

Инженерная школа энергетики

Направление подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Отделение Электроэнергетики и электротехники

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Расчет и конструирование высоковольтного косинусного конденсатора наружной установки.

УДК 621.319.4.027:621.315.623.5.001..24

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5A5B	Кармадонова Никиты Дмитриевича		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Важов В.Ф.	д.т.н., профессор		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Подопригора И.В.	к.т.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Шестакова В.В.	к.т.н., доцент		

Планируемые результаты обучения по ООП «Электроэнергетика»

Код	Результат обучения	Требования ФГОС ВО, СУОС, критериев АИОР, и/или заинтересованных сторон
Общие по направлению подготовки (специальности)		
P1	Использовать знания в области менеджмента для управления комплексной инженерной деятельностью в области <i>электроэнергетики</i>	Требования ФГОС ВО, СУОС (ПК-20, ПК-19, ПК-21), <i>CDIO Syllabus</i> (4.3, 4.7, 4.8), Критерий 5 АИОР (п. 2.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P2	Использовать навыки устной, письменной речи, в том числе на иностранном языке, компьютерные технологии для коммуникации, презентации, составления отчетов и обмена технической информацией в областях <i>электроэнергетики</i>	Требования ФГОС ВО, СУОС (УК-4 *(ОК-5), ОПК-1, ПК-2), <i>CDIO Syllabus</i> (3.2, 4.7), Критерий 5 АИОР (п. 2.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P3	Эффективно работать индивидуально и в качестве члена или лидера команды, в том числе междисциплинарной, в области <i>электроэнергетики</i>	Требования ФГОС ВО, СУОС (УК-4 *(ОК-5), УК-5 *(ОК-6)), <i>CDIO Syllabus</i> (3.1), Критерий 5 АИОР (п. 2.3), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P4	Проявлять личную ответственность и приверженность нормам профессиональной этики и нормам ведения комплексной инженерной деятельности.	Требования ФГОС ВО, СУОС (УК-5 *(ОК-6), УК-7 *(ОК-8)), <i>CDIO Syllabus</i> (2.5), Критерий 5 АИОР (п. 2.4), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P5	Осуществлять комплексную инженерную деятельность в области <i>электроэнергетики</i> с учетом правовых и культурных аспектов, вопросов охраны здоровья и безопасности жизнедеятельности.	Требования ФГОС ВО, СУОС (УК-5*(ОК-6), УК-7 *(ОК-8), УК-8 *(ОК-9), ПК-3, ПК-4, ПК-10), <i>CDIO Syllabus</i> (4.1), Критерий 5 АИОР (п. 2.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P6	Быть заинтересованным в непрерывном обучении и совершенствовании своих знаний и качеств в области <i>электроэнергетики</i>	Требования ФГОС ВО, СУОС (УК-6 *(ОК-7), УК-7 *(ОК-8)), <i>CDIO Syllabus</i> (2.6), Критерий 5 АИОР (п. 1.4), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
По профилям подготовки		
P7	Применять соответствующие гуманитарные, социально-экономические, математические, естественно-научные и инженерные знания, компьютерные технологии для решения задач расчета и анализа <i>электрических устройств, объектов и систем.</i>	Требования ФГОС ВО, СУОС (УК-1 *(ОК-1, ОК-2), УК-2 *(ОК-3, ОК-4), УК-3 *(ОК-5), УК-4 *(ОК-5), ОПК-1, ОПК-2), <i>CDIO Syllabus</i> (1.1), Критерий 5 АИОР (п. 1.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> <i>Профессиональные стандарты: 20.003, 20.012, 20.016, 20.030, 20.031, 20.032, 24.014, 25.001, 25.027, 25.038, 25.040, 25.043, 32.001, 32.003, 40.011, 40.037, 40.139, 40.160, 40.179, 40.180</i>
P8	Уметь формулировать задачи в	Требования ФГОС ВО, СУОС (УК-2 *(ОК-3, ОК-

	области <i>электроэнергетики</i> , анализировать и решать их с использованием всех требуемых и доступных ресурсов.	4), ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3), <i>CDIO Syllabus</i> (2.1), Критерий 5 АИОР (п. 1.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> <i>Профессиональные стандарты:</i> , 20.003, 20.012, 20.016, 20.030, 20.031, 20.032, 24.014, 25.001, 25.027, 25.038, 25.040, 25.043, 32.001, 32.003, 40.011, 40.037, 40.139, 40.160, 40.179, 40.180
P9	Уметь проектировать <i>электроэнергетические системы и их компоненты</i> .	Требования ФГОС ВО, СУОС (УК-2*(ОК-3, ОК-4), ПК-3, ПК-4, ПК-9), <i>CDIO Syllabus</i> (4.4), Критерий 5 АИОР (п. 1.3), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> <i>Профессиональные стандарты:</i> 20.003, 20.012, 20.016, 20.030, 20.031, 20.032, 24.014, 25.001, 25.027, 25.038, 25.040, 25.043, 32.001, 32.003, 40.011, 40.037, 40.139, 40.160, 40.179, 40.180
P10	Уметь планировать и проводить необходимые экспериментальные исследования, связанные с определением параметров, характеристик и состояния <i>электрооборудования, объектов и систем электроэнергетики</i> , интерпретировать данные и делать выводы.	Требования ФГОС ВО, СУОС (ОПК-2, ОПК-3, ПК-1, ПК-2, ПК-5, ПК-12, ПК-14, ПК-15), <i>CDIO Syllabus</i> (2.2), Критерий 5 АИОР (п. 1.4), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> <i>Профессиональные стандарты:</i> 20.003, 20.012, 20.016, 20.030, 20.031, 20.032, 24.014, 25.001, 25.027, 25.038, 25.040, 25.043, 32.001, 32.003, 40.011, 40.037, 40.139, 40.160, 40.179, 40.180
P11	Применять современные методы и инструменты практической инженерной деятельности при решении задач в области <i>электроэнергетики</i> .	Требования ФГОС ВО, СУОС (ОПК-2, ОПК-3, ПК-11, ПК-13, ПК-18), <i>CDIO Syllabus</i> (4.5), Критерий 5 АИОР (п. 1.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> <i>Профессиональные стандарты:</i> 20.003, 20.012, 20.016, 20.030, 20.031, 20.032, 24.014, 25.001, 25.027, 25.038, 25.040, 25.043, 32.001, 32.003, 40.011, 40.037, 40.139, 40.160, 40.179, 40.180
P12	Иметь практические знания принципов и технологий <i>электроэнергетической</i> отрасли, связанных с особенностью проблем, объектов и видов профессиональной деятельности профиля подготовки на предприятиях и в организациях – потенциальных работодателях.	Требования ФГОС ВО, СУОС (ОПК-4, ОПК-5, ПК-4, ПК-5, ПК-6, ПК-7, ПК-8 ПК-9, ПК-16, ПК-17), <i>CDIO Syllabus</i> (4.6), Критерий 5 АИОР (п. 1.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> <i>Профессиональные стандарты:</i> , 20.003, 20.012, 20.016, 20.030, 20.031, 20.032, 24.014, 25.001, 25.027, 25.038, 25.040, 25.043, 32.001, 32.003, 40.011, 40.037, 40.139, 40.160, 40.179, 40.180

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

Инженерная школа энергетики

Направление подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Отделение Электроэнергетики и электротехники

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель ООП

_____ «__» _____ 2019 г. В.В. Шестакова

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
5А5В	Кармадонову Никите Дмитриевичу

Тема работы:

Расчет и конструирование косинусного конденсатора наружной установки на 50 кВ

Утверждена приказом директора (дата, номер)

29.04.2019, №3412/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	<p>В данной работе проектируется косинусный конденсатор наружной установки с бумажно-плёночно-масляной изоляцией, металлическим корпусом:</p> <ul style="list-style-type: none"> • $U_n = 50 \text{ кВ}$; • $C = 0,5 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$; • Масло минеральное; • Срок службы 20 лет. ;
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	<p>В ходе выполнения данной работы проводится краткое изучение устройства высоковольтных косинусных конденсаторов различных типов, производится выбор и расчет основной изоляции. Расчет секции и всего конденсатора. Определение конструктивных и удельных характеристик. Тепловой расчет.</p> <p>К дополнительным вопросам относятся раздел «Финансовый менеджмент,</p>

	ресурсоэффективность и ресурсосбережение», в котором производится технико-экономическое обоснование исследовательской работы, а также раздел «Социальная ответственность», в котором рассматриваются проблемы обеспечения безопасности жизнедеятельности.
Перечень графического материала	1. Сборочный чертеж конденсатора. Чертеж секции. Спецификация.
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Социальная ответственность	
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Подопригора Игнат Валерьевич

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Важов В.Ф.	Д.Т.Н., профессор		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5А5В	Кармадонову Никите Дмитриевичу		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
5A5B	Кармадонову Никите Дмитриевичу

Школа	ИШЭ	Отделение	ОЭЭ
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	13.03.02 «Электроэнергетика и Электротехника»

Тема ВКР:

Расчет и конструирование косинусного конденсатора наружной установки на 50 кВ

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объектом исследования является косинусный конденсатор, область применения которого непосредственно связана с использованием под высоким напряжением.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:	<ul style="list-style-type: none"> – При правовых нормах режим труда и отдых работников устанавливается правилами внутреннего трудового распорядка в соответствии с трудовым законодательством; – Организационные мероприятия подразумевают обучение и проверку знаний требований по охране труда.
2. Производственная безопасность	<p>Вредные производственные факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Отклонение показателей климата; – Воздействие шумов освещение рабочих областей; – Отклонённые от нормы значения электромагнитных полей <p>Опасные производственные факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> – термическая опасность; – электробезопасность; – расположение рабочего места на высоте.
3. Экологическая безопасность	Косинусный конденсатор оказывают влияние на окружающую среду.

	<p>Характерные факторы воздействия на окружающую среду:</p> <ul style="list-style-type: none"> – шум, создаваемый ОРУ; – наличие маслonaполненного оборудования; – повышенная напряженность электрических сетей, создаваемая оборудованием.
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях	<ul style="list-style-type: none"> – Возможные ЧС – пожар; – Оповещение при пожаре; – Средства пожаротушения; <p>Превентивные меры – проведение противопожарных инструктажей.</p> <p>Меры по повышению устойчивости: периодические осмотры и свободный доступ к оборудованию.</p>

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5A5B	Кармадонов Никита Дмитриевич		

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

Инженерная школа энергетики

Направление подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Уровень образования: бакалавр

Отделение Электроэнергетики и электротехники

Период выполнения: осенний / весенний семестр 2018 /2019 учебного года

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	01.06.2019
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
05.03.19	Литературный обзор	7,5
10.03.19	Электрический расчет	7,5
20.03.19	Механический расчет	5
3.04.19	Расчет тепловой устойчивости ввода	10
19.04.19	Выбор маслорасширителя	5
25.04.19	Описание конструирования ввода	5
12.05.19	Построение сборочного чертежа	10
22.05.19	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.	12,5
25.05.19	Социальная ответственность	12,5
30.05.19	Оформление работы	25
1.06.19	Итог	100

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Важов В.Ф.	д.т.н.		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Шестакова В.В.	к.т.н., доцент		

Реферат

Выпускная квалификационная работа, состоящая из 85 страниц, 9 рисунков, 18 таблиц, 15 источников, 1 приложение на 3 страницах.

Ключевые слова: косинусный конденсатор, бумажно-плёночно-масляная изоляция конденсатора, прессовка секции конденсатора, металлический корпус.

Актуальность данной работы заключается в том, что ввод новых энергетических мощностей требует установки в сетях энергосистем значительного количества источников реактивной мощности, каковым является косинусный конденсатор этого типа.

Структура работы: в работе произведен электрический расчет косинусного конденсатора наружной установки, выбраны материалы диэлектрика и схема соединения секций. Выполнен тепловой расчет, так же в работе произведено сравнение выбранной конструкции по удельным характеристикам с другими косинусными конденсаторами. Был выполнен расчет стоимости ресурсов данного научного исследования, норм и нормативов распределения и трат ресурсов, ставки налогов, отчислений, а также произведено описание рабочего места и использованных законодательных и нормативных документов по теме выпускной квалификационной работы по данной теме.

Выпускная квалификационная работа выполнена в текстовом редакторе MicrosoftWord и представлена на CD-RW диске (в конверте на обороте обложки), также использовались программный комплекс MathCad и система трехмерного моделирования КОМПАС-3D.

Термины и сокращения

БМПКИ – это комбинированная бумажно-пленочная конденсаторная изоляция, пропитанная маслом, обладает более высокой кратковременной и длительной электрической прочностью.

Диэлектрические потери - это энергия, рассеиваемая посредством нагрева в электроизоляционном материале под воздействием на него электрического поля.

Прходные изоляторы – это тип изоляторов, которые применяются при переходе токопроводов сквозь стены или для ввода напряжения внутрь металлических баков трансформаторов, конденсаторов, выключателей и других аппаратов, снабженных корпусами.

Конденсатор – это элемент электрической цепи, состоящий из проводящих электродов (обкладок), разделенных диэлектриком, и предназначенный для использования его электрической емкости, то есть для накопления заряда и энергии электрического поля и дальнейшего использования в своих нуждах.

Косинусные конденсаторы - это конденсаторы, предназначенные для статической и автоматической коррекции коэффициента реактивной мощности в сетях переменного тока. Косинусные конденсаторы используются как компоненты конденсаторных установок с автоматическим регулированием и без.

Конденсаторная бумага - это очень тонкая бумага из сульфатной древесной целлюлозы, которую подвергают тщательной очистке волокон от инородных тел, в частности, металла, благодаря чему она приобретает электроизоляционные свойства. Обладает высокой прозрачностью и равномерным характером просвета.

КОН - конденсаторная бумага для изготовления малогабаритных электрических конденсаторов промышленной и бытовой техники. Разные марки конденсаторной бумаги (КОН 2, КОН 1) отличаются между собой

различными показателями электрической прочности (зависящей от материала пропитки) и диэлектрических потерь.

СКОН - специальная конденсаторная бумага повышенной надежности. должна быть изготовлена из целлюлозы по ГОСТ 5186.

Оглавление

Введение.....	14
1. Литературный обзор	15
1.1. Сборка и запрессовка секций в пакеты	16
1.1.1. Оборудование, применяемое для запрессовки секций в пакеты	16
1.1.3. Детали, применяемые для сборки пакетов	17
1.1.4. Подготовка оборудования и деталей для запрессовки пакетов	19
1.1.5. Предварительная подпрессовка секций	20
2. Электрический расчет косинусного конденсатора.....	26
2.1. Выбор материалов. Расчет диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь изоляции	26
2.2. Выбор рабочей и испытательной напряженности.....	31
2.3. Расчет секции конденсатора	32
2.4. Конструирование пакета секций. Расчет корпусной изоляции	36
2.5. Расчет проходного изолятора конденсатора.....	40
3. Тепловой расчет конденсатора	43
3.1. Расчет потерь в диэлектрике	43
3.2. Расчет потерь в металлических частях.....	44
3.3. Расчет максимальной температуры внутри конденсатора.....	45
4. Удельные характеристики конденсаторов	47
5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	47
5.1. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	47
5.1.1. Анализ конкурентных технических решений	47
5.1.2. Технология QuaD	51
5.2. Планирование научно-исследовательских работ	53
5.2.1. Структура работ в рамках научного исследования	53
5.2.2. Определение трудоемкости выполнения работ	55
5.2.3. Разработка графика проведения научного исследования	56
5.3. Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	60
5.3.1. Расчет материальных затрат НТИ	61
5.3.2. Основная заработная плата исполнителей темы.....	61
5.3.3. Дополнительная заработная плата исполнителей темы.....	63

5.3.4. Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)	64
5.3.5. Накладные расходы.....	65
5.3.6. Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта	65
5.4. Определение ресурсной (ресурсосберегающей) эффективности исследования.....	66
6. Социальная ответственность	69
6.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	69
6.1.1 Организационные мероприятия и правовые нормы	70
6.2. Производственная безопасность	73
6.3. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды.	74
6.3.1. Освещение.....	75
6.1.2. Шум	76
6.1.3. Параметры микроклимата	77
6.4. Охрана окружающей среды	80
6.5. Защита в чрезвычайных ситуациях.....	81
Заключение	83
Список используемой литературы	84
Приложение А	
CD-R диск (в конверте на обороте обложки)	

Введение

В связи с широким использованием косинусных конденсаторов в сетях энергосистем, как источников реактивной мощности их проектирование и производство становится все более актуальной темой.

К косинусным конденсаторам предъявляются все более высокие требования. Конденсаторы должны обладать довольно большим запасом энергии в единице объема, иметь минимальную внутреннюю индуктивность, соответствовать уровню добротности и обладать высокой динамической устойчивостью. Помимо этого, они должны иметь большой срок работы. Расчет конденсатора заключается в том, чтобы по заданным параметрам определить наиболее оптимальные параметры конденсатора, такие как рабочее напряжение секции конденсатора, высоту, длину и ширину корпуса конденсатора, число секций и количество витков обмотки.

Цель выполнения данной дипломной работы - это проектирование высоковольтного косинусного конденсатора наружной установки. В качестве исходных параметров были заданы номинальные значения емкости, напряжения, требуемые виды жидких и твердых диэлектриков, срок службы.

1. Литературный обзор

Области применения конденсаторов чрезвычайно широки — электроэнергетика, транспорт, связь, телевидение, радиовещание, локация, Области, в которых применяются конденсаторы невероятно широки — электроэнергетика и электротехника, транспорт разных классов, связь, теле - радиовещание, геолокация, разнообразная измерительная и вычислительная техника. Стоит учитывать, что при всем этом различные конденсаторы используются и как самостоятельные элементы электронных и электротехнических устройств, и как составная часть батарей конденсаторов, конденсаторных установок.

Все конденсаторы обладают способностью накапливать и отдавать электрическую энергию в разном объеме. Исключительно благодаря этому свойству, они нашли широкое распространение в электротехнических и электронных устройствах, в качестве накопителя большого количества энергии при работе в импульсном режиме (генераторы импульсов тока (ГИТ) и напряжения (ГИН) различного назначения, обеспечение защиты оборудования от перенапряжений, принудительная коммутация токов, различные умножители напряжения), а также как генератора реактивной мощности при работе на переменном напряжении, косинусный конденсатор является именно таким видом конденсаторов (различные колебательные контуры, батареи параллельной (поперечной) и последовательной (продольной) компенсации реактивной мощности в огромном ряду электроэнергетических систем и предприятий, иногда и индивидуальная компенсация реактивной мощности потребителей).

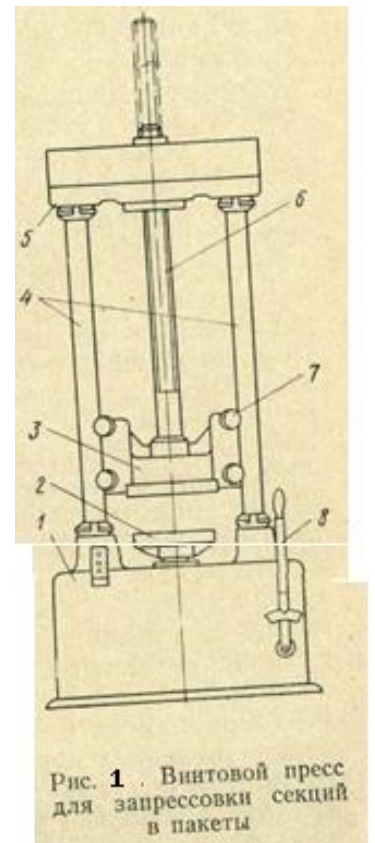
Далее я хочу рассмотреть способы сборки секций в пакеты.

1.1 Сборка и запрессовка секций в пакеты

Стоит отметить, что после намотки секций запрессовка в пакеты является второй основной технологической операцией при изготовлении силовых конденсаторов, как косинусных, так и импульсных. Заранее подобранное для каждого данного конденсатора количество секций набирают в колонку, которую механически сжимают до нужных размеров и закрепляют хомутами или изоляционными планками для сохранения размеров и формы пакета. Данная степень сжатия секций задается при расчете конденсатора и характеризуется коэффициентом запрессовки, который указывается в технических данных секции конденсатора. [1]

1.1.1 Оборудование, применяемое для запрессовки секций в пакеты

Процесс запрессовки секций производится на специальных винтовых механических прессах Ф003. Данный винтовой пресс (рисунок 1[1]) состоит из чугунной станины 1 в виде коробки, на которой смонтированы две стальные пустотелые колонны 4, и траверсы 5, которая связывает колонны. Также между колоннами расположены неподвижный рабочий стол 2 и подвижный стол 3 он же - давящий. Второй статичный стол укреплен непосредственно на станине, а подвижный механически связан с ходовым винтом 6, при помощи которого он может передвигаться вверх и вниз по пустотелым колоннам. От смещения относительно колонн стол удерживается роликами 7.



Перемещение ходового винта 6 осуществляется от гайки, расположенной в траверсе, при помощи вертикального вала, проходящего внутри левой

колонны, и коробки скоростей, которая приводится в движение асинхронным электродвигателем трехфазного тока. Электродвигатель и коробка скоростей размещены внутри станины.

Подвижный стол пресса имеет две скорости перемещения — 0,5 и 1,5 м/мин как в рабочем направлении — вниз, так и в обратном направлении — вверх. Для изменения скорости движения стола переключают коническую муфту коробки скоростей рычагом управления 8. Чтобы изменить направление движения стола, меняют направление вращения двигателя, нажимая кнопки управления «Вверх», «Стоп», «Вниз», укрепленные на станине.

Во избежание аварий на прессе предусмотрены два конечных выключателя, ограничивающих ход подвижного стола как в нижнем, так и в верхнем положениях. Максимальное усилие, развиваемое прессом, составляет 35 кН.

Максимальный ход подвижного стола 1200 мм. Максимальное и минимальное расстояния между подвижным и неподвижным столами соответственно составляют 1470 и 270 мм.

При запрессовке секций в пакеты для некоторых конденсаторов применяют специальные приспособления, позволяющие производить запрессовку одного или сразу двух пакетов. Приспособление, укрепляемое в пазах нижнего стола, представляет собой две или три вертикальные стальные щеки, которые служат для ограничения смещения секций в колонке при их сборке и сжатии. Приспособление, укрепляемое в пазах подвижного стола, состоит из одной или двух полых труб с площадками на концах и служит для передачи усилия подвижного стола непосредственно колонкам секций.

1.1.3 Детали, применяемые для сборки пакетов

При сборке секций и запрессовке их в пакеты применяют ряд деталей. Основными из них являются: стяжные щеки и хомуты; скрепляющие планки; изоляционные прокладки под щеку, на дно корпуса, между секциями, между группами секций и под отводы; изоляционная обертка; предохранители.

Стяжные щеки служат для создания жесткости конструкции пакета и предохранения крайних его секций от механических повреждений. Щеки обычно штампуют из листовой стали толщиной 1,5—2 мм. В отдельных случаях применяют плоские щеки из гетинакса толщиной 10 мм и из листовой стали или электрокартона толщиной 2—3 мм.

Стяжные хомуты и скрепляющие планки применяют для закрепления секций в пакете в запрессованном виде. Хомуты изготавливают из полос листовой стали толщиной 1 мм путем гибки и точечной сварки концов, а также из полос электрокартона. Планки выполняют из листового гетинакса толщиной 8—10 мм.

Изоляционные прокладки предназначены для электрической защиты отдельных секций и их групп друг от друга, а также от металлических частей пакета и корпуса конденсатора. В пакетах конденсаторов, которые имеют секционные предохранители, межсекционные прокладки, выступая над торцами секций, одновременно обеспечивают механическую защиту предохранителей друг от друга в случае их перегорания. Изоляционные прокладки под отводы служат для закрепления отводов пакета конденсатора. Прокладки изготавливают из электрокартона толщиной 0,5—2 мм или из определенного количества листов кабельной бумаги ножницами или штамповкой.

Изоляционная обертка, используемая для электрической защиты секций пакета конденсатора от корпуса, состоит из двух половин и изготавливается из кабельной бумаги кантовкой. В зависимости от класса изоляции, на который рассчитан конденсатор, обертка набирается из определенного числа листов.

В отдельных случаях обертку выполняют из электрокартона толщиной 0,5 мм.[1]

1.1.4 Подготовка оборудования и деталей для запрессовки пакетов

Перед запрессовкой секций сборщик пакетов должен ознакомиться с чертежом пакета, подлежащего сборке, подготовить пресс и рабочее место, проверить наличие и качество деталей, необходимых для сборки. На чертеже пакета указаны все необходимые данные для его сборки: количество секций, их расположение и разбивка по группам в пакете, количество и размеры межсекционных и межгрупповых

изоляционных прокладок, расположение отводов, вид изоляции пакета от корпуса, способ закрепления пакета при запрессовке и т. д.

Подготовка прессы состоит в том, что до его пуска необходимо произвести тщательный наружный осмотр всех механизмов и мест смазки. Необходимо также удалить все посторонние предметы с рабочего стола прессы и из зоны рабочего места и протереть пресс. После этого пресс проверяют на холостом ходу, поднимая и опуская подвижный стол.

Во время управления прессом необходимо постоянно соблюдать следующее правило: при движении стола правая рука прессовщика (сборщика пакетов), которому поручено управление прессом, должна находиться на рычаге управления, а левая — на кнопке «Стоп», что-бы можно было в любой момент выключить пресс. После проверки прессы на холостом ходу в случае необходимости на нем закрепляют приспособление для запрессовки секций.

Получив в соответствии с чертежом нужное количество изоляционных и крепежных деталей, сборщик пакетов должен проверить их качество. Детали должны быть чистыми, незапыленными и без следов смазки. Чистоту деталей проверяют внешним осмотром. На рабочем месте детали располагают на

предварительно протертых столах в порядке, удобном для сборки пакетов конденсаторов.

Секции для запрессовки в пакеты подаются на рабочее место по мере необходимости в кассетах или из-под пресса после их предварительной подпрессовки. В один пакет следует подбирать секции, изготовленные одной намотчицей.

1.1.5 Предварительная подпрессовка секций

Перед запрессовкой в пакеты секции обычно подвергают так называемой предварительной подпрессовке в течение не скольких (2—4) часов.

Предварительная подпрессовка в значительной степени облегчает сборку секций в колонки и их запрессовку в пакеты. Подпрессовку секций производят на гидравлических прессах. Секции сжимают до заданного давления, величину которого контролируют по манометру.

С течением времени секции под прессом уплотняются и давление снижается. Поэтому необходимо периодически включением пресса доводить давление до заданного значения.

Технология сборки и запрессовки пакетов конденсаторов. По особенностям технологии сборки и запрессовки пакеты всех типов конденсаторов в зависимости от конструкции могут быть разделены на три группы:

1. пакеты, которые имеют изоляцию от корпуса и закрепляются стяжными хомутами;
2. пакеты, которые не имеют изоляции от корпуса и закрепляются изоляционными скрепляющими планками;
3. пакеты конденсаторов с водяным охлаждением.

Сборку и запрессовку пакетов конденсаторов первой группы производят следующим образом. В приспособление, укрепленное на нижнем столе пресса, укладывают стяжную щеку, затем прокладку. На прокладку помещают одну половину изоляционной обертки, которую располагают так, чтобы изгибы ее

кантовки совпадали с краем щеки. Внутри обертки поочередно укладывают секции, прокладки между секциями и между группами секций.

Секции, токоподводы которых расположены с одной торцевой стороны, укладывают в колонку так, чтобы токоподводы всех секций были обращены в одну сторону. Уложив заданное по чертежу количество секций, выравнивают их в колонке, чтобы избежать смещения секций относительно друг друга. На выровненную колонку секций укладывают вторую половину изоляционной обертки, прокладку и щеку. По окончании сборки пакета секций производят запрессовку. Пакет сжимают до размеров стяжного хомута. В процессе сжатия концы верхней и нижней половин изоляционной обертки при помощи специальных прокладок разводят в стороны, что обеспечивает свободное перемещение верхней половины обертки относительно нижней. При правильной сборке пакета обе половины обертки должны перекрывать друг друга. На щеки сжатого пакета с обеих сторон надевают стяжные хомуты.

В пакетах конденсаторов I габарита с вертикальным расположением секций в корпусе после установки стяжных хомутов выступающую часть обертки со стороны, противоположной токоподводам, загибают по кантовке к торцам секций.

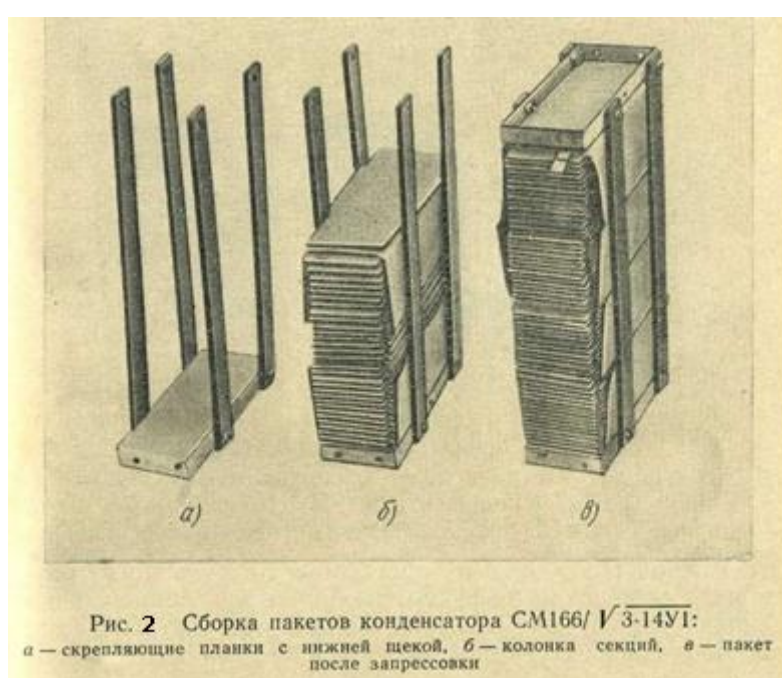
По окончании запрессовки подвижный стол пресса возвращают в верхнее исходное положение, запрессованный пакет снимают с пресса и устанавливают на поддон или на конвейерную ленту.

Если пакеты собирают из секций, не прошедших предварительной подпрессовки на гидравлическом прессе, секции перед укладкой верхней половины обертки и щеки предварительно сжимают до размеров пакета. Во избежание механических повреждений на верхнюю секцию колонки перед сжатием укладывают жесткую металлическую пластину по размеру секции. Предварительное сжатие позволяет уплотнить секции, уменьшить высоту колонки и облегчить дальнейшую сборку и запрессовку пакета.

Для конденсаторов I габарита собирают и прессуют, как правило, одновременно по два пакета, а для конденсаторов II габарита, количество секций в пакетах которых в 2—3 раза больше, по одному пакету. В соответствии с этим перед запрессовкой пакетов на пресс устанавливают одно- или двухместное приспособление.

В процессе сборки и запрессовки пакетов каждый из сборщиков выполняет определенные операции. Первый сборщик управляет прессом и обычно укладывает секции, второй размещает прокладки и другие детали пакета. Выравнивание секций в колонке они выполняют совместно. Наряду с укладкой секций в колонку непосредственно на прессе секции можно предварительно собирать в группы на отдельном столе и группами переносить в приспособление на прессе.

Сборку (рис. 2) и запрессовку пакетов конденсаторов второй группы в отличие от первой производят следующим образом. На отдельном рабочем столе к нижней стяжной щеке болтами (резьбовыми шпильками) и гайками привертывают скрепляющие планки (рис. 2, а), выполняющие роль направляющих и позволяющие собирать секции в пакеты вне прессы. В соответствии с чертежом на нижнюю щеку укладывают отвод, который в дальнейшем одним концом припаивают к токоподводу первой секции, а другим — к щеке. На отвод помещают прокладку под щеку, а затем поочередно секции, прокладки между секциями и между группами секций. После укладки необходимого количества секций колонку (рис. 2,б) переносят под пресс. На верхнюю секцию помещают прокладку, отвод и верхнюю щеку. Затем колонку секций



сжимают до размеров скрепляющих планок и планки болтами и гайками скрепляют с верхней щекой. Подвижный стол отводят в верхнее исходное положение, и запрессованный пакет (рис. 2, в) снимают с пресса. Сборка (рис. 3, а, б, в) и запрессовка пакетов конденсаторов третьей группы аналогична сборке и запрессовке пакетов конденсаторов второй группы, но отличается лишь тем, что сборка секций Б колонку на рабочем столе производится в специальные жесткие трубины.

Собранные в трубине секции переносят на пресс. На колонку секций устанавливают крышку трубины. После сжатия колонки секций крышку скрепляют замком и с корпусом трубины. Применяемые для сборки и запрессовки пакетов трубины являются вспомогательными



приспособлениями, которые перед установкой пакетов в корпуса снимают и используют для сборки новых пакетов.

В процессе сборки и запрессовки пакетов могут возникать следующие дефекты: механические повреждения диэлектрика и алюминиевой фольги при выравнивании токоподводов в секциях, а также секций при сжатии и др.

При выравнивании токоподводов перемещение их в секции должно быть свободным по всей длине. Если перемещается только выступающая с торца секции часть токоподвода, на нем (внутри секции) образуются гофры, которые повреждают фольгу и диэлектрик при сжатии пакета секций. Поэтому не разрешается выравнивать токоподводы в секциях в запрессованном виде. Механические повреждения секций при сжатии происходят в тех случаях, когда во время подпрессовки применяют нежесткую или не по размеру секции пластину, укладываемую сверху колонки секций, а также в результате прижимания колонки секций к одной из направляющих щек приспособления. В первом случае секции повреждаются из-за прогиба, во втором — из-за трения о щеку приспособления. Поэтому при сжатии секций необходимо применять жесткие соразмерные секциям пластины, а колонку секций не прижимать к направляющим щекам приспособления. Во избежание механических повреждений не допускается также сжатие колонки секций до размеров, превышающих размеры пакета. [1]

2. Электрический расчет косинусного конденсатора

2.1. Выбор материалов. Расчет диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь изоляции

В силовых конденсаторах высокого напряжения изоляция может состоять только из керамики, слюды, электролита, бумаги и др., быть комбинированной бумажно-плёночной или быть чисто плёночной.

В соответствии с условиями задания изоляция бумажно-масляная. Пропитка изоляции увеличивает электрическую прочность изоляции и повышает напряжение начала частичных разрядов. Для изготовления конденсаторов обычно используется конденсаторная бумага. Конденсаторная бумага отличается весьма малой толщиной (5 - 30 мкм), высокой плотностью и небольшим содержанием неорганических загрязнений.

В таблице 1 приведены характеристики основных марок конденсаторной бумаги:

Таблица 1. Характеристики конденсаторной бумаги. [2]

Тип бумаги	Плотность γ , кг/м ³ 10^3	Диэлектрическая проницаемость ϵ	$\text{tg}\delta$; 10^{-4}	Толщина Δ , мкм	Объем пор в бумаге, X	Ширина бумаги h, мм
КОН-I	1.0	2.2	17	5-30	0.35	140; 280
КОН-II	1.2	2.9	20		0.22	
СКОН	1;1.2	2.1-2.9	20-24		0.40-0.35-0.22	

Таблица 2. Характеристики некоторых видов пленки. [2]

Материал	Плотность, г/см ³	Т _{раб} °С	$\varepsilon/\varepsilon_0$ при T=20 °С		$\operatorname{tg}\delta \cdot 10^{-3}$ при T=20 °С		P _v Ом·см	Е _{пр} кВ/м м
			1 кГц	1 МГц	1 кГц	1 МГц		
Полистирол (стирофлекс)	1,05	-60 +85	2,6	2,6	0,2-0,3	0,2	10 ¹⁹ - 10 ²⁰	150-180
Полиэтилен	0,92	-60 +70	2,25	2,25	0,5	0,3	10 ¹⁸ - 10 ¹⁹	100-160
Политетрафторэтилен (фторопласт-4)	2,2	-60 +250	2,05	2,05	0,1-0,5	0,1-0,2	10 ¹⁹ - 10 ²⁰	150-200
Полипропилен	0,92	-20 +75	2,25	2,25	0,3-0,5	0,2-0,3	10 ¹⁸ - 10 ¹⁹	100-120
Полиэтилентерефталат (лавсан)	1,40	-60 +125	3,2	3,1	4-5	18-20	10 ¹⁸	160
Поликарбонат	1,24	-20 +140	3,1	3,0	0,8-1,2	15	5·10 ¹⁸	100-160

Применение полимерных пленок позволяет значительно увеличить электрическую прочность. Применяются два основных вида синтетических пленок: неполярные (полистирол, полиэтилен, политетрафторэтилен, полипропилен) и полярные (ацетат целлюлозы, полиэтилентерефталат, поликарбонат). С увеличением плотности бумаги возрастают диэлектрические потери, поэтому менее плотную бумагу КОИ-I обычно используют на переменном напряжении при $U > 1\text{кВ}$, а более плотную применяют на переменное, постоянное и импульсное напряжение

Для проектируемого конденсатора принимаем неполярный диэлектрик - политетрафторэтилен, а в качестве основной изоляции выбираем бумагу КОИ-I

В качестве основной изоляции выбираем бумагу КОИ-I, с плотностью равной 1,0 г/см³, которую обычно используют при переменном напряжении при

$U > 1$ кВ. Данная бумага менее плотная в отличие от других типов бумаг, что уменьшает диэлектрические потери.

Для устранения воздуха, находящегося между слоями диэлектрика он пропитывается изоляционным материалом, имеющим большую электрическую прочность и диэлектрическую проницаемость. Пропитка позволяет достичь высокой электрической прочности многослойной изоляции.

В таблице 3 приведены основные характеристики некоторых электроизоляционных жидкостей:

Таблица 3. Характеристики электроизоляционных жидкостей. [2]

Наименование диэлектрика	ϵ	$\text{tg}\delta \cdot 10^{-4}$	$\rho_v, \text{Ом} \cdot \text{см}$
Конденсаторное масло	2.1-2.2	1.2	$10^{13}-3 \cdot 10^{13}$
Совол	4.1-4.8	5-10	$3 \cdot 10^{11}-3 \cdot 10^{12}$
«Калория - 2»	2.2 – 2.4	2-5	$3 \cdot 10^{13}$
Касторовое масло	4.2-4.7	10-15	$2 \cdot 10^{12}$
Трихлордифенил	5.9	5-10	$10^{11}-10^{12}$
Фторированный эфир	6.1	2-5	$5 \cdot 10^{11}-10^{12}$

По исходным данным необходимо выбрать минеральное масло. Для бумажно-масляной изоляции $\text{tg}\delta$ должен быть низким, поэтому выбираем конденсаторное масло.[2]

Пробивная напряженность растет с увеличением числа листов, но до определенного значения, которое составляет 60-80 мкм. При дальнейшем увеличении толщины изоляции электрическая прочность уменьшается, как показано на рисунке 1. [3]

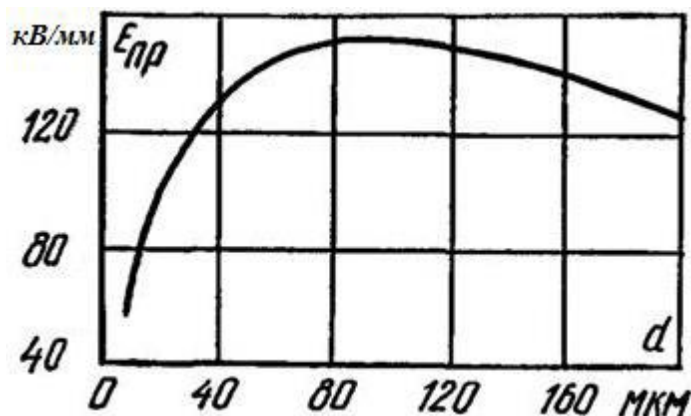


Рисунок 4 – Зависимость пробивной напряженности от толщины изоляции. [3]

В конденсаторах, рассчитываемых на высокие напряжения, для более эффективного использования диэлектрика всю толщину изоляции разбивают на ряд последовательно включенных секций с толщиной диэлектрика, равной $d_{\text{опт}}$. Толщина диэлектрика в секции может быть от 60-70 до 80 – 120 мкм, что соответствует 8-12 слоям при толщине слоя бумаги 10-12 мкм. Учитывая рекомендуемую толщину изоляции, выберем 6 листов пропитанной бумаги, и 2 листа полиэтилентеретфталатной пленки толщиной 10мкм.

Рассчитываем толщину бумажно-масляной изоляции:

$$d = n \cdot d_{\text{л}} = 6 \cdot 10 = 60 \text{ мкм}$$

где n – число листов; $d_{\text{л}}$ – толщина одного листа.

Рассчитываем толщину пленочной изоляции:

$$d_{\text{пл}} = n \cdot d_{\text{л}} = 2 \cdot 10 = 20 \text{ мкм},$$

где n – число листов; $d_{\text{л}}$ – толщина одного листа.

Относительный объём пор для бумаги КОИ-Иравен 0,35.

Диэлектрическая проницаемость бумажно-масляной изоляции:

$$\varepsilon_{\text{б}} = \frac{\varepsilon_{\text{к}}}{1 - X + X \cdot \frac{\varepsilon_{\text{к}}}{\varepsilon_{\text{п}}}} = \frac{6,5}{1 - 0,35 + 0,35 \cdot \frac{6,5}{2,2}} = 3,86$$

где $\varepsilon_{\text{п}}$ – диэлектрическая проницаемость пропитки; $\varepsilon_{\text{к}}$ – диэлектрическая проницаемость клетчатки ($\varepsilon_{\text{к}} = 6,5$); X – объём пор в бумаге в относительных единицах.

Диэлектрическая проницаемость бумажно-пленочно-масляной изоляции: $\varepsilon_{\text{из}} = \frac{\varepsilon_{\text{б}} \cdot \varepsilon_{\text{пл}}}{\varepsilon_{\text{б}} - \frac{d_{\text{пл}}}{d} + \varepsilon_{\text{пл}} \cdot \frac{d_{\text{б}}}{d}} = \frac{3.86 \cdot 3.2}{3.86 \cdot \frac{40}{80} + 3.2 \cdot \frac{40}{80}} = 3.499$

$\varepsilon_{\text{б}}, \varepsilon_{\text{пл}}$ -диэлектрическая проницаемость пропитанной бумаги и пленки, соответственно; $d_{\text{пл}}, d_{\text{б}}$ -суммарная толщина бумаги и пленки в секции; d - общая толщина комбинированной изоляции.

$$tg\delta = \frac{tg\delta_{nl}}{1 + \frac{\varepsilon_{nl}}{\varepsilon_{\delta}} * \frac{1-X}{X}} + \frac{tg\delta_{\delta}}{1 + \frac{\varepsilon_{\delta}}{\varepsilon_{nl}} * \frac{X}{1-X}} = \frac{35*10^{-4}}{1 + \frac{3.2}{3.86} * \frac{1-\frac{40}{80}}{\frac{40}{80}}} + \frac{17*10^{-4}}{1 + \frac{3.86}{3.2} * \frac{\frac{40}{80}}{1-\frac{40}{80}}} = 26.84*10^{-4}$$

где $X = d_{ns}/d$ - отношение суммарной толщины слоев пленки к общей толщине диэлектрика в секции.

2.2. Выбор рабочей и испытательной напряженности

Ресурс и надежность, как и расход материалов, зависят от напряженности поля, которая является основным параметром, определяющим характеристики конденсатора.

Для конденсаторов с бумажно-масляным диэлектриком толщиной порядка 60-80 мкм с толщиной листа 10-12 мкм допустимую напряженность определяют из соотношения: [2]

$$E_{раб} = 3,3 \cdot d^{-0,58} = 3,3 \cdot (80 \cdot 10^{-3})^{-0,58} = 14,28 \text{ кВ} / \text{мм}.$$

Для бумажной изоляции, пропитанной минеральным маслом, зависимость напряженности ч.р. от толщины диэлектрика:

$$E_n = 7,8 \cdot d^{-0,58} = 7,8 \cdot (80 \cdot 10^{-3})^{-0,58} = 33,75 \text{ кВ} / \text{мм}.$$

Для критических ч.р.:

$$E_{кр} = 14 \cdot d^{-0,58} = 14 \cdot (80 \cdot 10^{-3})^{-0,58} = 60,58 \text{ кВ} / \text{мм}.$$

По известному значению $E_{раб}$ определяют испытательную напряженность: $E_{исп} = K_1 \cdot E_{раб}$,

$$E_{исп} = 2,5 \cdot 14,28 = 35,7 \frac{\text{кВ}}{\text{мм}}.$$

где: K_1 –коэффициент, учитывающий не выявленные дефекты при кратковременном испытании диэлектрика конденсатора (1,5-3,0). [2]

Проверка надёжности изоляции

$$E_{раб} < E_n < E_{исп} < E_{кр}; \quad (1.8)$$

$$14,28 \frac{\text{кВ}}{\text{мм}} < 33,75 \frac{\text{кВ}}{\text{мм}} < 35,7 \frac{\text{кВ}}{\text{мм}} < 60,58 \frac{\text{кВ}}{\text{мм}}.$$

2.3. Расчет секции конденсатора

Рабочее напряжение секции конденсатора:

$$U_c = E_{раб} \cdot d_{отн} = 14,28 \cdot 80 \cdot 10^{-3} = 1,142 \text{ кВ}.$$

Испытательное напряжение секции:

$$U_{исп_c} = E_{исп} \cdot d_{отн} = 35,7 \cdot 80 \cdot 10^{-3} = 2,85 \text{ кВ}.$$

Для косинусных бумажно – масляных конденсаторов при $E_{раб}=12-14$ кВ/мм и толщине изоляции секции 60 – 80 мкм напряжение на секции в рабочем режиме должно быть в пределах 820-1240 В.

При использовании тонких диэлектриков, поставляемых в рулонах (конденсаторная бумага, пленка), для получения больших значений емкости и экономии фольги применяется спиральная намотка (рисунок 5). Секции со спиральной намоткой широко используются при изготовлении высоковольтных силовых конденсаторов.

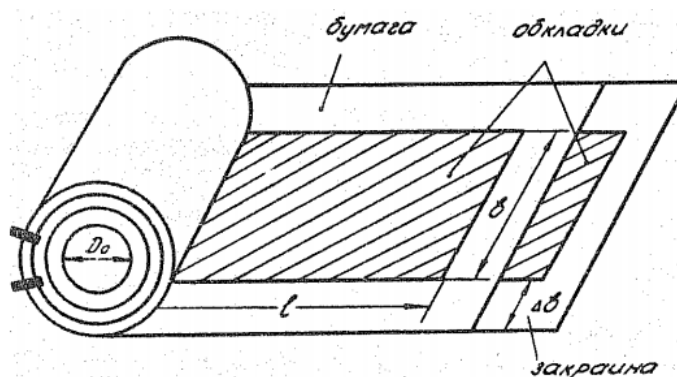


Рисунок 5 – Спиральная намотка конденсатора.

Определив рабочее напряжение секции $U_{раб_c}$, на основании вышеизложенных расчетов по выбору допустимых напряженностей поля, необходимо определить количество секций, емкость и их геометрические размеры.

Число последовательных секций определяется по формуле:

$$N = \frac{U_{раб}}{U_{раб_c}} = \frac{50}{1,142} = 43.78.$$

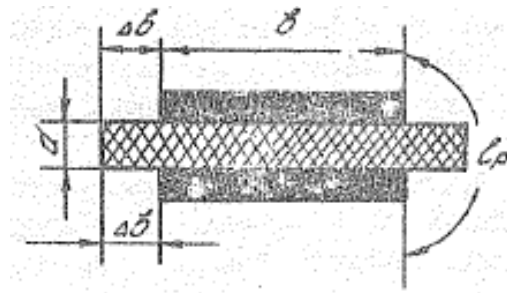


Рисунок 7 –Намотка со скрытой фольгой [2].

Величина смещения бумаги на две стороны $\delta = 3 \div 5$ мм.

Принимаем: $\Delta b = 7$ мм, $\delta = 3$ мм.

Ширина фольги:

$$b_{\phi} = l_c - 2 \cdot \Delta b - \delta = 280 - 2 \cdot 7 - 3 = 263 \text{ мм.}$$

Длина ленты фольги:

$$l = \frac{S}{b_{\phi}} = \frac{2,59 \cdot 10^4}{26,3} = 985 \text{ см.}$$

Площадь сечения торца развернутой конденсаторной секции со стороны длины ленты будет равна:

$$F = 2 \cdot (d + d_{\phi}) \cdot l = 2 \cdot 10^{-4} \cdot (80 + 7) \cdot 985 = 17,13 \text{ см}^2,$$

где d и d_{ϕ} – толщина изоляции и фольги соответственно. Для конденсаторов обычно применяется фольга толщиной $d_{\phi} = 7 \div 8$ мкм. Примем $d_{\phi} = 7$ мкм.

Площадь торца плоскопрессованной секции равна:

$$F = b'_c \cdot \Delta C = \left(\frac{\pi \cdot D_0}{2} + \Delta C \right) \cdot \Delta C,$$

где, D_0 – диаметр оправки; ΔC – высота секции $\Delta C = 8 \div 15$ мм; b'_c – ширина секции до прессования.

При заданном значении F диаметр оправки D_0 определяют геометрические размеры секции, т. е. соотношение b'_c и ΔC . Задавшись одним из этих размеров можно найти второй из них.

Примем $\Delta C = 10$ мм.

Ширина секции до прессования:

$$b'_c = \frac{F}{\Delta C} = \frac{17,13}{1} = 17,13 \text{ см.}$$

Находим диаметр оправки:

$$D_0 = \frac{2 \cdot (b'_c - \Delta C)}{\pi} = \frac{2 \cdot (17,13 - 1)}{3,14} = 10,28 \text{ см.}$$

Действительная ширина секции в спрессованном виде b_c не будет равна b'_c , поэтому:

$$b_c = \frac{\pi \cdot D_0}{2} + \frac{\Delta C}{K_n} + b_1 = \frac{3,14 \cdot 10,28}{2} + \frac{1}{0,9} + 0,1 = 17,35 \text{ см,}$$

где, K_n – коэффициент запрессовки ($K_n = 0,8 \div 0,95$) принимаем $K_n = 0,9$,
 b_1 – на отклонение ширины секции ($b_1 = 1 \div 3 \text{ мм}$), принимаем $b_1 = 1 \text{ мм}$ [2].

Находим число витков секции из выражения:

$$n = \frac{\Delta C}{4 \cdot (d + d_\phi)} = \frac{1}{4 \cdot (80 \cdot 10^{-4} + 7 \cdot 10^{-4})} = 28,74.$$

Принимаем $n = 29$.

К полученному числу витков прибавляем 1–2 витка на случай механических повреждений $n = 29 + 1 = 30$ витков.

2.4. Конструирование пакета секций. Расчет корпусной изоляции

По расчетным значениям размеров секции конденсатора определяются размеры пакета секций. Секции в пакете следует располагать таким образом, чтобы получить форму плоского параллелепипеда.

Такое расположение секций ($B \ll L$) существенно будет облегчать работу конденсатора в рабочем режиме за счет улучшения теплоотвода со стороны боковых стенок конденсатора. В целях предотвращения пробоя между последовательно включенными секциями помещают дополнительную изоляцию. Для изготовления изоляции используют кабельную бумагу толщиной 5-240 мкм. Как правило, изоляцию между секциями рассчитывают, исходя из величины $U_{исп}$. Из соображений механической прочности эта изоляция имеет увеличенную толщину, что обеспечивает большой запас электрической прочности [2].

При напряжении выше 1000 В корпусная изоляция выбирается по формуле:

$$d_k = K \frac{U_{исп}}{E_{np}} + \delta,$$

где $U_{исп}$ – испытательное напряжение между выводами конденсатора и корпусом $U_{исп} = N \cdot U_{исп_с}$; E_{np} – кратковременная прочность материала, выбранного для корпусной изоляции; K – коэффициент запаса, который зависит от типа конденсатора и выбранного диэлектрика $1,5 \div 2$; δ – толщина дополнительного слоя изоляции для учета возможного механического повреждения при сборке конденсатора [2].

Используем кабельную бумагу К – 120 с толщиной $\delta = 120$ мкм, $E_{np} = 120$ кВ/мм.

Толщина изоляции от корпуса:

$$d_k = K \cdot \frac{U_{исп}}{50} + \delta = 1,5 \cdot \frac{75}{50} + 0,12 = 2,37 \text{ мм.}$$

Тогда толщина требуемой изоляции между секциями:

$$d_c = \frac{U_{исп\ c}}{E_{пр\delta}} = \frac{2,85}{120} = 24 \text{ мкм},$$

где $U_{исп\ c}$ – испытательное напряжение секции, кВ, $E_{пр\delta}$ – кратковременная прочность кабельной бумаги К – 120, кВ/мм.

Число листов кабельной бумаги:

$$n_{\delta} = \frac{d_c}{\delta} = \frac{24}{120} = 0,2 \text{ листа}.$$

Принимаем: $n_{\delta} = 1$ лист.

Тогда суммарная толщина изоляции между секциями:

$$\delta_1 = n_{\delta} \cdot \delta \cdot (N - 1) = 1 \cdot 0,12 \cdot (44 - 1) = 5,16 \text{ мм}.$$

Определяем габаритные размеры пакета секций:

Высота пакета секций:

$$H = l_c + 1 \cdot d_k = 280 + 2,37 = 282,37 \text{ мм}.$$

где $\delta_o = 2-3$ – толщина дополнительного слоя изоляции для учета возможного механического повреждения конденсатора.

Ширина пакета секций:

$$B = b_c + 2 \cdot d_k = 173,5 + 2 \cdot 2,37 = 178,24 \text{ мм}.$$

где d_c – толщина требуемой изоляции между секциями, равная для одного выбранного кабельного листа бумаги 0,12 мм.

Длина пакета секций:

$$L = N \cdot \Delta C + \delta_1 + 2 \cdot d_k + 2 \cdot \Delta_x = 44 \cdot 10 + 5,16 + 2 \cdot 2,37 + 2 \cdot 2 = 453,9 \text{ мм},$$

где N – число последовательных секций; l_c , b_c , ΔC – длина, высота, ширина секций соответственно.

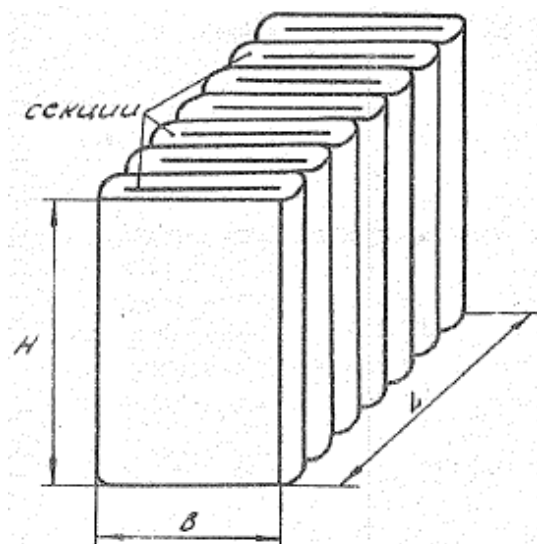


Рисунок 8 – Расположение секций в пакете конденсатора

В данном курсовом проекте корпус конденсатора выполняем металлическим.

Определив габаритные размеры пакета секций, выбираем размеры бака конденсатора, предусмотрев при этом зазор между пакетом и баком ($\Delta = 2$ мм) для облегчения технологических операций при помещении пакета в бак. При сборке секций и запрессовки их в пакеты применяют ряд деталей. Основными из них являются стяжные щеки и хомуты. Стяжные щеки служат для создания жесткости конструкции пакета и предохранения крайних его секций от механических повреждений. Щеки обычно штампуют из листовой стали толщиной 1.5 – 2 мм. Учет толщины стяжных щек и хомутов ($\Delta_x = 2$ мм).

Длина бака:

$$L_{\phi} = L + 2 \cdot \Delta = 453,9 + 2 \cdot 2 = 457,9 \text{ мм.}$$

Ширина бака:

$$B_{\phi} = B + 2 \cdot \Delta = 178,24 + 2 \cdot 2 = 182,24 \text{ мм.}$$

Высота бака:

$$H_{\phi} = H + \Delta = 282,37 + 2 = 284,37 \text{ мм.}$$

Окончательная высота бака конденсатора выбирается с учетом длины нижней части проходного изолятора $\Delta h = 10$ см.

Тогда:

Длина корпуса:

$$L_{\kappa} = L_{\delta} + 5 = 457.9 + 0.5 = 458.4 \text{ мм.}$$

Ширина корпуса:

$$B_{\kappa} = B_{\delta} + 5 = 182.24 + 0.5 = 182.74 \text{ мм.}$$

Высота корпуса:

$$H_{\kappa} = H_{\delta} + 0.5 + \Delta h = 284.37 + 0.5 + 100 = 384.87 \text{ мм.}$$

2.5. Расчет проходного изолятора конденсатора

Исходя из технического задания (по заданному значению U_H) по ГОСТ 1516.1–76 [7] находим U_c – напряжение, выдерживаемое изолятором при сухой и чистой и поверхности, $U_{дгост}$ – выдерживаемое напряжение под дождем, $U_{и}$ – импульсное выдерживаемое напряжение.

$U_c=100$ кВ $U_{дгост}=85$ кВ $U_{и}=75$ кВ $U_H=50$ кВ $E_B=295$ кВ/м $E_D=215$ кВ/м $E_{и}=500$ кВ/м

Рассчитаем ток конденсатора:

$$I_{\kappa} = 2 \cdot f \cdot \pi \cdot U_{исп} \cdot C = 2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 75 \cdot 0,01 \cdot 10^{-3} = 2,35 \text{ А.}$$

Исходя из токовой нагрузки, радиус стержня ввода может быть найден из выражения:

$$I_{\kappa} = j_{доп} \cdot \pi \cdot r_{ст}^2, \text{ А,}$$

где $j_{доп} = 1,0 - 1,5$ А/мм² - допустимая плотность тока, принимаем $j_{доп} = 1$ А/мм².

Тогда, радиус стержня:

$$r_{ст} = \sqrt{\frac{I_{\kappa}}{j_{доп} \cdot \pi}} = \sqrt{\frac{2,35}{1 \cdot 3,14}} = 0,86 \text{ см.}$$

Примем $r_{ст}=10$ мм

Площадь поперечного сечения шпильки:

$$S = \pi \cdot r_{ст}^2 = 3,14 \cdot 10^2 = 314,16 \text{ мм}^2.$$

Рассчитываем ширину фарфоровой изоляции:

$$d_{\phi} = K_{зан} \cdot \frac{U_{исп}}{E_{пр \phi}} = 1,9 \cdot \frac{81,6}{25} = 6,2 \text{ мм,}$$

где $E_{пр \phi} = 25$ кВ/мм, электрическая прочность фарфора.

Выполним расчет наружной изоляции, принимая за расчетное напряжение:
 $U_0 = 1.1 * U_c = 1,1 * 100 = 110 \text{ кВ}$

Для определения l используем эмпирические формулы:

$$l_B = \frac{1.1 * U_c}{295} = \frac{1.1 * 100}{295} = 0.373 \text{ м};$$

$$l_D = \frac{U_D}{215} = \frac{85}{215} = 0.395 \text{ м};$$

$$l_H = \frac{U_H}{500} = \frac{75}{500} = 0.15 \text{ м};$$

Из трех найденных значений выбираем наибольшее, т.е. $l_D = 0.395 \text{ м}$. Находим длину масляной части изолятора:

$$l_M = \frac{U_{исп}}{800} = \frac{75}{800} = 0.09375 \text{ м},$$

Где $E_M = 800 \text{ кВ/м}$ – допустимая напряженность в масле.

Рассчитываем количество ребер и их размеры:

$$np = 1.5 + 0.065 * U_H = 4.75 \text{ шт}$$

$$tp = \frac{l_B}{np} = \frac{0.373}{4.75} = 0.0785 \text{ м}$$

$$ap = 0.7 * tp = 0.7 * 0.0785 = 0.056 \text{ м}$$

$$\text{Принимаем } np = 5 \text{ шт}$$

$$\text{Принимаем } tp = 0.08 \text{ м}$$

$$\text{Принимаем } ap = 0.05 \text{ м}$$

$$\text{Принимаем } ap1 = 0.03 \text{ м}$$

Где: np - число ребер, tp -высота ребра, ap -высота непокрытой части ребра, $ap1$ -высота покрытой части ребра

Производим проверку изолятора из условия перекрытия под дождем:

$$U_{др} = (124 * l_B^{0.77} + 42 * np * tp^{0.6} * \frac{ap1}{ap}) = 124 * 0.373^{0.77} + 42 * 5 * 0.08^{0.6} * \frac{0.05}{0.03} = 134.927 \text{ кВ}$$

$$U_{дгост} = 85 \text{ кВ}$$

Определим длину утечки по изоляторам с учетом ребер

$$L_{ут} = n \cdot L_p + t_p \cdot n = 5 \cdot 8 + 5 \cdot 5 = 65$$

Из сравнения видим, что найденное значение $U_{др}$ превышает $U_{дгост}$, т.е. выбор изолятора из условия перекрытия произведен правильно, следовательно, выполняются необходимые условия, и при работе не произойдет перекрытия.

По техническим соображениям и по ГОСТ 22043-76 [11], выбираем шпильку М10-500.

Длина шпильки 500мм, поэтому изменим высоту ввода в масле и в воздухе так, чтобы они соответствовали этому значению. В конечном варианте $h_e = 400$ мм, $h_m = 100$ мм.

Расстояние между выводами:

$$l_{mp} = \frac{1,1 \cdot U_{исп}}{E} = \frac{1,1 \cdot 75}{5} = 16,5 \text{ см.}$$

где $E = 4 \div 5$ кВ/см – разрядный градиент.

3. Тепловой расчет конденсатора

Целью теплового расчета является определение максимальной температуры нагрева конденсатора и перегрева его по отношению к температуре окружающей среды. Для определения температуры нагрева конденсатора необходимо определить суммарные потери тепла в диэлектрике P_{∂} , а также в металлических частях.

Для предотвращения теплового пробоя конденсатора необходимо выбирать диэлектрик с малыми потерями (проводимостью), предусматривать форсированное охлаждение конденсатора, устройство охлаждающих ребер, избегать больших толщин изоляции от корпуса [2].

3.1. Расчет потерь в диэлектрике

Коэффициент диэлектрических потерь изоляции:

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \delta &= \operatorname{tg} \delta_{\text{жс}} \frac{\varepsilon_{\text{из}}}{\varepsilon_{\text{из}} + \varepsilon_{\text{жс}} \cdot \frac{1-X}{X}} + \operatorname{tg} \delta_{\text{из}} \frac{\varepsilon_{\text{жс}}}{\varepsilon_{\text{из}} \cdot \frac{X}{1-X} + \varepsilon_{\text{жс}}} = \\ &= 1,2 \cdot 10^{-4} \frac{3,499}{3,499 + 2,1 \cdot \frac{1-40/80}{40/80}} + 26,84 \cdot 10^{-4} \frac{2,1}{3,499 \cdot \frac{40/80}{1-40/80} + 2,1} = 10,0667 \cdot 10^{-4}. \end{aligned}$$

Потери энергии в изоляции секции конденсатора:

$$\begin{aligned} P_{\text{пс}} &= 2\pi f * Cc * U_{\text{рабс}}^2 * \operatorname{tg} \delta = \\ &= 2 * 3,14 * 50 * 2,2 * 10^{-6} * (1,142 * 10^3)^2 * 26,84 * 10^{-4} \\ &= 1,814 \text{ Вт}, \end{aligned}$$

где: C – емкость конденсатора, Ф; $U_{\text{ном}}$ - рабочее напряжение секции.
Суммарные потери в диэлектрике конденсатора

$$P_{\text{д}} = ZP_{\text{пс}} = 44 \cdot 1,814 = 79,816 \text{ Вт}$$

Рассчитаем ток секции конденсатора:

$$I_c = 2 \cdot f \cdot \pi \cdot U_c \cdot C_c = 2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 1142 \cdot 2,2 \cdot 10^{-6} = 0,789 \text{ А}.$$

3.2. Расчет потерь в металлических частях

Для уменьшения потерь в обкладках рекомендуется располагать вкладные контакты в середине намотки или использовать несколько пар вкладных контактов, так как при увеличении числа токопроводов в праз потери в обкладках уменьшается в n^2 раз. В нашем случае возьмем пять пар вкладных контактов.

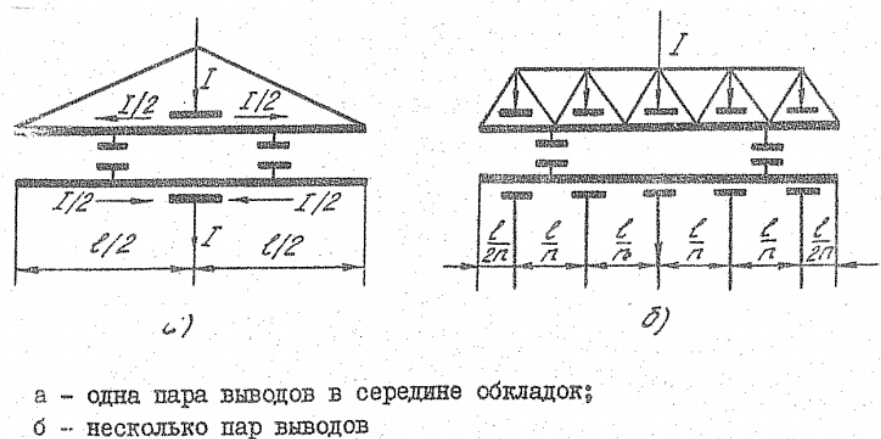


Рисунок 9—Схема расположения входных контактов. [2]

а – одна пара выводов в середине обкладок; б – несколько пар выводов

Потери в обкладках секции:

$$P_c = \frac{1}{6} \cdot I_c^2 \cdot \rho \cdot \frac{l}{n^2 \cdot b \cdot d_\phi} =$$

$$= \frac{1}{6} \cdot 0,789^2 \cdot 2,7 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{985}{5^2 \cdot 17,35 \cdot 7 \cdot 10^{-4}} = 9,088 \cdot 10^{-4} \text{ Вт},$$

где: $\rho = 2,7 \cdot 10^{-6} \text{ Ом/см}$ – удельное объёмное сопротивление алюминия; $n \leq 8$ – число пар вкладных контактов.

Суммарные потери в обкладках конденсатора

$$P_0 = Z P_c = 44 \cdot 9,088 \cdot 10^{-4} = 399,9 \cdot 10^{-4} \text{ Вт}$$

Определим потери в выводах:

$$P_\phi = I_\kappa^2 \cdot \rho \cdot \frac{l}{S} = (2,35)^2 \cdot 2,8 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{50}{314,16} = 2,46 \cdot 10^{-6} \text{ Вт},$$

где $\rho_e = 2,8 \cdot 10^{-6}$, Ом·см – удельное объемное сопротивление выводов; l – длина выводов, см; S – площадь сечения выводов, см²; I_k – ток конденсатора, А.

Суммарные потери в конденсаторе

$$P_A = P_d + P_0 + P_B = 79,816 + 399,9 \cdot 10^{-4} + 2,46 \cdot 10^{-6} = 79,858 \text{ Вт}$$

3.3 Расчет максимальной температуры внутри конденсатора

Максимальную температуру внутри конденсатора (внутри пакета секции) можно определить по формуле Мантрова:

$$t_{\max} = t_0 + \frac{0,24 \cdot P_a \cdot K}{a_T \cdot S_{\text{охл}}} + 0,03 \cdot \gamma \cdot E^2 \cdot \left[\frac{2 \cdot b \cdot \Delta C - \Delta C^2}{\lambda_{\perp}} + \frac{(b - \Delta C^2)}{\lambda_{\parallel}} \right],$$

где: $t_0 = 40^\circ \text{C}$ – температура окружающей среды; α_T – коэффициент теплоотдачи с поверхности конденсатора, $\alpha_T = 0,3 \cdot 10^{-3} \text{ кал/с} \cdot \text{см}^2 \cdot \text{град}$; E – рабочая напряженность поля в диэлектрике конденсатора, В/см; $b, \Delta C$ – ширина и высота конденсаторной секции, см; $S_{\text{охл}}$ – боковая поверхность охлаждения, см²; λ_{\perp} и λ_{\parallel} – коэффициент теплопроводности конденсаторной секции в направлении перпендикулярном и параллельном слоям бумаги, кал/с · см · град.

Активная проводимость диэлектрика:

$$\begin{aligned} \gamma &= 0,55 \cdot 10^{-12} \cdot f \cdot \varepsilon \cdot \operatorname{tg} \delta = \\ &= 0,55 \cdot 10^{-12} \cdot 50 \cdot 10,0667 \cdot 10^{-4} \cdot 3,499 = 0,097 \cdot 10^{-12} \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{см}^{-1} \end{aligned}$$

Коэффициент теплопроводности конденсаторной секции в направлении перпендикулярном слоям бумажно пленочной изоляции:

$$\begin{aligned} \lambda_{\perp} &= \frac{\lambda_n \cdot \lambda_{\phi} \cdot (n \cdot d_{\phi} + d_{\phi})}{n \cdot \lambda_{\phi} \cdot d_{\text{из}} + \lambda_n \cdot d_{\phi}} = \frac{0,19 \cdot 0,48 \cdot (1 \cdot 10 \cdot 10^{-4} + 7 \cdot 10^{-4})}{1 \cdot 0,48 \cdot 10 \cdot 10^{-4} + 19 \cdot 7 \cdot 10^{-4}} = \\ &= 0,011 \cdot 10^{-3} \text{ кал / с} \cdot \text{см} \cdot \text{град}, \end{aligned}$$

Коэффициент теплопроводности конденсаторной секции в направлении параллельном слоям изоляции

$$\lambda_{\square} = \frac{\lambda_n \cdot n \cdot d_n}{n \cdot d_n + d_{\phi}} + \frac{\lambda_{\phi} \cdot d_{\phi}}{n \cdot d_n + d_{\phi}} = \frac{0,19 \cdot 1 \cdot 10 \cdot 10^{-4}}{1 \cdot 10 \cdot 10^{-4} + 7 \cdot 10^{-4}} + \frac{0,48 \cdot 7 \cdot 10^{-4}}{1 \cdot 10 \cdot 10^{-4} + 7 \cdot 10^{-4}} =$$

$$= 0,309 \text{ кал} / \text{с} \cdot \text{см} \cdot \text{град},$$

где: $\lambda_6 = 0,00041$ кал/с · см · град – коэффициент теплопроводности бумаги, пропитанной маслом; $\lambda_{\Pi} = 0,19$ кал/с · см · град – коэффициент теплопроводности пленки; $\lambda_{\phi} = 0,48$ кал/с · см · град – коэффициент теплопроводности алюминиевой фольги; d_6 и d_{ϕ} – толщина одного слоя изоляции и фольги.

$$K = 1 + \alpha_T \cdot \left(\frac{\Delta_1}{\lambda_1} + \frac{\Delta_2}{\lambda_2} + \frac{\Delta_3}{\lambda_3} \right) =$$

$$= 1 + 0,3 \cdot 10^{-3} \cdot \left(\frac{0,05}{0,141} + \frac{0,2}{0,00041} + \frac{0,2}{0,00041} \right) = 1,293,$$

где $\Delta_1, \Delta_2, \Delta_3$ – толщина стенки корпуса 0,05 см, прослойки масла 0,2 см и изоляции от корпуса 0,2 см; $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ – коэффициент теплопроводности стенки корпуса 0,141, прослойки масла 0,00041 и изоляции от корпуса 0,00041. Параметры выбираются из таблицы 2.7 [2].

Если высота корпуса H , длина L и ширина B , то площадь охлаждения:

$$S_{\text{охл}} = 2 \cdot H_k \cdot (L_k + B_k) = 2 \cdot 38,72 \cdot (45,84 + 18,27) = 4964,678 \text{ см}^2$$

Тогда максимальная температура внутри конденсатора:

$$t_{\text{max}} = 40 + \frac{0,24 \cdot 79,858 \cdot 1,293}{0,3 \cdot 10^{-3} \cdot 4965} +$$

$$+ 0,03 \cdot 0,097 \cdot 10^{-12} \cdot 14,28^2 \cdot \left[\frac{2 \cdot 17,35 \cdot 1 - 1^2}{0,11 \cdot 10^{-3}} + \frac{(17,35 - 1^2)}{0,309} \right] =$$

$$= 56,637 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Для конденсаторов с пропиткой минеральным маслом максимальная допустимая температура составляет 65 - 70°C [2]. Условие по максимальной допускаемой температуре выполняется.

В результате произведенного теплового расчета, были найдены: потери в диэлектрике, потери в металлических частях конденсатора, а также найдена максимальная температура внутри конденсатора.

4. Удельные характеристики конденсаторов

Для оценки правильности расчета и конструирования конденсатора необходимо определить удельные характеристики [2].

Реактивная мощность

$$P_p = 2\pi f \cdot U^2 \cdot C = 2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 0,05 \cdot 10^{-6} \cdot 50^2 \cdot 10^6 = \\ = 39,27 \cdot 10^3 \text{ ВАр}$$

Суммарная толщина диэлектрика всех секций конденсатора

$$d = 44 \cdot 80 \cdot 10^{-4} = 0,352 \text{ см,}$$

Объём активного диэлектрика

$$V = S \cdot d = 4965 \cdot 0,352 = 1747,68 \text{ см}^3.$$

Для оценки конденсаторов с большой реактивной мощностью используют величину удельной реактивной мощности

$$P_{уд} = \frac{P_p}{V} = \frac{39,27 \cdot 10^3}{1747,68 \cdot 10^{-3}} = 2,247 \text{ кВАр/дм}^3$$

Для сравнения можно принять косинусные конденсаторы, выпускаемые ООО «Электропоставка», удельные характеристики данных конденсаторов лежат в пределах $0,8 - 13 \text{ кВАр/дм}^3$ [6], что показывает, рассчитанный конденсатор не уступает по удельным характеристикам существующим.

5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

В рамках данного раздела выпускной квалификационной работы (ВКР) необходимо провести оценку коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения данного проекта с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения. Будет проведено планирование и формирование бюджета научных исследований, а также определим ресурсную эффективность проводимого исследования.

5.1. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

5.1.1 Анализ конкурентных технических решений

Данная дипломная работа посвящена проектированию косинусного конденсатора наружной установки 50 кВ с бумажно-плёночно-масляной изоляцией.

В высоковольтных косинусных конденсаторах помимо бумажно-масляной изоляции используется также бумажно-плёночно-масляная изоляция и плёночно - масляная. Исходя из этого можно провести анализ конкурентных технических решений с целью убедиться в том, что проектируемая разработка не уступает по качеству конкурентной и после реализации проекта будет отвечать всем требованиям эффективности и надёжности при эксплуатации.

Целесообразно проводить данный анализ с помощью оценочной карты (таблица 11). Сравниваем две разновидности:

1) Для изготовления конденсаторов повышенной добротности, предназначенных для работы при частотах от 10^6 гц и выше, применяются пленки из синтетических неполярных диэлектриков. В процессе производства на диэлектрическую пленку (П) напыляется металлическая пленка либо

напрессовывается фольга. Важным преимуществом пленочных конденсаторов является способность к самовосстановлению. Если при перенапряжении произошел пробой диэлектрика, то через место пробоя начинает протекать ток, который будет разогревать металлическую пленку около места пробоя. Постепенно разогреваясь, металл расплавляется и испаряется. В результате диэлектрическая прочность восстанавливается.

2) Наиболее распространенным диэлектриком, применяемым в высоковольтных конденсаторах, является электроизоляционная конденсаторная бумага (Б). В отдельных случаях применяется более дешевая кабельная бумага. Изоляционная бумага является полярным диэлектриком, что определяется наличием гидроксильных групп ОН в молекулах клетчатки, $\text{tg}\delta$ которой при температуре 20° С и частоте 50 гц равен $(6-7) \cdot 10^{-3}$. Изоляционная бумага имеет высокую электрическую прочность.

3) В силовых конденсаторах наиболее часто применяют комбинированную бумажно-пленочную (БП) изоляцию, в которой слои конденсаторной бумаги перемежаются со слоями полимерной пленки. В этом случае бумага используется как диэлектрик, обладающий высокой электрической прочностью, и как фитиль, втягивающий пропитывающую жидкость в прослойки между пленками и обеспечивающий хорошую пропитку в отсутствие газовых включений в изоляции.

Критерии для сравнения и оценки ресурсоэффективности и ресурсосбережения, приведены в таблице 4. Позиция разработки и конкурентов оценивается по каждому показателю экспертным путем по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная (баллы заносятся в столбцы 3,4,5). Веса показателей (столбец 2), определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1. В столбцы 6,7 и 8 заносятся оценки с учетом весовых коэффициентов по каждому критерию. В последней строчке пишется итоговая оценка конкурентоспособности

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot B_i ,$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Таблица 4 - Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф Б	Б _{к1} БП	Б _{к2} П	К _ф Б	К _{к1} БП	К _{к2} П
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Надежность работы	0,092 (5)	4	4	4	0,370	0,370	0,370
2. Удобство в эксплуатации (габаритные размеры)	0,074 (4)	4	4	5	0,296	0,296	0,370
3. Электрическая прочность изоляции	0,092 (5)	4	5	4	0,370	0,462	0,370
4. Гигроскопичность изоляции	0,074 (4)	4	4	4	0,296	0,296	0,296
5. Температурная стабильность	0,092 (5)	5	4	4	0,462	0,370	0,370
6. Простота изготовления	0,055 (3)	5	4	5	0,277	0,222	0,277
7. Пожаро- и взрывобезопасность	0,092 (5)	4	4	4	0,370	0,370	0,370
8. Потери в диэлектрике	0,092 (5)	3	4	4	0,277	0,370	0,370
9. Простота обслуживания	0,074 (4)	5	5	5	0,370	0,370	0,370
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Стоимость продукта	0,074 (4)	5	4	3	0,370	0,296	0,222
2. Предполагаемый срок эксплуатации	0,074 (4)	4	4	5	0,296	0,296	0,370
3. Затраты на послепродажное обслуживание	0,055 (3)	4	4	4	0,222	0,222	0,222
4. Финансирование научной разработки	0,055 (3)	3	3	4	0,166	0,166	0,222
Итого	1 (54)				4,148	4,111	4,203

По результатам проведенного анализа видно, что проектируемый в данной работе косинусный конденсатор не уступает своим аналогам. Выбранный конденсатор не уступает своим конкурентам, благодаря высокой надежности и электрической прочности, также данный конденсатор с бумажно-масляной изоляцией при высоком напряжении имеет достаточно высокую емкость и низкую утечку тока.

5.1.2. Технология QuaD

Технология QuaD (QQuality ADvisor) представляет собой гибкий инструмент измерения характеристик, описывающих качество разработки и ее перспективность на рынке и позволяющие принимать решение целесообразности вложения денежных средств в научно-исследовательский проект.

В основе технологии QuaD лежит нахождение средневзвешенной величины следующих групп показателей:

- 1) Показатели оценки коммерческого потенциала разработки;
- 2) Показатели оценки качества разработки.

В соответствии с технологией QuaD каждый показатель оценивается экспертным путем по стобалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 100 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1.

Оценочная карта качества и перспективности разработки по технологии QuaD представлена в таблице 5.

Таблица 5 - Оценочная карта качества и перспективности разработки по технологии QuaD

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение (3/4)	Средневзвешенное значение (5x2)
1	2	3	4	5	
Показатели оценки качества разработки					
1.Надежность работы	0,089 (5)	80	100	0,8	7,14
2.Габаритные размеры	0,071 (4)	50	100	0,5	3,57
3.Уровень материалоемкости	0,071 (4)	80	100	0,8	5,71
4.Технические характеристики	0,089 (5)	75	100	0,75	6,69
5.Ремонтопригодность	0,089 (5)	90	100	0,9	8,03
6.Простота изготовления	0,053 (3)	90	100	0,9	4,82
7.Пожаробезопасность	0,089 (5)	65	100	0,65	5,80
8.Простота обслуживания	0,071 (4)	80	100	0,8	5,71
Показатели оценки коммерческого потенциала разработки					
9.Цена	0,089 (5)	80	100	0,8	7,14
10.Предполагаемый срок эксплуатации	0,071 (4)	80	100	0,8	5,71
11.Затраты на послепродажное обслуживание	0,071 (4)	70	100	0,7	5
12.Финансирование научной разработки	0,071 (4)	60	100	0,6	4,28
13.Конкурентоспособность продукта	0,071 (4)	70	100	0,7	5
Итого	1 (56)				74,64

Оценка качества и перспективности по технологии QuaD определяется по формуле:

$$P_{cp} = \sum B_i \cdot B_i,$$

где P_{cp} – средневзвешенное значение показателя качества и перспективности научной разработки; B_i – вес показателя (в долях единицы); B_i – средневзвешенное значение i -го показателя.

Значение P_{cp} позволяет говорить о перспективах разработки и качестве проведенного исследования. Если значение показателя P_{cp} получилось от 100 до 80, то такая разработка считается перспективной. Если от 79 до 60 – то перспективность выше среднего. Если от 59 до 40 – то перспективность средняя. Если от 39 до 20 – то перспективность ниже среднего. Если 19 и ниже – то перспективность крайне низкая.[10]

По результатам оценки качества и перспективности значение показателя P_{cp} получилось равным 74,64, что говорит о том, что перспективность спроектированного конденсатора выше среднего значения, а значит необходимо инвестировать средства в данную разработку и определять пути ее дальнейшего улучшения.

5.2. Планирование научно-исследовательских работ

5.2.1. Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса предполагаемых работ производится в следующем порядке:

- определение структуры работ в рамках проектирования;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения проектирования.

Для проектирования высоковольтного ввода была сформирована группа, в состав которой входят руководитель и студент-дипломник (инженер).

Перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования, а также распределение исполнителей по видам работ приведены в таблице 6.

Таблица 6 - Перечень этапов работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель
Выбор направления исследований	2	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер
	3	Выбор направления исследований	Инженер
	4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Инженер
	6	Электрический расчет ввода	Инженер
	7	Механический расчет фарфоровой крышки	Инженер
	8	Расчет тепловой устойчивости ввода	Инженер
	9	Выбор маслорасширителя	Инженер
	10	Описание конструирования ввода	Инженер
Обобщение и оценка результатов	11	Анализ полученных результатов	Руководитель Инженер
	12	Оценка эффективности полученных результатов	
Разработка технической документации и проектирование	13	Построение сборочного чертежа	Инженер
Оформление отчета по НИР (комплекта документации по ОКР)	14	Составление пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации)	Инженер

5.2.2. Определение трудоемкости выполнения работ

Трудовые затраты в большинстве случаев образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является 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:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5},$$

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

$t_{\min i}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

$t_{\max i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так как удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65 %.[10]

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i},$$

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.

5.2.3. Разработка графика проведения научного исследования

Наиболее удобным и наглядным представлением графиком проведения работ является построение ленточного графика проведения научных работ в форме диаграммы Ганта.

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}},$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;

T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;

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

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}},$$

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

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

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

Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе T_{ki} округляем до целого числа.

Пример расчета (для пункта «составление и утверждение технического задания»):

$$t_{\text{о.ж}} = \frac{3 \cdot t_{\text{min}} + 2 \cdot t_{\text{max}}}{5} = \frac{3 \cdot 2 + 2 \cdot 5}{5} = 3 \text{ чел.} - \text{дн};$$

$$T_p = \frac{t_{\text{о.ж}}}{\text{ч}} = \frac{3}{1} = 3 \text{ дня};$$

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{366}{366 - 116 - 14} = 1,551;$$

$$T_k = T_p \cdot k_{\text{кал}} = 3 \cdot 1,551 = 4,653 \approx 5 \text{ дней}.$$



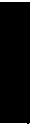








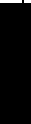
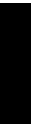



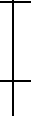







Все рассчитанные значения сводим в таблицу 7.

Таблица 7 - Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ						Длительность работ в рабочих днях T_{pi}		Длительность работ в кален- дарных днях T_{ki}	
	t_{min} , чел-дни		t_{max} , чел-дни		$t_{ожг}$, чел-дни					
	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер
Составление и утверждение технического задания	2		5		3		3		5	
Подбор и изучение материалов по теме		4		7		5		5		9
Выбор направления ис- следований		3		5		4		4		8
Календарное планирование работ по теме	4		6		5		5		8	
Проведение теоретических расчетов и обоснований		5		8		6		6		9
Электрический расчет		7		9		8		8		12
Расчет тепловой устой- чивости конденсатора		9		14		11		11		17
Удельные характеристики конденсатора		2		4		3		3		5
Описание конструирования конденсатора		1		3		2		2		3
Анализ полученных результатов	3	4	5	6	4	5	2	3	3	5
Оценка эффективности полученных результатов	6	7	10	11	8	9	4	5	6	8
Построение сборочного чертежа		7		10		8		8		12
Составление пояснительной записки (эксплуатационно- технической документации)		8		10		9		9		14

На основе таблицы 7 построим календарный план-график (см. таблица 8).

Таблица 8. Календарный план-график проведения НИОКР по теме

№ работ	Вид работ	Исполнители	T_{ki} , кал.д н.	Продолжительность выполнения работ													
				февр.		март			апрель			май			июнь		
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	
1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель	5														
2	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер	8														
3	Выбор направления исследований	Инженер	6														
4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель	8														
5	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Инженер	9														
6	Электрический расчет	Инженер	12														
7	Механический расчет	Инженер	3														
8	Расчет тепловой устойчивости конденсатора	Инженер	17														
9	Удельные характеристики конденсатора	Инженер	5														
10	Описание конструирования ввода	Инженер	3														
11	Анализ полученных результатов	Руководитель, инженер	5														
12	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель, инженер	8														
13	Построение сборочного чертежа	Инженер	12														
14	Составление пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации)	Инженер	14														



 – руководитель;  – инженер.

График строится для максимального по длительности исполнения работ в рамках научно-исследовательского проекта с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период времени дипломирования.

Таким образом, видим, что длительность работ в календарных днях руководителя составляет 26 дней, инженера – 102 дня. Планирование работ по НИОКР проведено рационально, поскольку до защиты ВКР остается время в запасе около 7 дней.

5.3 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

Планируя бюджет НТИ, мы должны обеспечить полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением. При расчете и формировании бюджета НТИ будет использоваться следующая группировка затрат по статьям:

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

5.3.1 Расчет материальных затрат НТИ

Данная статья включает стоимость всех материалов, используемых при разработке проекта.

Материальные затраты указаны в таблице 9.

Таблица 9. Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы ($З_m$), руб.
Бумага для принтера	Пачка	1	300	300
Набор настольный канцелярский	Шт	1	300	300
Калькулятор инженерный	Шт	1	300	300
Картридж для принтера	Шт	1	2000	2000
Папка-скоросшиватель	Шт	1	30	30
Итого				2930

5.3.2 Основная заработная плата исполнителей темы

На данном этапе работы рассчитывается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, рабочих макетных мастерских и опытных производств, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 –30 % от тарифа или оклада.[10]

Месячный должностной оклад работников:

- Руководитель

$$З_m = З_{mc} \cdot (1 + k_{np} + k_{\partial}) \cdot k_p = 16751,29 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 32665 \text{ руб.},$$

- Инженер

$$Z_m = Z_{mc} \cdot (1 + k_{np} + k_d) \cdot k_p = 15500 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 30225 \text{ руб.},$$

где Z_{mc} – заработная плата по тарифной ставке, руб.; k_{np} – премиальный коэффициент, равный 0,3; k_d – коэффициент доплат и надбавок составляет 0,2; k_p – районный коэффициент, равный 1,3 (для города Томска);

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

- Руководитель

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d} = \frac{32665 \cdot 10,4}{245} = 1385,6 \text{ руб.},$$

- Инженер

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d} = \frac{30225 \cdot 10,4}{245} = 1283 \text{ руб.},$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.:

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года: при отпуске в 48 раб. дней $M=10,4$ месяца, 6-дневная неделя;

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн.

Баланс рабочего времени показан в таблице 10.

Таблица 10. Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	366	366
Количество нерабочих дней:		
• выходные дни	52	52
• праздничные дни	14	14
Потери рабочего времени:		
• отпуск	48	48
• невыходы по болезни	7	7
Действительный годовой фонд рабочего времени	245	245

Основная заработная плата ($Z_{осн}$) от предприятия рассчитывается по следующей формуле:

- Руководитель

$$З_{осн} = З_{дн} \cdot T_p = 1385,6 \cdot 26 = 36025,6 \text{руб}$$

- Инженер

$$З_{осн} = З_{дн} \cdot T_p = 1283 \cdot 102 = 130886 \text{руб}$$

где $З_{осн}$ – основная заработная плата одного работника;

T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.

$З_{дн}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Расчет основной заработной платы указан в таблице 11.

Таблица 11. Расчёт основной заработной платы

Исполнители	$З_{тс}$, руб.	$k_{пр}$	$k_{д}$	$k_{р}$	$З_{м}$, руб	$З_{дн}$, руб.	T_p , раб. дн.	$З_{осн}$, руб.
Руководитель	16751,29	0,3	0,2	1,3	32665	1385,6	26	36025,6
Инженер	15500	0,3	0,2	1,3	30225	1283	102	130886
Итого								166891,6

5.3.3. Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Затраты по дополнительной заработной платой исполнителей темы учитывают величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций (при исполнении государственных и общественных обязанностей, при совмещении работы с обучением, при предоставлении ежегодного оплачиваемого отпуска и т.д.).

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$З_{дон} = k_{дон} \cdot З_{осн},$$

где $k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15).

- Руководитель

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}} = 0,14 \cdot 36025,6 = 5043,6 \text{ руб.};$$

- Инженер

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}} = 0,14 \cdot 130886 = 18324 \text{ руб.};$$

где $k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной заработной платы, равный 0,14.

5.3.4. Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Отчисления во внебюджетные фонды: государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) - являются обязательными по законодательству Российской Федерации.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}),$$

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

На 2016 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2016 году водится пониженная ставка – 27,1%.

Отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице 12.

Таблица 12 - Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель	36025,6	5043,6
Инженер	130886	18324
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,271	
Итого		
Руководитель	11129,7	
Инженер	40435,9	

5.3.5. 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. Их величина определяется по следующей формуле:

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 4) \cdot k_{\text{нр}} = (Z_{\text{м}} + Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}} + Z_{\text{внеб}}) \cdot 0,16 = \\ = (2930 + 166891,6 + 23367,6 + 40435,9) \cdot 0,16 = 37380 \text{ руб.,}$$

где $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

5.3.6. Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Основой для формирования бюджета затрат проекта является рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы. В свою очередь, бюджет, в процессе формирования договора с заказчиком, защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции.

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в таблице 13.

Таблица 13 - Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.	%
1. Материальные затраты НТИ	2930	1,1
2. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	166892	61,6
3. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	23368	8,6
4. Отчисления во внебюджетные фонды	40436	14,9
5. Накладные расходы	37380	13,8
6. Бюджет затрат НТИ	271006	100

Таким образом, было рассчитано минимальное количество денежных средств, необходимых для проектирования косинусного конденсатора на напряжение 50кВ. Полученная сумма составляет 271006 рублей. Данная цифра является вполне удовлетворительна и оптимальна, так как для расчёта конденсатора не требуется специального испытательного дорогостоящего оборудования. Большая часть затрат приходится на основную заработную плату исполнителей темы (61,6%).

5.4. Определение ресурсной (ресурсосберегающей) эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя ресурсоэффективности научного исследования.

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i,$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i -го варианта исполнения разработки;

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

b_i – бальная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности приведен в форме таблицы 14.

В качестве возможных исполнений проекта условно были приняты: исполнение 1 – конденсатор с бумажно-масляной изоляцией, исполнение 2 – конденсатор с бумажной-плёночной изоляцией, исполнение 3 – конденсатор с плёночной изоляцией.

Таблица 14 - Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии \ Объект исследования	Весовой коэффициент параметра	Исп.1 Б	Исп.2 Б - П	Исп.3 П
1. Уровень технологических показателей	0,172	4	4	5
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям установки на ПС)	0,138	4	4	3
3. Ремонтопригодность	0,138	4	4	4
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,138	4	4	5
5. Надежность	0,172	5	4	5
6. Материалоемкость	0,103	5	4	5
7. Затраты на послепродажное обслуживание	0,138	5	4	4
Итого	1	4,409	3,996	4,443

$$I_{p-исп1} = 4 \cdot 0,172 + 4 \cdot 0,138 + 4 \cdot 0,138 + 4 \cdot 0,138 + 5 \cdot 0,172 + 5 \cdot 0,103 + 5 \cdot 0,138 = 4,409 ;$$

$$I_{p-исп2} = 4 \cdot 0,179 + 4 \cdot 0,143 + 4 \cdot 0,143 + 4 \cdot 0,143 + 4 \cdot 0,179 + 4 \cdot 0,107 + 4 \cdot 0,107 = 3,996 ;$$

$$I_{p-исп3} = 5 \cdot 0,179 + 3 \cdot 0,143 + 4 \cdot 0,143 + 5 \cdot 0,143 + 5 \cdot 0,179 + 5 \cdot 0,107 + 4 \cdot 0,107 = 4,443 .$$

Сравнив значения интегральных показателей ресурсоэффективности можно сделать вывод, что реализация технологии в первом исполнении ничуть не уступает остальным вариантам с позиции ресурсосбережения.

В рамках данного раздела ВКР была проведена оценка конкурентоспособности спроектированного косинусного конденсатора по

сравнению с аналогами, рассчитан показатель, оценивающий перспективность данной разработки, который определяет уровень перспективности как «выше среднего». Был составлен перечень этапов работ и определена их трудоемкость, построен календарный план-график выполнения работ, который демонстрирует, что до защиты ВКР остается время для подготовки (около 7 дней). Рассчитан ориентировочный бюджет на создание научной разработки, а также проведена оценка эффективности научного исследования с позиции ресурсосбережения.

6. Социальная ответственность

Данный раздел ВКР посвящен выполнению анализа и разработке мер по обеспечению благоприятных условий труда при ее выполнении. Анализ вредных факторов таких как: отклонение показателей микроклимата в помещении, повышения уровня шума, превышение электромагнитных и ионизирующих излучений. Будут рассмотрены вопросы охраны окружающей среды, а также правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.

6.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

6.1.1 Правовые нормы трудового законодательства

На работах с вредными и опасными условиями труда запрещается применение труда женщин и лиц в возрасте до восемнадцати лет. Перечни работ с вредными и опасными условиями труда, на которых запрещается применение труда женщин и лиц в возрасте до восемнадцати лет, утверждаются в установленном порядке. Режимы труда и отдыха работников устанавливаются правилами внутреннего трудового распорядка и иными локальными нормативными актами работодателя в соответствии с трудовым законодательством.

Российским законодательством работникам за тяжелые работы и работы с вредными и опасными условиями предусмотрены следующие льготы и компенсации:

- ежегодный дополнительный отпуск минимальной продолжительности 7 календарных дней (ст.117 ТК РФ, Постановление правительства РФ от 20.11.2008 г. №870 «Об установлении сокращенной продолжительности рабочего времени, ежегодного дополнительного оплачиваемого отпуска, повышенной оплаты труда работникам, занятым на тяжелых работах, работах с вредными и (или) опасными и иными особыми условиями труда»);

- повышение оплаты труда - не менее 4% тарифной ставки (оклада), установленной для различных видов работ с нормальными условиями труда (ст. 147 ТК РФ, Постановление правительства РФ от 20.11.2008 г. №870);

6.1.2 Организационные мероприятия

В соответствии с Постановлением Минтруда России и Минобразования России от 13 января 2003 г. № 1/29 «Об утверждении Порядка обучения по охране труда и проверки знаний требований охраны труда работников организаций» к выполнению работ допускаются работники, прошедшие обучение по охране труда и проверку знаний требований охраны труда в установленном порядке [11].

Работники, к которым предъявляются повышенные требования охраны труда, должны проходить повторный инструктаж по охране труда не реже одного раза в три месяца, а также не реже одного раза в двенадцать месяцев - проверку знаний требований охраны труда.

Работники должны обеспечиваться специальной одеждой, специальной обувью и другими средствами индивидуальной защиты. При заключении трудового договора работодатель обязан обеспечить информирование работников о полагающихся им средствах индивидуальной защиты (СИЗ), а работники обязаны правильно применять СИЗ, выданные им в установленном порядке.

Согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [1], при размещении рабочих мест с ПЭВМ расстояние между рабочими столами с видеомониторами (в направлении тыла поверхности одного видеомонитора и экрана другого видеомонитора) должно быть не менее 2,0 м, а расстояние между боковыми поверхностями видеомониторов - не менее 1,2 м.

Рабочие места с ПЭВМ в помещениях с источниками вредных производственных факторов должны размещаться в изолированных кабинах с организованным воздухообменом.

Рабочие места с ПЭВМ при выполнении творческой работы, требующей значительного умственного напряжения или высокой концентрации внимания, рекомендуется изолировать друг от друга перегородками высотой 1,5 - 2,0 м.

Конструкция рабочего стола должна обеспечивать оптимальное размещение на рабочей поверхности используемого оборудования с учетом его количества и конструктивных особенностей, характера выполняемой работы. При этом допускается использование рабочих столов различных конструкций, отвечающих современным требованиям эргономики. Поверхность рабочего стола должна иметь коэффициент отражения 0,5 – 0,7. На рис. 20 представлена организация рабочего места за компьютером.

Конструкция рабочего стула (кресла) должна обеспечивать поддержание рациональной рабочей позы при работе на ПЭВМ, позволять изменять позу с целью снижения статического напряжения мышц шейно-плечевой области и спины для предупреждения развития утомления. Тип рабочего стула (кресла) следует выбирать с учетом роста пользователя, характера и продолжительности работы с ПЭВМ.

Рабочий стул (кресло) должен быть подъемно-поворотным, 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, слабо электризующимся и воздухопроницаемым покрытием, обеспечивающим легкую очистку от загрязнений.

При защите от внешнего облучения, возникающего при работе с дисплеем, проводятся следующие мероприятия:

1. согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [1] для обеспечения оптимальной работоспособности и сохранения здоровья на протяжении рабочей смены

- должны устанавливаться регламентированные перерывы – при 8-часовом рабочем дне продолжительностью 15 минут через каждый час работы;
2. дисплей устанавливается таким образом, чтобы от экрана до оператора было не менее 60-70 см, но не ближе 50 см с учетом размеров алфавитно-цифровых знаков и символов;
 3. должны использоваться дисплеи со встроенными защитными экранами.

6.2 Производственная безопасность

В данном пункте анализируются вредные и опасные факторы, которые могут возникать при разработке или эксплуатации проектируемого решения.

Таблица 15 – Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разраб отка	Изгото вление	Эксплу атация	
1.Отклонение показателей микроклимата	+	+	+	Санитарные правила и нормы СанПиН 2.2.4.548-96 "Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений" (утв. постановлением Госкомсанэпиднадзора РФ от 1 октября 1996 г. N 21)[1]
2.Превышение уровня шума		+	+	ГОСТ 12.1.003-2014 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности [2]
3.Отсутствие или недостаток освещения	+	+	+	ГОСТ Р 55710-2013 Освещение рабочих мест внутри зданий. Нормы и методы измерений [3]
4.Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	+	+	+	ГОСТ 12.1.038–82 на рабочем месте оператора уровни напряжений прикосновения и токов[4]
5.Термическая опасность	+	+	+	ГОСТ 12.0.003-74* ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация[15]

Продолжение таблицы 15

6. Электробезопасность	+	+	+	ГОСТ 12.0.003-74* ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация[15]
7. Расположение рабочего места на высоте	+	+	+	ГОСТ 12.0.003-74* ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация[15]

6.3. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды.

Рабочее место находится в лаборатории.

Площадь помещения составляет 18 м^2 (длина $A=6$ м, ширина $B=3$ м),
объем составляет 45 м^3 (высота $C=2,5$ м).

По СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03[13] площадь на одно рабочее место
пользователей ПЭВМ составляет $4,5\text{ м}^2$ и 20 м^3 объема на одного человека[13].
В помещении работают 2 человека, следовательно, нормы по площади и объему
выполняются.

При работе с персональным компьютером может проявиться ряд
вредных факторов и опасностей, к числу которых относятся: недостаточная
освещенность рабочей зоны; повышенный уровень шума на рабочем месте;
повышенная или пониженная влажность воздуха; повышенная или пониженная
подвижность воздуха; повышенный уровень электромагнитных излучений;
повышенный уровень статического электричества.

6.3.1. Освещение

Правильно спроектированное и выполненное производственное освещение улучшает условия зрительной работы, снижает утомляемость, способствует повышению производительности труда, благотворно влияет на производственную среду, оказывая положительное психологическое воздействие на работающего, повышает безопасность труда и снижает травматизм.

Недостаточность освещения может привести к напряжению зрения, ослаблению внимания, наступлению преждевременной утомленности. Чрезмерно яркое освещение может вызывать ослепление, раздражение и резь в глазах. Неправильное направление света на рабочем месте может создавать резкие тени, блики, дезориентировать работающего. Все эти причины могут привести к несчастному случаю или профзаболеваниям.

Существует три вида освещения - естественное, искусственное и совмещенное. Рассмотрим подробнее данные классификации.

1). Естественное освещение - освещение помещений дневным светом, проникающим через световые проемы в наружных ограждающих конструкциях помещений. Естественное освещение характеризуется тем, что меняется в широких пределах в зависимости от времени дня, времени года, характера области и ряда других факторов.

2). Искусственное освещение применяется при работе в темное время суток и днем, когда не удастся обеспечить нормированные значения коэффициента естественного освещения (пасмурная погода, короткий световой день).

3). Совмещенным называется освещение, при котором недостаточное по нормам естественное освещение дополняется искусственным.

Искусственное освещение подразделяется на рабочее, аварийное, эвакуационное, охранное. Рабочее освещение, в свою очередь, может быть общим или комбинированным. Общее - освещение, при котором светильники

размещаются в верхней зоне помещения равномерно или применительно к расположению оборудования. Комбинированное - освещение, при котором к общему освещению добавляется местное.

В помещениях с компьютерами необходимо применить систему комбинированного освещения.

При выполнении работ категории высокой зрительной точности (наименьший размер объекта различения 0,3...0,5мм) величина коэффициента естественного освещения (КЕО) должна быть не ниже 1,5%, а при зрительной работе средней точности (наименьший размер объекта различения 0,5...1,0 мм) КЕО должен быть не ниже 1,0%. В качестве источников искусственного освещения обычно используются люминесцентные лампы типа ЛБ или ДРЛ, которые попарно объединяются в светильники, которые должны располагаться над рабочими поверхностями равномерно.

Требования к освещенности в помещениях, где установлены компьютеры, следующие: при выполнении зрительных работ высокой точности общая освещенность должна составлять 300лк, а комбинированная - 750лк; аналогичные требования при выполнении работ средней точности - 200 и 300лк соответственно. [13].

6.1.2. Шум

Шум ухудшает условия труда, оказывает вредное воздействие на организм человека. Работающие в условиях длительного шумового воздействия испытывают раздражительность, головные боли, головокружение, снижение памяти, повышенную утомляемость, понижение аппетита, боли в ушах и т. д. Такие нарушения в работе ряда органов и систем организма человека могут вызвать негативные изменения в эмоциональном состоянии человека, вплоть до стрессовых. Под воздействием шума снижается концентрация внимания, нарушаются физиологические функции, появляется усталость в связи с повышенными энергетическими затратами и нервно-психическим напряжением,

ухудшается речевая коммутация. Все это снижает работоспособность человека и его производительность, качество и безопасность труда. Длительное воздействие интенсивного шума (выше 80 дБ) на слух человека приводит к его частичной или полной потере.

В таблице 15 указаны предельные уровни звука в зависимости от категории тяжести и напряженности труда, являющиеся безопасными в отношении сохранения здоровья и работоспособности. [9]

Таблица 16 - Предельные уровни звука, дБ, на рабочих местах

Категория напряженности труда	Категория тяжести труда			
	I. Легкая	II. Средняя	III. Тяжелая	IV. Очень тяжелая
I. Мало напряженный	80	80	75	75
II. Умеренно напряженный	70	70	65	65
III. Напряженный	60	60	-	-
IV. Очень напряженный	50	50	-	-

Уровень шума на рабочем месте за компьютером не должен превышать 50 дБ, а в вычислительных залах – 65 дБ.

6.1.3. Параметры микроклимата

Параметры микроклимата могут меняться в широких пределах, в то время как необходимым условием жизнедеятельности человека является поддержание постоянства температуры тела благодаря терморегуляции, т.е. способности организма регулировать отдачу тепла в окружающую среду. Принцип нормирования микроклимата – создание оптимальных условий для теплообмена тела человека с окружающей средой.

Вычислительная техника является источником существенных тепловыделений, что может привести к повышению температуры и снижению относительной влажности в помещении. В помещениях, где установлены компьютеры, должны соблюдаться определенные параметры микроклимата. В санитарных нормах СанПиН 2.2.4.548-96 [15] установлены величины параметров микроклимата, создающие комфортные условия. Эти нормы устанавливаются в зависимости от времени года, характера трудового процесса и характера производственного помещения.

Объем помещений, в которых размещены работники вычислительных центров, не должен быть меньше 19,5 м³/человека с учетом максимального числа одновременно работающих в смену. Параметры микроклимата для помещения и нормы подачи свежего воздуха приведены в таблицах 2 и 3:

Таблица 17 - Параметры микроклимата для помещений, где установлены компьютеры

Период года	Параметр микроклимата	Величина
Холодный	Температура воздуха в помещении	22...24 °С
	Относительная влажность	40...60 %
	Скорость движения воздуха	до 0,1 м/с
Теплый	Температура воздуха в помещении	23...25 °С
	Относительная влажность	40...60 %
	Скорость движения воздуха	0,1...0,2 м/с

Таблица 18 - Нормы подачи свежего воздуха в помещения с ПК

Характеристика помещения (объем помещения, в м ³ на человека)	Объемный расход подаваемого в помещение свежего воздуха, м ³ на человека/час
---	---

Продолжение таблицы 18

До 20	Не менее 30
20...40	Не менее 20
Более 40	Естественная вентиляция

Для обеспечения комфортных условий могут быть использованы как организационные методы (рациональная организация проведения работ в зависимости от времени года и суток, чередование труда и отдыха), так и технические средства (вентиляция, кондиционирование воздуха, современная отопительная система).

6.2. Опасные факторы проектируемой производственной среды

К опасным факторам можно отнести повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может пройти через тело человека, а также наличие в помещении большого количества аппаратуры, использующей однофазный электрический ток напряжением 220 В и частотой 50Гц. По опасности электропоражения комната относится к помещениям без повышенной опасности, так как отсутствует влажность, высокая температура, токопроводящая пыль и возможность одновременного соприкосновения с имеющими соединение с землей металлическими предметами и металлическими корпусами оборудования .

Во время нормального режима работы оборудования опасность электропоражения крайне мала, однако, возможны аварийные режимы работы, когда происходит случайное электрическое соединение частей оборудования, находящегося под напряжением с заземленными конструкциями.

Поражение человека электрическим током может произойти в следующих случаях:

- при прикосновении к токоведущим частям во время ремонта ПЭВМ;

- при однофазном (однополюсном) прикосновении незащищенного от земли человека к незащищенным токоведущим частям электроустановок, находящихся под напряжением;
- при прикосновении к незащищенным частям, находящимся под напряжением, то есть в случае нарушения изоляции;
- при соприкосновении с полом и стенами, оказавшимися под напряжением;
- при возможном коротком замыкании в высоковольтных блоках: блоке питания, блоке развертки монитора.

Основными мероприятиями по обеспечению электробезопасности являются:

- изолирование (ограждение) токоведущих частей, исключающее возможность случайного прикосновения к ним;
- установки защитного заземления;
- наличие общего рубильника.

6.3. Охрана окружающей среды

В компьютерах огромное количество компонентов, которые содержат токсичные вещества и представляют угрозу, как для человека, так и для окружающей среды.

К таким веществам относятся:

- свинец (накапливается в организме, поражая почки, нервную систему);
- ртуть (поражает мозг и нервную систему);
- никель и цинк (могут вызывать дерматит);
- щелочи (прожигают слизистые оболочки и кожу).

Поэтому компьютер требует специальных комплексных методов утилизации. В этот комплекс мероприятий входят:

- отделение металлических частей от неметаллических;
- металлические части переплавляются для последующего производства;

- неметаллические части компьютера подвергаются специально переработке.

В настоящее время ведется создания и внедрения безотходной технологии в ряде отраслей промышленности, однако полный перевод ведущих отраслей промышленности на безотходную технологию потребует решения большого комплекса весьма сложных технологических, конструкторских и организационных задач.

6.4. Защита в чрезвычайных ситуациях

В помещении, где производилась выпускная квалификационная работа, имеется электропроводка напряжением 220 вольт, предназначенная для питания вычислительной техники и освещения. При неправильной эксплуатации оборудования и коротком замыкании электрической цепи может произойти возгорание, которое грозит уничтожением техники, документов и другого имеющегося оборудования.

Данное помещение относится к категории Д (наличие твердых стораемых вещей).

Необходимо проводить следующие пожарно-профилактические мероприятия:

- организационные мероприятия, касающиеся технического процесса с учетом пожарной безопасности объекта;
- эксплуатационные мероприятия, рассматривающие эксплуатацию имеющегося оборудования;
- технические и конструктивные, связанные с правильные размещением и монтажом электрооборудования и отопительных приборов.

Организационные мероприятия:

- противопожарный инструктаж обслуживающего персонала;
- обучение персонала правилам техники безопасности;
- издание инструкций, плакатов, планов эвакуации.

Эксплуатационные мероприятия:

- соблюдение эксплуатационных норм оборудования;
- обеспечение свободного подхода к оборудованию;
- содержание в исправном состоянии изоляции токоведущих проводников.

К техническим мероприятиям относится соблюдение противопожарных требований при устройстве электропроводок, оборудования, систем отопления, вентиляции и освещения. В коридоре имеется порошковый огнетушитель типа ОП-5, рубильник, на двери приведен план эвакуации в случае пожара, и, на достигаемом расстоянии, находится пожарный щит.

Наиболее дешевым и простым средством пожаротушения является вода, поступающая из обычного водопровода. Для осуществления эффективного тушения огня используют пожарные рукава и стволы, находящиеся в специальных шкафах, расположенных в коридоре. В пунктах первичных средств огнетушения должны располагаться ящик с песком, пожарные ведра и топор.

Если возгорание произошло в электроустановке, для его устранения должны использоваться огнетушители углекислотные типа ОУ-2, или порошковые типа ОП-5. Кроме устранения самого очага пожара нужно, своевременно, организовать эвакуацию людей.[15]

В данном разделе были проанализированы и рассмотрены меры по обеспечению благоприятных условий труда при ее выполнении. Был произведен анализ вредных факторов: отклонение показателей микроклимата в помещении, повышения уровня шума, повышения уровня вибрации, превышение электромагнитных и ионизирующих излучений. Рассмотрены вопросы охраны окружающей среды, защиты в случае чрезвычайной ситуации, а также правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.

Заключение

В результате работы был рассчитан высоковольтный косинусный конденсатор внутренней установки на напряжение 50 кВ и ёмкостью 0,05мкФ. В результате электрического расчёта была выбрана конденсаторная бумага КОН-1 и полиэтилентеретфталатная пленка с пропиткой конденсаторным маслом.

Была выбрана намотка со скрытой фольгой, рассчитаны секции и корпус конденсатора. В результате теплового расчёта были определены потери в конденсаторе и максимальная температура внутри конденсатора. В конце так же были посчитаны удельные характеристики конденсатора, а именно удельная энергия конденсатора.

Кроме того, в работе был выполнен анализ и планирование комплекса работ в рамках научного исследования. Определенна структура работ, а также произведено распределение исполнителей. Составлен календарный план-график проведения работ, из которого видно, что длительность работ в календарных днях рукрводителя составляет 26 дней, а инженера 102 дня.

Помимо этого, был произведен анализ выявленных вредных и опасных факторов производственной среды. Рассмотрены правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.

Список используемой литературы

1. Кучинский Г. С. «Высоковольтные конденсаторы». Энергия, Ленинградское отделение, 1973. – 176 с. с ил.
2. Куртенков Г. Е. «Расчет вводов высокого напряжения и силовых конденсаторов». Учебное пособие к курсовому проекту. Томск, изд. ТПИ им. С. М. Кирова, 1987.-76 с.
3. Кучинский Г.С., Назаров Н.И. Силовые электрические конденсаторы. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1992. – 320 с.
4. Кучинский Г.С., Кизеветтер В.Е., Пинталь Ю.С., Изоляция установок высокого напряжения. - М.: Энергоатомиздат, 1987. – 368 с.
5. Энергия оборудование, документация. [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://forca.ru/spravka/spravka/bumazhno-maslyanaya-kondensatornaya-izolyaciya.html>, свободный. –Загл. с экрана (дата обращения 29.03.2016).
6. Конструкции и области применения силовых конденсаторов. [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://kvar.su/books/part4.pdf>, свободный. – Загл. с экрана (дата обращения 12.05.2016).
7. Конденсаторная бумага. [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://rodikon.ru/kondensatornaya-bumaga.html>, свободный. – Загл. с экрана (дата обращения 11.05.2016).
8. Опорные и проходные изоляторы. [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://electricalschool.info/main/visokovoltny/1221-opornye-i-prokhnodnye-izoljatory.html>, свободный. – Загл. с экрана (дата обращения 15.05.2016).

9. ГОСТ 12.1.005-88. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
10. Видяев И.Г., Серикова Г.Н., Гаврикова Н.А. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие / Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 36 с.
11. ГОСТ 22043-76. Шпильки для деталей с гладкими отверстиями. – Москва: Государственный комитет СССР по стандартам, 1978. – 15 с.
12. ГОСТ 1908-88. Бумага конденсаторная. Общие технические условия. / Москва: Государственный стандарт союза СССР, 1988.- 34 с.
13. СанПиН 4719-88. Санитарные правила устройства, оборудования и содержания общежитий для рабочих, студентов, учащихся средних специальных учебных заведений и профессионально-технических училищ. – М., 1988;
14. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. – М., 1997.
15. Основы противопожарной защиты предприятий ГОСТ 12.1.004 и ГОСТ 12.1.010 – 76.