравнительно высокий НТУ
11-14	Высокий НТУ

Таблица 3.9 – Значимость теоретических уровней

Характеристика значимости теоретических уровней	Баллы
Установка законов, разработка новой теории	10
Глубокая разработка проблем, многосторонний анализ, взаимозависимость между факторами	8
Разработка способа (алгоритм, вещество, устройство, программы)	6
Элементарный анализ связей между факторами (наличие гипотезы, объяснение версий, практические рекомендации)	2
Описание отдельных факторов (вещества, свойств, опыта, результатов)	0.5

Таблица 3.10- Возможность реализации по времени и масштабам

Время реализации	Баллы
Уже реализуется, но есть много недостатков	8
В течение первых лет	6
От 5 до 10 лет	4
Свыше 10 лет	2
Масштабы реализации	Баллы
Одно или несколько предприятий	2
Отрасль	4
Народное хозяйство	10

$$k_1 = 0,3, P_1 = 9, k_2 = 0,5, P_2 = 6,$$

$$k_3 = 0,2, P_3 = 8, k_4 = 0,2, P_4 = 2.$$

$$\text{НТУ} = 0,3 \cdot 9 + 0,5 \cdot 6 + 0,2 \cdot 8 + 0,2 \cdot 2 = 6,3$$

По полученным результатам расчета коэффициента научно-технического уровня можно сделать вывод, что данное исследование имеет сравнительно высокую значимость теоретического и практического уровня, но при этом используется только на предприятиях с высоким техническим оснащением и высоким уровнем автоматизации электроэнергетических процессов.

Таким образом, в разделе «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

- Произведено технико-экономическое обоснование НИП, который отражает, что проект является перспективным и экономически целесообразным;

SWOT-анализ показал, что проект востребован потребителями, и все слабые стороны легко компенсируются за счет сильных сторон проекта.

- Произведен план работ по научно-исследовательскому проекту, в котором определена общая продолжительность НИП 150 рабочих дней.

- Рассчитан бюджет НИП, который составил 572585 руб., и определен способ экономии за счет материальных расходов, так как исследования проводятся на базе НИ ТПУ в размере 85000 руб.

- Произведена оценка научно-технического уровня проекта, которая показала, что проект имеет высокую значимость теоретического и практического уровня.

В итоге можно сделать вывод, что проект с точки зрения проведенных исследований в данном разделе достаточно ресурсоэффективен, исходя из его значимости, а также экономически целесообразен, так как не требует больших затрат, что говорит о его ресурсосбережении.

Глава 4. Социальная ответственность

Целью данной выпускной квалификационной работы является разработку алгоритма задачи компенсации реактивной мощности в схемах электроснабжения. Решение проблемы социальной ответственности состоит в обеспечении нормальных условий деятельности людей, в защите человека и окружающей его среды (производственной, природной, городской, жилой) от воздействия вредных факторов, превышающих нормативно-допустимые уровни. Поддержание оптимальных условий деятельности и отдыха человека создает предпосылки для высокой работоспособности и продуктивности. Обеспечение безопасности труда и отдыха способствует сохранению жизни и здоровья людей за счет снижения травматизма и заболеваемости. Поэтому объектом изучения социальной ответственности является комплекс отрицательно воздействующих явлений и процессов в системе "человек — среда обитания".

Целью данного раздела является анализ имеющихся мест на объекте опасных и вредных факторов, а также мер по ограничению их воздействия на персонал. В качестве организационного вопроса обеспечения безопасности присутствует необходимость соблюдения норм, инструкций и прочих документов, утвержденных в порядке законом.

Во избежание несчастных случаев и вреда здоровью, рабочее место должно быть спроектировано с соблюдением всех законодательных норм и правил, ГОСТов, СНиПов и Федеральных законов.

В данном разделе проводится анализ опасных и вредных факторов, которым подвергается инженер – эксплуатационник, находясь на рабочем месте в компании ПАО ТРК. Идентификацию потенциально опасных и вредных производственных факторов в соответствии с ГОСТ 12.0.003–74.

Задачами данного раздела являются:

- 1) Анализ рабочего помещения на наличие опасных и вредных факторов;
- 2) Анализ законодательных и нормативных документов, затрагивающих данную тему;
- 3) Анализ влияния вредных и опасных факторов на инженера эксплуатационника, проанализировать меры по снижению влияния опасных и вредных факторов.

4.1. Анализ выявленных вредных факторов

Основное рабочее место инженера-эксплуатационника располагается в офисном помещении, которое находится в ПАО ТРК в городе Томске. Вся работа, выполняемая инженером – эксплуатационником производится с помощью персонального компьютера (ПК).

Компьютеры могут оказывать вредное воздействие на организм работающего человека. Пользователь ПК должен знать о вредном воздействии факторов и об эффективных способах защиты от них, что уменьшает вероятность получения ими различных профессиональных заболеваний, а также снижает количество сбоев и ошибок в работе.

На работающего человека, на ПК постоянно или периодически действуют следующие вредные факторы [21]:

- Загрязнение воздуха вредными веществами, пылью, микроорганизмами и положительными аэроионами.
- Несоответствие нормам параметров микроклимата.
- Повышенный уровень шума на рабочем месте.
- Повышенный уровень статистического электричества при неправильно запроектированной рабочей зоне.
- Недостаточная освещенность рабочей зоны.
- Отсутствие или недостаток естественного света.

В частности, при организации рабочего места инженера - эксплуатационника должны быть соблюдены следующие основные условия:

- оптимальное размещение оборудования, входящего в состав рабочего места;
- достаточное рабочее пространство, позволяющее осуществлять все необходимые движения и перемещения;
- необходимо естественное и искусственное освещение для выполнения поставленных задач;
- уровень акустического шума не должен превышать допустимого значения.

4.1.1. Микроклимат

На состояние человеческого организма большое влияние оказывает микроклимат в помещении. Микроклимат помещения – это климат внутренней среды этого помещения, который определяется действующими на организм человека сочетаниями температуры, влажности и скорости движения воздуха, а также интенсивности теплового излучения.

Для создания нормальных условий труда в производственных помещениях ГОСТ 12.1.005–88 и СанПиН 2.2.4.548–96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений» устанавливают нормативные значения параметров микроклимата. Соотношения температуры и относительной влажности неподвижного воздуха, оказывающие одинаковое тепловое воздействие приведены в таблице 4.1.

Таблица 4.1. - Допустимые нормы параметров микроклимата в рабочей зоне производственных помещений

Период года	Категория работы	Температура, °С		Относительная влажность, %, не более	Движения воздуха, м/с, не более
		Диапазон ниже оптимальных величин	Диапазон выше оптимальных величин		
Холодный	Ia	20-21,9	24,1-25	15 - 75	0,1
Теплый	Ia	21-22,9	25,1-28	15 - 75	0,1-0,2

Для поддержания требуемого микроклимата помещения оснащаются кондиционерами. Кондиционирование воздуха – это автоматическое поддержание в помещениях всех или отдельных параметров воздуха (температуры, относительной влажности, чистоты, скорости движения) с целью обеспечения оптимальных метеорологических условий, наиболее благоприятных для самочувствия людей, ведения технологического процесса, обеспечения сохранности ценностей.

4.1.2. Электромагнитное излучение

Воздействие электромагнитного излучения на организм человека представляет значительную угрозу для его здоровья, если происходит превышения допустимых норм. Кроме того, сильное воздействие оказывают на изменения со стороны центральной нервной и сердечно-сосудистой систем организма. Допустимые уровни напряженности электростатических полей установлены ГОСТ 12.1.045–84 «ССБТ. Электростатические поля. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля» облучение электрическим полем регламентируется как по величине напряженности, так и по продолжительности действия, таблица 4.2.

Таблица 4.2. – Допустимые уровни напряжённости электрического поля и продолжительности пребывания работающих без средств защиты

Напряженность электрического поля, кВ/м	Допустимая продолжительность пребывания человека в течение суток в электрическом поле, мин
Менее 5	Без ограничений
10	Не более 180
15	Не более 80
20-25	Не более 10

Ослабление мощности электромагнитного поля на рабочем месте можно достигнуть путем увеличения расстояния между источником излучения и рабочим местом; уменьшения мощности источника излучения; установки отражающего или поглощающего экранов между источником излучения и рабочим местом; применения индивидуальных средств защиты.

«Защита расстоянием» является наиболее простым и эффективным методом. Он вполне применим для персонала, которому при выполнении работы нет необходимости находиться вблизи источников электромагнитного излучения, а также при дистанционном управлении излучающей установкой.

4.1.3. Освещение

Работая при освещении плохого качества или низких уровней, люди могут ощущать усталость глаз и переутомление, что приводит к снижению работоспособности. В ряде случаев это может привести к головным болям. Причинами во многих случаях являются слишком низкие уровни освещенности, слепящее действие источников света и соотношение яркостей, которое недостаточно хорошо сбалансировано на рабочих местах. Головные боли также могут быть вызваны пульсацией освещения, что в основном является результатом использования электромагнитных пуско-регулирующих аппаратов (ПРА) для газоразрядных ламп, работающих на частоте 50 Гц. [22]

С точки зрения безопасности труда зрительная способность и зрительный комфорт чрезвычайно важны. Много несчастных случаев происходит, помимо всего из-за неудовлетворительного освещения или из-за ошибок, сделанных рабочим, по причине трудности распознавания того или иного предмета или осознания степени риска, связанного с обслуживанием транспортных средств, станков и т. п. Освещение создаёт нормальные условия для трудовой деятельности. Неудовлетворительная освещенность на рабочем месте или на рабочей зоне может являться причиной снижения производительности и качества труда, получения травм.

Помещение, в котором работает инженер-эксплуатационник должно иметь естественное и искусственное освещение. Естественное освещение должно осуществляться через световые проемы, ориентированные преимущественно на север и северо-восток, и обеспечивать коэффициент естественной освещенности не ниже 1,5%.

Искусственное освещение в помещении должно осуществляться системой общего равномерного освещения. Освещенность на поверхности стола в зоне размещения рабочего документа должна быть 300 - 500 лк. Допускается установка светильников местного освещения для подсветки документов. Местное освещение не должно создавать бликов на поверхности экрана и увеличивать освещенность экрана более 300 лк.

Следует ограничить прямую (окна, светильники и др.) и отраженную блескость на рабочих поверхностях (экран, стол, клавиатура и др.) за счет правильного выбора типов светильников и расположения рабочих мест по отношению к источникам естественного и искусственного освещения. Необходимо ограничивать неравномерность распределения яркости в поле зрения пользователя, при этом соотношение яркости между рабочими поверхностями не должно превышать 3:1 - 5:1, а между рабочими поверхностями и поверхностями стен и оборудования 10:1.

В качестве источников света при искусственном освещении должны применяться преимущественно люминесцентные лампы. При устройстве отраженного освещения в производственных и административно-общественных помещениях допускается применение металлогалогенных ламп мощностью до 250 Вт. Допускается применение ламп накаливания в светильниках местного освещения.

Для освещения помещений следует применять светильники серии ЛПО36 с зеркал зеркалированными решетками, укомплектованные высокочастотными пускорегулирующими аппаратами. Коэффициент запаса для осветительных установок общего освещения должен приниматься равным 1,4. Коэффициент пульсации не должен превышать 5%. Применение светильников без рассеивателей и экранирующих решеток не допускается.

Чистку стекол оконных рам и светильников следует проводить не реже двух раз в год, а также заменять перегоревшие лампы.

4.1.4. Шум

Шум — это совокупность звуков, неблагоприятно воздействующих на организм человека и мешающих его работе и отдыху. Шум, возникающий при работе производственного оборудования и превышающий нормативные значения, воздействует на центральную и вегетативную нервную систему человека, органы слуха.

Шум оказывает влияние на весь организм человека: угнетает центральную нервную систему, вызывает изменение скорости дыхания и пульса, способствует нарушению обмена веществ, возникновению сердечно-сосудистых заболеваний, гипертонической болезни. При этом имеет значение конкретная ситуация, состояние здоровья, настроение, окружающая обстановка. При работе в условиях шума снижается производительность труда. Шум притупляет внимание, замедляет реакцию человека на те или иные раздражители, мешает восприятию полезных сигналов, что особенно опасно при работах, связанных с движением трамваев, так как компания находится вблизи движения трамваев.

Основная цель нормирования шума на рабочих местах — это установление предельно допустимого уровня шума (ПДУ), который при ежедневной работе, но не более 40 часов в неделю в течение всего рабочего стажа, не должен вызывать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследований в процессе работы или отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений. Соблюдение ПДУ шума не исключает нарушения здоровья у сверхчувствительных лиц.

Допустимый уровень шума — это уровень, который не вызывает у человека значительного беспокойства и существенных изменений показателей функционального состояния систем и анализаторов, чувствительных к шуму. Предельно допустимые уровни шума на рабочих местах регламентированы СН 2.2.4/2.8.562-96 “Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки”, СНиП 23-03-03 “Защита от шума”.

Мероприятия по защите от шума. Защита от шума достигается разработкой шумобезопасной техники, применением средств и методов коллективной защиты, а также средств индивидуальной защиты.[30]

Разработка шумобезопасной техники — уменьшение шума в источнике — в нашем случае применение менее шумной компьютерной техники. Так же шумящее оборудование нужно устанавливать на виброизолирующие поверхности, такие как резина, пробка, войлок и др.

Снизить уровень шума в помещениях можно использованием звукопоглощающих материалов с максимальными коэффициентами звукопоглощения в области частот 63 - 8000 Гц для отделки помещений, подтвержденных специальными акустическими расчетами. Дополнительным звукопоглощением служат однотонные занавеси из плотной ткани, гармонирующие с окраской стен и подвешенные в складку на расстоянии 15 - 20 см от ограждения.

Значения предельно допустимых уровней шума приведены в таблице 4.3. [23], [29].

Таблица 4.3 – Предельно допустимые уровни шума

Уровень звукового давления (дБ) в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука и эквивалентные уровни звука, дБА
31,5	63	125	250	500	1тыс	2тыс	4тыс	8тыс	50
86	71	61	54	49	45	42	40	38	

4.2. Анализ выявленных опасных факторов

Опасный производственный фактор – фактор, воздействие которого может привести к травме или другому резкому внезапному ухудшению здоровья.

При работе с компьютером на человека могут воздействовать следующие опасные производственные факторы:

- поражение электрическим током и статическим электричеством;
- возникновение пожара;
- возможность механического травмирования;
- ожоги в результате случайного контакта с горячими поверхностями внутри лазерного принтера. Подробнее рассмотрим первых два случая.

4.2.1. Электрический ток и статическое электричество

К опасным физическим фактором на рабочем месте инженера эксплуатационника относится возможность поражения электрическим током и статическим электричеством согласно. [28]

На рабочем месте инженера размещены дисплей, клавиатура и системный блок. При включении дисплея на электронно-лучевой трубке создается высокое напряжение в несколько киловольт. Поэтому запрещается прикасаться к тыльной

стороне дисплея, вытирать пыль с компьютера при его включенном состоянии, работать на компьютере во влажной одежде и влажными руками.

Перед началом работы следует убедиться в отсутствии свешивающихся со стола или висящих под столом проводов электропитания, в целостности вилки и провода электропитания, в отсутствии видимых повреждений аппаратуры и рабочей мебели, в отсутствии повреждений и наличии заземления приэкранный фильтра.

Токи статического электричества, наведенные в процессе работы компьютера на корпусах монитора, системного блока и клавиатуры, могут приводить к разрядам при прикосновении к этим элементам. Такие разряды опасности для человека не представляют, но могут привести к выходу из строя компьютера. Для снижения величин токов статического электричества используются нейтрализаторы, местное и общее увлажнение воздуха, использование покрытия полов с антистатической пропиткой.

Допустимым считается ток, при котором человек может самостоятельно освободиться от электрической цепи. Его величина зависит от времени прохождения тока через тело человека: при длительности воздействия тока промышленной частоты 50 Гц более 10 допустимым значением является 2 мА, при 10 с и менее – 6 мА. [31]

Данное производственное помещение, согласно [25, п.1.1.13], относится к категории помещений без повышенной опасности, т.е. в которых отсутствуют условия создающие повышенную или особую опасность (сырость, токопроводящие полы, высокая температура, химически активная или органическая среда).

Для предупреждения электротравматизма во время работ очень важно проводить соответствующие защитные мероприятия. Применение защитных мероприятий регламентируется Правилами устройства электроустановок (ПУЭ). В этом документе приведены требования к персоналу, производящему работы, определены порядок и условия производства работ, рассмотрены организационные и технические мероприятия, обеспечивающие безопасность работ.

Воздействие статического электричества на организм человека проявляется в виде слабого длительно протекающего тока либо в форме кратковременного разряда через тело человека, в результате чего может произойти несчастный случай. Кроме того, происходят изменения со стороны центральной нервной и сердечно-сосудистой систем организма. Допустимые уровни напряженности электростатических полей установлены ГОСТ 12.1.045–84 «ССБТ. Электростатические поля. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля». Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов не должны превышать значений, указанных в таблице 4.4;

Таблица 4.4 - Допустимые значения напряжений и токов прикосновения

Род тока	U, В	I, мА
	не более	
Переменный, 50 Гц	2	0,3
Переменный, 400 Гц	3	0,4
Постоянный	8	1

Защита от статического электричества осуществляются по двум основным направлениям:

- уменьшение генерации электрических зарядов;
- устранение уже образовавшихся зарядов.

Основным приемом для устранения зарядов в электроэнергетике является заземление электропроводных частей технологического оборудования для отвода в землю образующихся зарядов статического электричества. Для этой цели можно использовать обычное защитное заземление, предназначенное для защиты от поражения электрическим током.

4.3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Основные причины возникновения чрезвычайных ситуаций:

- Воздействие внешних природных факторов, приводящих к старению или коррозии металлов, конструкций, сооружений и снижению их физико-математических показателей.
- Проектно-производственные дефекты сооружений (ошибки при изыскании и проектировании, низкокачественное выполнение строительных работ, плохое качество строительных материалов и конструкций, нарушения в технологии изготовления и строительства).
- Воздействие технологических процессов промышленного производства на материалы сооружений (нагрузки, скорость, высокие температуры, вибрация).
- Нарушение правил эксплуатации, сооружений и технологических процессов (вызывающих взрывы котлов, химических веществ, угольной пыли, метана в шахтах).
- Нарушение правил техники безопасности при ведении работ и технологических процессов.
- Ошибки, связанные с системой отбора руководящих кадров, низким уровнем профессиональной подготовки рабочих и специалистов и их некомпетентностью и безответственностью и т.д.

Наиболее типичным ЧС на ПАО ТРК являются пожары и взрывы.

Источником инициирования взрыва являются [24]:

- открытое пламя, горящие и раскаленные тела;
- электрические разряды;
- тепловые проявления химических реакций и механических воздействий;
- искры от удара и трения;
- ударные волны;
- электромагнитные и другие излучения.

Предотвращение возникновения источника инициирования взрыва должно

быть обеспечено:

- предотвращением нагрева оборудования до температуры самовоспламенения взрывоопасной среды;

- применением материалов, не создающих при соударении искр, способных инициировать взрыв взрывоопасной среды; применением средств защиты от атмосферного и статического электричества, блуждающих токов, токов замыкания на землю и т. д.:

- применением быстродействующих средств защитного отключения возможных электрических источников инициирования взрыва;

- ограничением мощности электромагнитных и других излучений;

- устранением опасных тепловых проявлений химических реакций и механических воздействий.

Предотвращение воздействия на работающих опасных и вредных производственных факторов, возникающих в результате взрыва, и сохранение материальных ценностей обеспечиваются:

- установлением минимальных количеств взрывоопасных веществ, применяемых в данных производственных процессах;

- применением огнепреградителей, гидрозатворов, водяных и пылевых заслонов, инертных (не поддерживающих горение) газовых или паровых завес;

- применением оборудования, рассчитанного на давление взрыва;

- обваловкой и бункеровкой взрывоопасных участков производства или размещением их в защитных кабинах;

- защитой оборудования от разрушения при взрыве при помощи устройств аварийного сброса давления (предохранительные мембраны и клапаны);

- применением быстродействующих отсечных и обратных клапанов;

- применением систем активного подавления взрыва;

- применением средств предупредительной сигнализации.

Пожарная безопасность — состояние объекта, при котором исключается возможность пожара, а в случае его возникновения предотвращается воздействие на людей опасных его факторов и обеспечивается защита материальных ценностей.

Противопожарная защита — это комплекс организационных и технических мероприятий, направленных на обеспечение безопасности людей, предотвращение пожара, ограничение его распространения, а также на создание условий для успешного тушения пожара.

Пожарная безопасность обеспечивается системой предотвращения пожара и системой пожарной защиты. Во всех служебных помещениях обязательно должен быть «План эвакуации людей при пожаре», регламентирующий действия персонала в случае возникновения очага возгорания и указывающий места расположения пожарной техники.

Помещение оборудуется электрической пожарной сигнализацией, которая служит для быстрого извещения службы пожарной охраны о возникшем пожаре. Также в помещениях используются ручные углекислотные огнетушители.

Помимо пожарного оборудования в местах, определенных пожарной охраной, должны быть размещены пожарные щиты со следующим набором пожарного оборудования: топоров — 2; ломов и лопат — 2; багров железных — 2; ведер, окрашенных в красный цвет — 2; огнетушителей — 2 (углекислотные огнетушители ОУ-5).

Данное рабочее помещение, согласно[27], относится к категории В-1 т.е. к помещению, в котором находятся твердые горючие вещества и материалы, способными при взаимодействии с кислородом, водой или друг другом гореть.

4.4. Экологическая безопасность

Длительная работа компьютера приводит к снижению концентрации кислорода, повышению концентрации озона. Озон является сильным окислителем и

концентрация его выше предельно допустимых величин может привести к неблагоприятным обменным реакциям организма, изменяя активность ряда ферментов, способствует нарушению зрения.

Важным фактором, показывающим воздействие на состояние здоровья работающих на ПК, является аэроионный состав воздуха. Его нарушение ухудшает состав крови, работу органа зрения, иммунной системы. [31]

ПК плохо влияет не только на организм человека, но и на окружающую среду. Ученые и исследователи уверены, что пора предпринять меры по уменьшению объемов ущерба, который ежедневно наносится окружающей среде и здоровью. По некоторым данным исследователей, чтобы создать один среднестатистический персональный компьютер, требуется в 10 раз больше химических веществ и топлива, чем вес конечного изобретения.

Многое сырье, используемое в сборке компьютеров, является токсичным. Отходы производства также не исчезают, превращаясь в свалки, или перерабатываются, оказывая плохое влияние на экологию.

Многие пользователи и производители ошибаются, полагая, что с уменьшением и усовершенствованием компьютеров, их негативное влияние на экологию уменьшается.

Поэтому ученые подчеркивают важность вторичного использования оборудования. Прежде чем выбросить гаджет в мусор, лучше окончательно убедиться, что он не подлежит восстановлению и только потом обращаться в конфигуратор компьютера. Возможно, он будет частично полезен в другой сборке.

4.5. Правовые и организационные мероприятия обеспечения безопасности

4.5.1. Требования к организации и оборудованию рабочих мест с ПК.

Рабочие места с ПК по отношению к световым проемам должны располагаться так, чтобы естественный свет падал сбоку, преимущественно слева. Схемы размещения рабочих мест должны учитывать расстояния между рабочими столами с видеомониторами, которое должно быть не менее 2,0 м, а расстояние между боковыми поверхностями видеомониторов - не менее 1,2 м.

Оконные проемы в помещениях должны быть оборудованы регулируемыми устройствами типа жалюзи, занавесей, внешних козырьков и др. Т.к инженеры заняты выполнением работы, требующей значительного умственного напряжения или высокой концентрации внимания, следует изолировать друг от друга перегородками высотой 1,5-2 м.

Конструкция рабочего стола должна обеспечивать оптимальное размещение на рабочей поверхности используемого оборудования с учетом его количества и конструктивных особенностей, характера выполняемой работы.

Конструкция рабочего стула (кресла) должна обеспечивать поддержание рациональной рабочей позы, позволять изменять позу с целью снижения статистического напряжения мышц шейно-плечевой области и спины для предупреждения развития утомления. Он должен быть подъемно-поворотным и регулируемым по высоте и углам наклона сиденья и спинки, а также расстоянию спинки от переднего края сиденья, при этом регулировка каждого параметра должна быть независимой, легко осуществляемой и иметь надежную фиксацию. Поверхность сиденья, спинки и других элементов стула (кресла) должна быть полумягкой, с нескользящим, неэлектризующимся и воздухопроницаемым покрытием, обеспечивающим легкую очистку от загрязнений

Экран видеомонитора от глаз пользователя должен находиться на оптимальном расстоянии 600 - 700 мм, но не ближе 500 мм с учетом размеров алфавитно-цифровых знаков и символов.

В помещениях ежедневно должна проводиться влажная уборка. Помещения должны быть оснащены аптечкой первой помощи и углекислотными огнетушителями.

Конструкция стола должна обеспечивать: ширину и глубину поверхности сиденья не менее 400 мм; поверхность сиденья с закругленным передним краем; регулировку высоты поверхности сиденья в пределах 400 - 500 мм и углом наклона вперед до 15 и назад до 5 градусов; высоту опорной поверхности спинки 300 ± 20 мм, ширину - не менее 380 мм и радиус кривизны горизонтальной плоскости - 400 мм; угол наклона спинки в вертикальной плоскости в пределах $0 + 30$ градусов; регулировку расстояния спинки от переднего края сиденья в пределах 260 - 400 мм; стационарные или съемные подлокотники длиной не менее 250 мм и шириной - 50 - 70 мм; регулировку подлокотников по высоте над сиденьем в пределах 230 ± 30 мм и внутреннего расстояния между подлокотниками в пределах 350 - 500 мм.

При организации рабочих мест следует предусматривать: пространство по глубине не менее 850 мм; пространство для стоп глубиной и высотой не менее 150 мм и шириной не менее 530 мм; расположение устройств ввода-вывода информации, обеспечивающее оптимальную видимость экрана; расположение экрана в месте рабочей зоны, обеспечивающее удобство зрительного наблюдения в вертикальной плоскости. Клавиатуру следует располагать на поверхности стола на расстоянии 100 - 300 мм от края, обращенного к пользователю, или на специальной, регулируемой по высоте рабочей поверхности, отделенной от основной столешницы. [32]

4.5.2. Требования к организации режима труда и отдыха при работе за ПК.

Режимы работы и отдыха должны организовываться в зависимости от вида и категории трудовой деятельности. Для видов трудовой деятельности устанавливается 3 категории тяжести и напряженности работы с ПК, которые определяются: для группы А - по суммарному числу считываемых знаков за сеанс, но не более 60000 знаков за рабочий день; для группы Б - по суммарному числу

считываемых или вводимых знаков за рабочий день, но не более 40 000 знаков за рабочий день; для группы В - по суммарному времени непосредственной работы с ПК за рабочий день, но не более 6 часов за рабочий день.

Для обеспечения оптимальной работоспособности и сохранения здоровья работников на протяжении рабочего дня устанавливаются регламентированные перерывы.

Время регламентированных перерывов следует устанавливать в зависимости от продолжительности рабочего дня, вида и категории трудовой деятельности (табл. 4.5).

Таблица 4.5- Время регламентированных перерывов

Категория работы ВДТ, ЭВМ и ПЭВМ	Уровень нагрузки за рабочую смену при видах работ с ВДТ			Суммарное время регламентированных перерывов, мин	
	группа А количество знаков	группа Б количество знаков	группа В, час	при 8-часовой смене	при 12-часовой смене
I	до 20000	до 15000	до 2,0	30	70
II	до 40000	до 30000	до 4,0	50	90
III	до 60000	до 40000	до 6,0	70	120
Примечание. При несоответствии фактических условий труда требованиям настоящих правил время регламентированных перерывов следует увеличить на 30%.					

При 8-часовой работе на ПК регламентированные перерывы следует устанавливать:

для I категории - через 2 часа от начала рабочего дня и через 2 часа после обеденного перерыва продолжительностью 15 минут каждый;

для II категории - через 2 часа от начала рабочего дня и через 1,5-2 часа после обеденного перерыва продолжительностью 15 минут каждый или продолжительностью 10 минут через каждый час работы;

для III категории - через 1,5-2 часа от начала рабочего дня и через 1,5-2 часа после обеденного перерыва продолжительностью 20 минут каждый или продолжительностью 15 минут через каждый час работы.

Во время регламентированных перерывов с целью снижения нервно-эмоционального напряжения, утомления зрительного анализатора, устранения влияния гиподинамии и гипокинезии, предотвращения развития познотонического утомления целесообразно выполнять комплексы упражнений.

С целью уменьшения отрицательного влияния монотонии целесообразно применять чередование операций осмысленного текста и числовых данных (изменение содержания работы), чередование редактирования текстов и ввода данных (изменение содержания работы).

В случаях возникновения у работающих с ПК зрительного дискомфорта и других неблагоприятных субъективных ощущений, несмотря на соблюдение санитарно-гигиенических, эргономических требований, режимов труда и отдыха, следует применять индивидуальный подход в ограничении времени работ, коррекцию длительности перерывов для отдыха или проводить смену деятельности на другую.

Заключение

В данной квалификационной работе был разработан алгоритм компенсации реактивной мощности в программном комплексе «ОПТИУМ», который позволил нам осуществить выполнение всех поставленных задач. В ходе выполнения работы были рассчитаны установившиеся режимы схемы электроснабжения без учета и с учетом КУ, который показали существенное влияние КУ на снижение потерь как активной, так и реактивной мощности.

Далее рассматривались три варианта установки КУ, судя по полученным результатам можно сделать вывод, что наиболее оптимальным является вариант установки КУ 0,4 кВ, так как при данном способе наблюдаются существенное снижение всех интегральных показателей режима.

Для оценки экономической эффективности установки КУ на предприятии ОАО «Синтез» были осуществлены расчеты в целях определения оптимальной степени компенсации реактивной мощности, т.е. в процессе расчет увеличивали глубину компенсации (понижали $tg\varphi$). Таким образом, рациональной степенью компенсации является $tg\varphi = 0,47$, так как при нем наблюдается снижение до минимального значения среднегодовых затрат. При увеличении глубины компенсации такие показатели как экономия затрат и чистый дисконтированный доход возрастают и достигают свой максимума при выявленной оптимальной степени компенсации. Стоит отметить, что наибольшая экономия затрат достигается за счет экономии затрат на реактивную мощность.

Список использованных источников

1. «Порядок расчета значений соотношения потребления активной и реактивной мощности для отдельных энергопринимающих устройств потребителей электрической энергии, применяемых для определения обязательств сторон в договорах об оказании услуг по передаче электрической энергии (договоры энергоснабжения)». Приказ №49 от 22.02.07., Минпромэнерго России, 2007.
2. Дмитриев А.Н., Ковалев И.Н., Табунщиков Ю.А., Шилкин Н.В. Руководство по оценке эффективности инвестиций в энергосберегающие мероприятия. – М.: АВОК-ПРЕСС, 2005 – 122 с.
3. Кожевников Н.Н., Чинакаева Н.С., Чернова Е.В. Практические рекомендации по использованию методов оценки экономической эффективности инвестиций в энергосбережение. – М.: Издательство МЭИ, 2000 – 132 с.
4. Железко Ю.С. Компенсация реактивной мощности в сложных электрических системах. – М.: Энергоатомиздат, 1981. - 200 с
5. Красник В. В. Автоматические устройства по компенсации реактивной мощности в электросетях предприятий. – М.: Энергоатомиздат, 1983 – 136 с.
6. Кузнецов А. В., Евстифеев И. В. О государственном управлении процессом компенсации реактивной мощности // Электрика. 2008. № 3. С. 912.
7. Основные задачи формирования баланса реактивной мощности в ЕЭС России // Электрические станции. 2007. № 3. С. 65-73.
8. Железко Ю. С. Потери электроэнергии. Реактивная мощность. Качество электроэнергии: Руководство для практических расчётов. М.: ЭНАС, 2009. 456 с.
9. Герасименко А. А., Нешатаев В. Б. Проблема компенсации реактивной мощности в распределительных электрических сетях // Оптимизация режимов работы электротехнических систем: межвузовский сборник научных трудов. Красноярск: СФУ. 2008. С. 245-254.166
10. Железко Ю. С. Новые нормативные документы по условиям потребления реактивной мощности // Энергетик. 2009. № 1. С. 41-43.
11. Оптимизация эксплуатационных режимов разомкнутых распределительных электрических сетей по напряжению и реактивной мощности /

А. И. Афанасьев, В. И. Идельчик, В. Н. Ковалевич и др. // Электричество. 1995. № 3. С 19-22.

12. Кудрин Б. И. История компенсации реактивной мощности: комментарий главного редактора // Электрика. 2001. № 6. С. 26-29.

13. Каталог конденсаторных установок. Компания «Матик-Электро». 2009. 252 с. URL: <http://www.matic.ru/> (дата обращения: 29.04.2016).

14. Приказ ФСТ России № 240-э/5 от 23.07.2015 «О предельных уровнях тарифов на электрическую энергию, поставляемую населению и приравненным к нему категориям потребителей, на 2016 год». URL: <http://www.fstrf.ru/> (дата обращения: 29.04.2016).

15. Герасименко А. А., Нешатаев В. Б., Шульгин И. В. Оптимальная компенсация реактивных нагрузок в системах распределения электрической энергии // Известия ВУЗов. Проблемы энергетики. 2008. № 11-12/1. С. 81-88.

16. Балашов А.И. Управление проектами: учебник для бакалавров/ А.И. Балашов, Е. М. Рогова, М. В. Тихонова, Е. А. Ткаченко; под ред. Е. М. Роговой. — М. : Издательство Юрайт, 2013. — 383 с. — Серия : Бакалавр. Базовый курс.

17. Кондратьева М.Н. Экономика и организация производства: учеб. пособие - Ульяновск: УлГТУ, 2013. – 98 с.

18. Фатхутдинов Р.А. Производственный менеджмент: Учебник для вузов. 6-е изд. – СПб.: Питер, 2008. – 496 с.

19. Приложение об окладах по новой системе оплат труда с 01.10.2013 -ТПУ. – 5 с.

20. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.

21. Р 2.2.2006-05. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда. – М.: Минздрав России, 1999.

22. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий. – М.: Госкомсанэпиднадзор, 2003.

23. ГОСТ 12.1.003–83 (1999) ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.
24. ГОСТ 12.1.010-76 ССБТ. Взрывобезопасность.
25. Правила устройства электроустановок ПУЭ. – 7-е изд. – М.: НЦ ЭНАС, 1999. – 640 с.
26. ГОСТ 12.1.045–84 ССБТ. Электростатические поля. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля.
27. НПБ 105-03 Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности.
28. Строительные нормы и правила СНиП 3.05.06-85 Электротехнические устройства.
29. СН 2.2.4/2.8.562-96 “Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки”
30. СП 51.13330.2011 «Свод правил. Защита от шума. Актуализированная редакция СНиП 23-03-2003»
31. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 "Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы"
32. ГОСТ 12.1.038–82 «ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов»

Приложение А

ДАННЫЕ ДЛЯ РАСЧЕТА УСТАНОВИВШЕГОСЯ РЕЖИМА

: 50: N-ЧИСЛО УЗЛОВ СХЕМЫ (I3)
: 49: M-ЧИСЛО ВЕТВЕЙ (I3)
: 1: NB-НОМЕР БАЛАНСИРУЮЩЕГО УЗЛА (I4)
:1.000: EPS-ПОГРЕШНОСТЬ РАСЧЕТА ПО (P, Q) (F5.3)
:1000.: RK-КОЭФФИЦИЕНТ РАЗМЕРНОСТИ=1000-КВА. 1-МВА (F5.3)
:1: ISTG-ПРИЗНАК НАЛИЧИЯ ПОПЕРЕЧНОЙ АКТ. ПРОВОД.1-НЕТ;2-ЕСТЬ (I1)
:1: ISTV-ПРИЗНАК НАЛИЧИЯ ПОПЕРЕЧ. РЕАКТ. ПРОВОД.1-НЕТ;2-ЕСТЬ (I1)
:1: NPRINT-ПЕЧАТЬ РЕЗУЛЬТАТОВ ИСХОДНОГО УСТАН. РЕЖИМА (I1)
1-НЕТ ПЕЧАТИ; 2-ПЕЧАТЬ U, D, P, Q, I.
:2: NAME-ВЫВОД ПЕЧАТИ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ (I1)
1-НЕТ ПЕЧАТИ; 2-ЕСТЬ ПЕЧАТЬ; 3-ПЕЧАТЬ С ИМЕНЕМ СХЕМЫ

ДАННЫЕ ДЛЯ РАСЧЕТА КОМПЕНСИРУЮЩИХ УСТРОЙСТВ

:1: JAVTOM-АВТОМАТИЗАЦИЯ ВЫБОРА УЗЛОВ-ПРЕТЕНДЕНТОВ НА УСТ. КУ (I1)
1-НЕТ АВТОМАТ; ПРЕТЕНД. УСТ-СЯ РАСЧЕТЧИКОМ;2-ЕСТЬ АВТ
:40: JVARI-ВАРИАНТ РАСЧИТЫВАЕМЫХ КУ ПРИ АВТОМАТ. ПРЕТЕНДЕН-В (I2)
("40"-КУ 0.4 (KV); "10"-КУ 10 (KV) С УСТАН. КУ ТОЛЬКО НА
С.Ш. П/СТ 10, ; "10"-КУ 10 (KV) С УСТАН. КУ НА
С.Ш. П/СТ 10, И В УЗЛАХ КРУПНЫХ ТП 10/0.4;
"14"-КУ 10-0.4 (KV) С УСТАН. КУ 10 (KV), ЧТО И ПРИ "10" ;
"41"-КУ 10-0.4 (KV) С УСТАН. КУ 10 (KV), ЧТО И ПРИ "10" ;
:1: KY1-ПРИЗНАК РАСЧЕТА КУ БЕЗ УЧЕТА ПОТЕРЬ РЕАКТ. МОЩН. (I1)
(1-НЕТ РАСЧЕТА; 2-ЕСТЬ РАСЧЕТ)
:1: NTG1-УСЛОВИЯ РАСЧЕТА КУ БЕЗ УЧЕТА ПОТЕРЬ РЕАКТ. МОЩНОСТИ (I1)
(1-ПО МИН. ЗАТРАТ С ОГРАНИЧЕНИЕМ ПО ТАНГЕНСУ ФИ;
2-ПО ЗАДАН. ТАНГЕНСУ; 3-ПО ЗАДАН. Q-ЭКОНОМИЧ.)
:1: KDRUK1-ПЕЧАТЬ ПРЕДВАР. ЗНАЧ. КУ РАСЧИТЫВАЕМЫХ ПО ПРИЗН. КУ1
(1-НЕТ ПЕЧАТИ; 2-ЕСТЬ ПЕЧАТЬ) (I1)
:2: KY2-ПРИЗНАК РАСЧЕТА КУ С УЧЕТОМ ПОТЕРЬ РЕАКТ. МОЩНОСТИ (I1)
(1-НЕТ РАСЧЕТА; 2-ЕСТЬ РАСЧЕТ)
:2: NTG2-УСЛОВИЯ РАСЧЕТА КУ С УЧЕТОМ ПОТЕРЬ РЕАКТ. МОЩНОСТИ (I1)
(1-ПО МИН. ЗАТРАТ С ОГРАНИЧЕНИЕМ ПО ТАНГЕНСУ ФИ;
2-ПО ЗАДАННОМУ ТАНГЕНСУ; 3-ПО ЗАДАННОЙ Q-ЭКОНОМИЧ.)
:1: KDRUK2-ПЕЧАТЬ ПРЕДВАР. ЗНАЧ. КУ РАСЧИТЫВАЕМЫХ ПО ПРИЗН. КУ2
(1-НЕТ ПЕЧАТИ; 2-ЕСТЬ ПЕЧАТЬ) (I1)
:0.500: TG-ЗНАЧЕНИЕ ТАНГЕНСА ФИ В УЗЛЕ ПИТАНИЯ ДЛЯ ВЫБОРА КУ (F5.3)
: 000.0: QG-ЗНАЧЕНИЕ Q-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ В УЗЛЕ ПИТАНИЯ ДЛЯ ВЫБ. КУ (F7.1)
:2: MINQ1-ПРИЗНАК НАЛИЧИЯ ОГРАНИЧЕНИЯ Q-МИН. НА ЕДИНИЧНУЮ (I1)
МОЩНОСТЬ КУ-0.4KV (1-НЕТ ОГРАНИЧЕНИЯ; 2-ЕСТЬ)
: 50.0: QMIN1-МИНИМАЛЬНАЯ МОЩНОСТЬ УСТАНОВКИ КУ-0.4 KV (F5.1)
:2: MINQ2-ПРИЗНАК НАЛИЧИЯ ОГРАНИЧЕНИЯ Q-МИН. НА ЕДИНИЧНУЮ (I1)
МОЩНОСТЬ КУ-10 KV (1-НЕТ ОГРАНИЧЕНИЯ; 2-ЕСТЬ)
:100.0: QMIN2-МИНИМАЛЬНАЯ МОЩНОСТЬ УСТАНОВКИ КУ-10 KV (F5.1)
:2: KPRINT-ПЕЧАТЬ РЕЗУЛЬТ. УСТАН. РЕЖИМА С УЧЕТОМ КУ (I1)
(1-НЕТ ПЕЧАТИ; 2-ПЕЧАТЬ U, D, P, Q, I)
: 746.0 : GKU1-УДЕЛЬНАЯ СТОИМОСТЬ КУ-0.4 KV РУБ/КВАР (F7.2)
: 344.0 : GKU2-УДЕЛЬНАЯ СТОИМОСТЬ КУ-10 KV РУБ/КВАР (F7.2)
: 2.93 : VT-ТАРИФНАЯ СТАВКА ЗА КВТ.ЧАС ПОТРЕБЛЕННОЙ ЭНЕРГИИ (F6.3)
:6388.: TV-ВРЕМЯ МАКСИМАЛЬНЫХ ПОТЕРЬ АКТ. МОЩНОСТИ -ЧАС- (F5.0)
:7300.: TM-ВРЕМЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МАКСИМАЛЬНОЙ НАГРУЗКИ-ЧАС- (F5.0)
:1.0: GP-РАЙОННЫЙ КОЭФФИЦИЕНТ ДЛЯ П/СТ ОБОРУДОВАНИЯ (F3.1)
:4836.9: GRM-ТАРИФНАЯ СТАВКА ЗА ЗАЯВЛЕННЫЙ МАКСИМУМ ЭЛ.ПОТР. (F6.1)
(РУБ/КВТ.ГОД)
:28000.: AO-УДЕЛЬНАЯ ПРИВЕДЕННАЯ СТОИМОСТЬ ГЕНЕРАТОРНОЙ МОЩН. (F6.0)
(РУБ/КВТ.ГОД)
: 25.0: QKU6-ЕДИНИЧНАЯ МОЩНОСТЬ СТУПЕНИ КУ-10 KV (КВАР) (F5.1)

: 5.0: QKY04-ЕДИНИЧНАЯ МОЩНОСТЬ СТУПЕНИ КУ-0.4KV (КВАР) (F5.1)

Таблица А.1 – Параметры ветвей электрической схемы

ИСХОДНАЯ ИНФОРМАЦИЯ ПО ВЕТВЯМ СХЕМЫ

=====												
I	N	I	N	I	MW	I	R	I	X	I	KT	I
ИНАЧ.	ИКОН.	ИОТК	ИЛИАКТ	СОПР	ИРЕАК	СОП	ИТР	ЦИИ	И	И	И	И
ИВЕТ.	ИВЕТ.	ИВЕТ.	И	(OM)	И	(OM)	И	И	И	И	И	И
=====												
I	I4	I	I4	I	I1	I	F8.3	I	F8.3	I	F6.3	I
=====												
I	1	I0123	I	0	I	0.158	I	0.06	I	1.0	I	I
I0123	I0031	I	0	I	0.036	I	0.009	I	1.	I	I	I
I0031	I2001	I	0	I	1.22	I	5.35	I	26.25	I	I	I
I0031	I1531	I	0	I	0.023	I	0.006	I	1.	I	I	I
I1531	I1501	I	0	I	1.22	I	5.35	I	26.25	I	I	I
I0123	I0019	I	0	I	0.111	I	0.028	I	1.	I	I	I
I0019	I3001	I	0	I	1.22	I	5.35	I	26.25	I	I	I
I0019	I2819	I	0	I	0.03	I	0.007	I	1.	I	I	I
I2819	I2801	I	0	I	1.22	I	5.35	I	26.25	I	I	I
I0123	I0011	I	0	I	0.173	I	0.044	I	1.	I	I	I
I0011	I6001	I	0	I	1.8	I	9.1	I	26.25	I	I	I
I0011	I7011	I	0	I	0.055	I	0.015	I	1.	I	I	I
I7011	I7001	I	1	I	1.22	I	5.35	I	26.25	I	I	I
I0123	I0015	I	1	I	0.132	I	0.034	I	1.	I	I	I
I0015	I8003	I	1	I	1.22	I	5.35	I	26.25	I	I	I
I0123	I0021	I	0	I	0.174	I	0.034	I	1.	I	I	I
I0021	I1011	I	0	I	1.8	I	9.1	I	26.25	I	I	I
I0123	I0013	I	0	I	0.186	I	0.047	I	1.	I	I	I
I0013	I1301	I	1	I	1.8	I	9.1	I	26.25	I	I	I
I0013	I8013	I	0	I	0.108	I	0.027	I	1.	I	I	I
I8013	I8001	I	0	I	1.22	I	5.35	I	26.25	I	I	I
I0123	I0111	I	0	I	0.091	I	0.023	I	1.	I	I	I
I0111	I1401	I	0	I	1.22	I	5.35	I	26.25	I	I	I
I0111	I0101	I	0	I	0.082	I	0.021	I	1.	I	I	I
I0101	I1001	I	0	I	1.22	I	5.35	I	26.25	I	I	I
I0123	I0033	I	0	I	0.023	I	0.006	I	1.	I	I	I
I0033	I1511	I	0	I	1.22	I	5.35	I	26.25	I	I	I
I0033	I4033	I	0	I	0.082	I	0.021	I	1.	I	I	I
I4033	I4011	I	0	I	1.22	I	5.035	I	26.25	I	I	I
I0123	I0035	I	0	I	0.224	I	0.043	I	1.	I	I	I
I0035	I1601	I	0	I	1.22	I	5.35	I	26.25	I	I	I
I0123	I0009	I	0	I	0.098	I	0.025	I	1.	I	I	I
I0009	I2601	I	1	I	1.22	I	5.35	I	26.25	I	I	I
I0009	I1909	I	0	I	0.036	I	0.009	I	1.	I	I	I
I1909	I1901	I	0	I	2.12	I	8.5	I	26.25	I	I	I
I0123	I0007	I	0	I	0.284	I	0.072	I	1.	I	I	I
I0007	I2701	I	0	I	2.12	I	8.5	I	26.25	I	I	I
I0123	I0037	I	1	I	0.107	I	0.022	I	1.	I	I	I
I0037	I2901	I	1	I	4.35	I	10.2	I	26.25	I	I	I
I0123	I0005	I	0	I	0.304	I	0.058	I	1.	I	I	I
I0005	I0401	I	0	I	3.7	I	10.6	I	26.25	I	I	I
I0005	I1805	I	0	I	0.134	I	0.026	I	1.	I	I	I
I1805	I1801	I	1	I	6.7	I	15.6	I	26.25	I	I	I
I0123	I0017	I	0	I	0.150	I	0.038	I	1.	I	I	I
I0017	I5001	I	1	I	1.5	I	6.8	I	26.25	I	I	I
I0017	I4017	I	0	I	0.039	I	0.01	I	1.	I	I	I
I4017	I4001	I	0	I	1.22	I	5.35	I	26.25	I	I	I
I0123	I0027	I	0	I	0.183	I	0.047	I	1.	I	I	I
I0027	I5011	I	0	I	1.22	I	5.35	I	26.25	I	I	I

Таблица А.2 – Параметры узлов электрической схемы
ИСХОДНАЯ ИНФОРМАЦИЯ В УЗЛАХ СХЕМЫ

И	N	I	/U/	I	P	I	Q	I	NK	I	NQ	I
УЗЛА	И	НОМ	НАП	АКТ	МОЩН	И	РЕАК	МОЩН	I/U/	I	УС-А	I
I	I	(КВ)	I	(КВТ)	I	(КВАР)	I	CONSI	KV	I	I	I
I	I4	I	F7.2	I	F10.3	I	F10.3	I	I1	I	I1	I
I	1	I	10.5	I	0.0	I	0.0	I	0	I	0	I
I0123	I	10.5	I	0.0	I	0.0	I	0	I	2	I	I
I0031	I	10.5	I	3.3	I	14.0	I	0	I	0	I	I
I2001	I	0.4	I	111.2	I	92.143	I	0	I	1	I	I
I1531	I	10.5	I	3.3	I	14.0	I	0	I	0	I	I
I1501	I	0.4	I	221.0	I	165.75	I	0	I	1	I	I
I0019	I	10.5	I	3.3	I	14.0	I	0	I	0	I	I
I3001	I	0.4	I	155.0	I	136.697	I	0	I	1	I	I
I2819	I	10.5	I	3.3	I	14.0	I	0	I	0	I	I
I2801	I	0.4	I	92.6	I	79.188	I	0	I	1	I	I
I0011	I	10.5	I	1.8	I	11.48	I	0	I	0	I	I
I6001	I	0.4	I	197.1	I	168.552	I	0	I	1	I	I
I7011	I	10.5	I	3.3	I	14.0	I	0	I	0	I	I
I7001	I	0.4	I	0.0	I	0.0	I	0	I	0	I	I
I0015	I	10.5	I	3.3	I	14.0	I	0	I	0	I	I
I8003	I	0.4	I	0.0	I	0.0	I	0	I	0	I	I
I0021	I	10.5	I	1.8	I	11.48	I	0	I	0	I	I
I1011	I	0.4	I	120.0	I	93.13	I	0	I	1	I	I
I0013	I	10.5	I	1.8	I	11.48	I	0	I	0	I	I
I1301	I	0.4	I	0.0	I	0.0	I	0	I	0	I	I
I8013	I	10.5	I	3.3	I	14.0	I	0	I	0	I	I
I8001	I	0.4	I	51.0	I	47.748	I	0	I	1	I	I
I0111	I	10.5	I	3.3	I	14.0	I	0	I	0	I	I
I1401	I	0.4	I	160.0	I	128.32	I	0	I	1	I	I
I0101	I	10.5	I	3.3	I	14.0	I	0	I	0	I	I
I1001	I	0.4	I	100.0	I	80.228	I	0	I	1	I	I
I0033	I	10.5	I	3.3	I	14.0	I	0	I	0	I	I
I1511	I	0.4	I	76.0	I	62.976	I	0	I	1	I	I
I4033	I	10.5	I	3.3	I	14.0	I	0	I	0	I	I
I4011	I	0.4	I	194.0	I	150.56	I	0	I	1	I	I
I0035	I	10.5	I	3.3	I	14.0	I	0	I	0	I	I
I1601	I	0.4	I	150.8	I	105.259	I	0	I	1	I	I
I0009	I	10.5	I	3.3	I	14.0	I	0	I	0	I	I
I2601	I	0.4	I	0.0	I	0.0	I	0	I	0	I	I
I1909	I	10.5	I	2.27	I	12.6	I	0	I	0	I	I
I1901	I	0.4	I	188.0	I	136.11	I	0	I	1	I	I
I0007	I	10.5	I	2.27	I	12.6	I	0	I	0	I	I
I2701	I	0.4	I	175.0	I	145.01	I	0	I	1	I	I
I0037	I	10.5	I	0.73	I	3.84	I	0	I	0	I	I
I2901	I	0.4	I	0.0	I	0.0	I	0	I	0	I	I
I0005	I	10.5	I	1.45	I	8.4	I	0	I	0	I	I
I0401	I	0.4	I	65.0	I	57.325	I	0	I	1	I	I
I1805	I	10.5	I	1.05	I	5.75	I	0	I	0	I	I
I1801	I	0.4	I	0.0	I	0.0	I	0	I	0	I	I
I0017	I	10.5	I	3.0	I	13.5	I	0	I	0	I	I
I5001	I	0.4	I	0.0	I	0.0	I	0	I	0	I	I
I4017	I	10.5	I	3.3	I	14.0	I	0	I	0	I	I
I4001	I	0.4	I	180.0	I	125.641	I	0	I	1	I	I
I0027	I	10.5	I	3.3	I	14.0	I	0	I	0	I	I

I5011I 0.4 I 104.0 I 86.177I 0 I 1 I

I	I					123 - 27	-107.69	-100.41	.008			I
---	---	--	--	--	--	----------	---------	---------	------	--	--	---

Продолжение таблицы Б.1

I	I	-----I											I
I	I	-----I											I
2	I 31	I 10.46	.03	.35	23.19	31 - 123	338.61	201.82	.022	.000	.000	I	
I	I	-----I											I
I	I	-----I											I
I	I	-----I											I
I	I	-----I											I
3	I2001	I .40	-.23	111.18	92.15	2001 - 31	111.18	92.15	.211	.000	.000	I	
I	I	-----I											I
I	I	-----I											I
4	I1531	I 10.45	.03	1.89	19.44	1531 - 31	223.53	96.60	.013	.000	.000	I	
I	I	-----I											I
I	I	-----I											I
I	I	-----I											I
5	I1501	I .40	-.55	220.98	74.48	1501 - 1531	220.98	74.48	.340	.000	.000	I	
I	I	-----I											I
I	I	-----I											I
6	I 19	I 10.45	.03	1.95	19.37	19 - 123	254.47	176.56	.017	.000	.000	I	
I	I	-----I											I
I	I	-----I											I
I	I	-----I											I
7	I3001	I .40	-.36	154.98	66.12	3001 - 19	154.98	66.12	.246	.000	.000	I	
I	I	-----I											I
I	I	-----I											I
8	I2819	I 10.45	.03	2.16	18.53	2819 - 19	94.95	98.45	.008	.000	.000	I	
I	I	-----I											I
I	I	-----I											I
I	I	-----I											I
9	I2801	I .40	-.18	92.58	79.19	2801 - 2819	92.58	79.19	.178	.000	.000	I	
I	I	-----I											I
I	I	-----I											I
11	I 10.45	.03	.99	14.61	11 - 123	202.69	78.07	.012	.000	.000	I	10 I	
I	I	-----I											I
I	I	-----I											I
I	I	-----I											I

11	I	I	.40	-.87	197.09	48.40	6001 - 11	197.09	48.40	.296	.000	.000	I
	I	I											I
Продолжение таблицы Б.1													
12	I	I	10.45	.03	2.60	16.24	7011 - 11	2.60	16.24	.001	.000	.000	I
	I	I											I
13	I	I	10.45	.03	1.63	12.27	21 - 123	122.03	107.35	.009	.000	.000	I
	I	I					21 - 1011	-120.40	-95.09	.008			I
	I	I											I
14	I	I	.39	-.46	119.99	93.13	1011 - 21	119.99	93.13	.222	.000	.000	I
	I	I											I
15	I	I	10.46	.03	1.26	13.40	13 - 123	55.97	74.17	.005	.000	.000	I
	I	I					13 - 8013	-54.71	-60.77	.005			I
	I	I											I
16	I	I	10.45	.03	2.96	15.20	8013 - 13	54.04	63.18	.005	.000	.000	I
	I	I					8013 - 8001	-51.08	-47.98	.004			I
	I	I											I
17	I	I	.40	-.08	50.98	47.75	8001 - 8013	50.98	47.75	.102	.000	.000	I
	I	I											I
18	I	I	10.45	.03	2.49	17.14	111 - 123	266.78	180.65	.018	.000	.000	I
	I	I					111 - 1401	-160.37	-70.18	.010			I
	I	I					111 - 101	-103.92	-93.33	.008			I
	I	I											I
19	I	I	.40	-.38	159.98	68.69	1401 - 111	159.98	68.69	.254	.000	.000	I
	I	I											I
20	I	I	10.45	.03	2.79	15.56	101 - 111	103.00	96.60	.008	.000	.000	I
	I	I					101 - 1001	-100.21	-81.03	.007			I
	I	I											I
21	I	I	.40	-.20	99.98	80.23	1001 - 101	99.98	80.23	.187	.000	.000	I

22	I	33	I	10.46	.03	1.67	21.31	33 - 123	276.00	172.06	.018	.000	.000	I
	I		I					33 - 1511	-76.13	-63.45	.005			I
	I		I					33 - 4033	-198.20	-87.30	.012			I

Продолжение таблицы Б.1

23	I	1511	I	.40	-.15	75.98	62.98	1511 - 33	75.98	62.98	.144	.000	.000	I
24	I	4033	I	10.45	.03	2.89	15.66	4033 - 33	197.40	90.60	.012	.000	.000	I
	I		I					4033 - 4011	-194.51	-74.94	.012			I
25	I	4011	I	.40	-.44	193.97	72.96	4011 - 4033	193.97	72.96	.302	.000	.000	I
26	I	35	I	10.45	.04	3.14	14.57	35 - 123	154.35	121.51	.011	.000	.000	I
	I		I					35 - 1601	-151.21	-106.93	.010			I
27	I	1601	I	.40	-.32	150.78	105.26	1601 - 35	150.78	105.26	.268	.000	.000	I
28	I	9	I	10.45	.03	2.16	18.83	9 - 123	194.06	73.81	.011	.000	.000	I
	I		I					9 - 1909	-191.89	-54.97	.011			I
29	I	1909	I	10.45	.03	1.53	16.39	1909 - 9	190.28	62.28	.011	.000	.000	I
	I		I					1909 - 1901	-188.75	-45.89	.011			I
30	I	1901	I	.40	-.77	187.98	42.96	1901 - 1909	187.98	42.96	.282	.000	.000	I
31	I	7	I	10.45	.03	2.15	13.07	7 - 123	177.80	55.68	.010	.000	.000	I
	I		I					7 - 2701	-175.65	-42.60	.010			I

32	I2701	I	.40	-.71	174.98	40.07	2701 - 7	174.98	40.07	.262	.000	.000
33	I 5	I	10.45	.03	1.11	9.81	5 - 123	67.65	72.64	.005	.000	.000
							5 - 401	-65.27	-58.06	.005		
							5 - 1805	-1.27	-4.77	.000		

Окончание таблицы Б.1

34	I 401	I	.40	-.22	64.99	57.33	401 - 5	64.99	57.33	.127	.000	.000
35	I1805	I	10.45	.03	.84	6.73	1805 - 5	.84	6.73	.000	.000	.000
36	I 17	I	10.45	.03	1.87	17.53	17 - 123	186.50	97.75	.012	.000	.000
							17 - 4017	-184.63	-80.22	.011		
37	I4017	I	10.45	.03	2.23	17.37	4017 - 17	182.67	86.78	.011	.000	.000
							4017 - 4001	-180.44	-69.41	.011		
38	I4001	I	.40	-.44	179.98	67.59	4001 - 4017	179.98	67.59	.280	.000	.000
39	I 27	I	10.45	.03	3.13	14.72	27 - 123	107.36	101.80	.008	.000	.000
							27 - 5011	-104.23	-87.07	.008		
40	I5011	I	.40	-.21	103.98	86.18	5011 - 27	103.98	86.18	.197	.000	.000
41	I 1	I	10.50	.00	-2420.18	-1215.06	1 - 123	-2420.18	-1215.06	.149	.000	.000

КОНЕЦ ПЕЧАТИ РЕЗУЛЬТАТОВ РАСЧЕТА ИСХОДНОГО УСТАНОВИВШЕГОСЯ РЕЖИМА

Таблица В.1 – Результаты расчета компенсирующих устройств с учетом потерь активной и реактивной мощности

N	EN (KV.KV) ЭК.ПОТЕНЦ.	QN (КВАР) ЭК.МОЩН.	ПОИ РАСЧ.МОЩ.КУ	Q (КУ) –КВАР УСТ.МОЩ.КУ
123	85.53	-283.99	2	350.0
31	92.53	14.00	0	.0
2001	.30	92.14	1	.0
1531	94.57	14.00	0	.0
1501	.27	74.47	1	110.0
19	104.76	14.00	0	.0
3001	.27	66.12	1	85.0
2819	107.56	14.00	0	.0
2801	.30	79.19	1	.0
11	98.31	11.48	0	.0
6001	.27	48.40	1	145.0
7011	99.08	14.00	0	.0
21	103.73	11.48	0	.0
1011	.39	93.13	1	.0
13	99.15	11.48	0	.0
8013	105.81	14.00	0	.0
8001	.24	47.75	1	.0
111	101.62	14.00	0	.0
1401	.27	68.69	1	70.0
101	109.35	14.00	0	.0
1001	.30	80.23	1	.0
33	89.30	14.00	0	.0
1511	.24	62.98	1	.0
4033	96.43	14.00	0	.0
4011	.27	72.95	1	95.0
35	112.24	14.00	0	.0
1601	.35	105.26	1	.0
9	92.34	14.00	0	.0
1909	94.34	12.60	0	.0
1901	.27	42.96	1	110.0
7	100.48	12.60	0	.0
2701	.27	40.07	1	125.0
5	107.25	8.40	0	.0
401	.46	57.33	1	.0
1805	108.02	5.75	0	.0
17	99.79	13.50	0	.0
4017	102.97	14.00	0	.0
4001	.27	67.58	1	70.0
27	103.86	14.00	0	.0
5011	.30	86.18	1	.0
1	-101.66	1184.71	0	1160.0

КОНЕЦ ВЫВОДА ПЕЧАТИ ВАРИАНТА СОВМЕСТНОЙ УСТАНОВКИ КУ