

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

Институт ЭНИН

Направление подготовки (специальность) 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Кафедра Электротехнических комплексов и материалов

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Проектирование автоматического выключателя для защиты асинхронного двигателя

УДК 621.316.57:621.313.333-049.65

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5ГЗГ	Черноусов Владислав Евгеньевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ЭКМ	Гирник Андрей Сергеевич	Кандидат технических наук, доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

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

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ЭБЖ	Король Ирина Степановна	к.х.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Заведующий кафедрой ЭКМ	Гарганеев Александр Георгиевич	Доктор технических наук, профессор		

Томск – 2017 г.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
Профессиональные компетенции	
P1	Применять базовые и специальные математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания в широком (в том числе междисциплинарном) контексте в комплексной инженерной деятельности
P2	Ставить и решать задачи комплексного инженерного анализа с использованием базовых и специальных знаний, современных аналитических методов и моделей
P3	Выполнять комплексные инженерные проекты с применением базовых и специальных знаний, современных методов проектирования для достижения оптимальных результатов, соответствующих техническому заданию с учетом экономических, экологических, социальных и других ограничений
P4	Проводить комплексные инженерные исследования, включая поиск необходимой информации, эксперимент, анализ и интерпретацию данных с применением базовых и специальных знаний и современных методов для достижения требуемых результатов
P5	Выбирать и использовать на основе базовых и специальных знаний необходимое оборудование, инструменты и технологии для ведения комплексной практической инженерной деятельности с учетом экономических, экологических, социальных и других ограничений
P6	Демонстрировать особые компетенции, связанные с уникальностью задач, объектов и видов комплексной инженерной деятельности в области специализации (научно-исследовательская, производственно-технологическая, организационно-управленческая, проектная и др.) на предприятиях и в организациях – потенциальных работодателях, а также готовность следовать их корпоративной культуре
Универсальные компетенции	
P7	Использовать базовые и специальные знания в области проектного менеджмента и практики ведения бизнеса, в том числе менеджмента рисков и изменений, для ведения комплексной инженерной деятельности
P8	Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в

	обществе в целом, в том числе на иностранном языке, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты комплексной инженерной деятельности
P9	Эффективно работать индивидуально и в качестве члена команды, в том числе междисциплинарной, с делением ответственности и полномочий при решении комплексных инженерных задач
P10	Демонстрировать личную ответственность, приверженность и готовность следовать профессиональной этике и нормам ведения комплексной инженерной деятельности
P11	Демонстрировать знание правовых, социальных, экологических и культурных аспектов комплексной инженерной деятельности, осведомленность в вопросах охраны здоровья и безопасности жизнедеятельности
P12	Осознавать необходимость и демонстрировать способность к самостоятельному обучению в течение всей жизни и непрерывному самосовершенствованию в инженерной профессии

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

Институт ЭНИН

Направление подготовки (специальность) 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Кафедра Электротехнических комплексов и материалов

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой Гарганеев А.Г.

 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
5ГЗГ	Черноусов Владислав Евгеньевич

Тема работы:

Проектирование автоматического выключателя для защиты асинхронного двигателя	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	28.12.2016, 10915/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	30.05.2017
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Номинальный ток 50 А; Число фаз $m = 3$; Номинальное напряжение $U_n = 380$ В; Частота сети $f = 50$ Гц; Режим работы – длительный; Степень защиты IP44.</p>
<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> аналитический обзор литературы с целью определения конструкции и выбора прототипа автоматического выключателя. расчеты элементов конструкции выключателя: токоведущий контур, дугогасительное устройство. технологический процесс сборки выключателя. составление калькуляции расходов на изготовление автоматического выключателя. рассмотрение производственной и экологической безопасности в аппаратном цехе.
<p>Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> Презентация в программе Microsoft Power Point. Сборочный чертеж автоматического выключателя. Неподвижный контакт. Фиксатор.

	5. Дугогасительная решетка. 6. Технологическая часть.
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Основной раздел ВКР	Гирник А.С.
«Технология производства электрических аппаратов»	Баранов П.Р.
«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	Грахова Е.А.
«Социальная ответственность»	Король И.С.

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	16.09.2016 г.
---	---------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Гирник Андрей Сергеевич	К.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5ГЗГ	Черноусов Владислав Евгеньевич		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
5ГЗГ	Черноусову Владиславу Евгеньевичу

Институт	ЭНИН	Кафедра	ЭКМ
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	Электроэнергетика и электротехника

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объект исследования: автоматический выключатель. Рабочая зона: распределительный щит. Область применения: электротехника и электроэнергетика.
--	---

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Производственная безопасность</p> <p>1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; – действие фактора на организм человека; – приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); – предлагаемые средства защиты; – (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства). <p>1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – механические опасности (источники, средства защиты); – термические опасности (источники, средства защиты); – электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты); – пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения). 	<p>1.1 Вредные факторы проектируемого выключателя возникают вследствие пусконаладочных и сборочных работ в аппаратном цехе;</p> <ul style="list-style-type: none"> – Освещённость: регламентируется СП 52.13330.2011 Естественное и искусственное освещение (разряд зрительной работы IV, а минимальный размер предметов различия 0,5 – 1 мм) и должна быть не менее 300 лк. При разработке норма выполнена. – СН 2.2.4/2.1.8.562–96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки. Не превышают нормы в 80 дБА. СП 51.13330.2011. Защита от шума. Меры по борьбе с шумами: правильная организация труда и отдыха, применение звукопоглощающих преград и личных средств защиты (беруши). – Микроклиматические условия регламентируются ГОСТ 12.1.005-88 и не выходят за рамки нормы. <p>1.2 Опасные факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Механические опасности (движущиеся части механизмов, станки); – Пожароопасность; – Опасность поражения электрическим током; – Средства защиты: заземление, зануление токоведущих частей оборудования (сопротивление заземления не более 4 Ом), указатели напряжения, огнетушители, защитные очки, защитные каски, беруши, диэлектрические перчатки (ГОСТ 12.1.044-89 Пожароопасность
---	---

	веществ и материалов; . ГОСТ Р 12.1.019-2009 ССБТ. Электробезопасность
<p>2. Экологическая безопасность:</p> <ul style="list-style-type: none"> – защита селитебной зоны – анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); – разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды. 	<ul style="list-style-type: none"> – Объект находится вне селитебной зоны; – Воздействие объекта на атмосферу нет (выбросов нет); – Воздействия объекта на гидросферу нет (сбросов нет); – Воздействие объекта на литосферу присутствует. Промышленные отходы, образующиеся при поломке ВА; – Вышедший из строя ВА подлежит утилизации по стандарту ИСО 14000.
<p>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> – перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий. 	<ul style="list-style-type: none"> – Перечень возможных ЧС на объекте: пожар, поражение электрическим током; – Наиболее типичная ЧС – пожар; Превентивные меры по предупреждению пожара: – Соблюдение правил противопожарной безопасности; Действия при пожаре: – При малой площади горения необходимо воспользоваться первичными средствами пожаротушения (огнетушителями); – Произвести вызов пожарной охраны; проследовать к выходу.
<p>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<ul style="list-style-type: none"> – Обеспечение условий труда, согласно требованиям техники безопасности и охране труда; – Соблюдение трудового кодекса РФ. – ГОСТ 22615-77. Система «человек-машина». Выключатели и переключатели типа «Гумблер». Общие эргономические требования.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Король И. С.	к.х.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5ГЗГ	Черноусов В. Е.		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСООБЪЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
5ГЗГ	Черноусову Владиславу Евгеньевичу

Институт	Энергетический	Кафедра	Электроэнергетика и электротехника
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Электрические и электронные аппараты

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	При проведении исследования используется база лабораторий кафедры ЭКМ ЭНИН. В исследовании задействованы 2 человека: студент-исполнитель и научный руководитель.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	В соответствии с ГОСТ 14.322-83 «Нормирование расхода материалов» и ГОСТ Р 51541-99 «Энергосбережение. Энергетическая эффективность».
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Отчисления по страховым взносам 27,1% от ФОТ.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Технико-экономическое обоснование НИР. Определение потенциальных потребителей результатов исследования.
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Расчет временных показателей проведения научного исследования. Составление календарного план-графика. Формирование сметы расходов на проект.
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Оценка научно-технического уровня НИР

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

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5ГЗГ	Черноусов Владислав Евгеньевич		

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 71 с., 3 рис., 12 табл., 11 источников.

Ключевые слова: автоматический выключатель, автомат, короткое замыкание.

Объектом исследования является автоматический выключатель.

Цель работы – разработать автоматический выключатель для защиты асинхронного электродвигателя, согласно данным технического задания.

В процессе разработки проводился анализ используемых материалов для токоведущих частей, поверочный тепловой расчёт и расчёт термической стойкости.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики:

- Напряжение питания $\sim U_c = 380 \text{ В}$;
- Частота напряжения питания $f = 50 \text{ Гц}$;
- Номинальный ток 50 А ;
- Режим работы – длительный;
- Степень защиты IP44.

Область применения: электроэнергетика и электротехника; защита электроустановок на предприятиях.

Содержание

Введение.....	12
Информация об объекте проектирования.....	13
1. Расчет токоведущего контура и его частей	18
1.1 Расчет сечения проводника по термической стойкости	18
1.2. Расчет по номинальному току в продолжительном режиме	19
1.3. Расчет проводника ведется по допустимому нагреву и номинальному току.	20
1.4. Поверочный тепловой расчет	20
1.5 Расчёт силы контактного нажатия	21
1.6. Расчет переходного сопротивления контактов.....	21
1.7 Расчет дугогасительной системы	24
2. Технологическая часть	28
2.1 Назначение изделия. Условия эксплуатации	28
2.2 Эксплуатационные требования	28
2.3 Правила хранения и транспортировки.....	28
2.4 Определение вида производства	29
2.5 Выбор организационной формы сборки.....	29
2.6 Выбор метода сборки	30
2.7 Выбор сборочного оборудования, оснастки и подъёмно-транспортных средств.....	33
2.8 Нормирование сборочных работ	34
3. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение..	39
3.1 Оценка коммерческого потенциала	39
3.2 Планирование научно-исследовательских работ	40
3.3 Определение трудоёмкости выполнения работ	41
3.4 Разработка графика проведения научного исследования.....	42
3.5 Основные затраты на научно – техническое исследование (НТИ)	47
3.6 Бюджет НТИ.....	52
3.7 Определение ресурсоэффективности проекта	52
4. Социальная ответственность	54
4.1 Анализ опасных и вредных факторов.....	55

4.2 Техника безопасности.....	56
4.3 Производственная санитария.....	57
4.4 Анализ освещённости рабочего места	57
4.5 Анализ микроклимата.....	60
4.6 Анализ производственного шума.....	61
4.7 Пожарная безопасность	61
4.8 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	63
4.9 Охрана окружающей среды	63
Заключение	65
Список используемых источников.....	66
Приложения	68

Введение

В данной выпускной работе требуется спроектировать автоматический выключатель для защиты асинхронного двигателя. Следует выполнить анализ исходных, а так же провести расчёт основных элементов конструкции автоматического выключателя; определить наиболее приемлемый материал для токоведущего контура; определить сечение проводников таким образом, чтобы выполнялось условиям термической стойкости проводника; произвести поверочный тепловой расчёт и силу контактного нажатия; определить величину переходного сопротивления контактов.

Автоматический выключатель предназначен для отключения участка электросети при возникновении в нём аварийного режима, т. е. короткого замыкания, при котором токи резко возрастают до значений, в несколько раз превышающие номинальные.

На протяжении последних двух десятков лет основные конструкционные особенности автоматических выключателей почти не претерпевали изменений. В основном улучшение характеристик достигалось совершенствованием контактных систем, и использованием более современных и технологичных материалов. При дальнейшем развитии и создании новых материалов, автоматические выключатели ещё долго будут являться очень эффективными защитными аппаратами.

Основное направление развития автоматических выключателей (ВА) – изучение и модернизация химических параметров металлов, в частности улучшение контактных свойств. Особое внимание нужно уделить прочности материала в точках касания контакт-деталей, стойкости к эрозии при свёрхтоках, а так же габаритным размерам выключателя и гашению электрической дуги.

Правильный выбор автоматического выключателя позволит надёжно защитить электроустановку (электродвигатель) от токов короткого замыкания, оплавления изоляции кабелей и поражения электрическим током.

Информация об объекте проектирования

Классификация автоматов

В электрических установках возможны режимы работы, когда электрооборудование подвергается опасности разрушения. К таким режимам относится короткое замыкание, при котором по установке протекают токи, превышающие номинальный в сотни и тысячи раз. Термическое и электродинамическое воздействия токов короткого замыкания могут привести к выводу из строя электрооборудования. Та же опасность, хотя и в меньшей степени, существует при понижении напряжения в сети и при токах перегрузки.

На случай возникновения аварийных режимов должны быть предусмотрены специальные меры защиты, способные быстро ликвидировать возникшие ненормальные условия в электросети. Наиболее распространенными аппаратами, выполняющими функции защиты, являются автоматические воздушные выключатели (автоматы). Автомат должен немедленно реагировать на возникший в электросети аварийный режим и автоматически отключать от исправной электросети поврежденный участок.

Условия эксплуатации электрических установок предъявляют различные требования к автоматам. Поврежденный участок сети надо отключать так, чтобы не было перерыва в подаче электроэнергии тем потребителям, которые могут быть электрически развязаны с поврежденным участком. Защита, осуществляемая системой автоматов, должна быть селективной (избирательной). Для осуществления селективной защиты различных сетей с помощью автоматов требуются достаточно широкие возможности регулирования защитных параметров аппаратов. В других условиях требуется, чтобы автомат очень быстро отключал постоянный ток одного направления и оставался включенным при токе другого направления и т. д.

Таким образом, автомат в отличие от контактора имеет узел элементов защиты, автоматически обнаруживающий появление в сети ненормальных условий и дающий сигнал на отключение. Если контактор рассчитывается лишь на отключение токов перегрузки, которые обычно достигают тысяч ампер, то автомат должен отключать токи короткого замыкания, достигающие многих десятков и даже сотен килоампер. Кроме того, автомат редко отключает электрическую цепь, в то время как контактор предназначается для частых оперативных коммутаций номинальных токов нагрузки.

К наиболее распространенной разновидности относятся автоматы постоянного и переменного тока, к которым не предъявляется особых требований в отношении быстродействия. Это универсальные и установочные автоматы, широко применяемые в электросетях промышленных предприятий, электростанций и подстанций, кораблей и т. д. Универсальные автоматы не имеют защитного корпуса и обычно устанавливаются в помещениях распределительных устройств низкого напряжения, куда доступ посторонним лицам воспрещен. Установочные автоматы имеют пластмассовый защитный корпус и могут устанавливаться в общественных зданиях и жилых помещениях. Другого принципиального различия между этими автоматами нет.

Вторая разновидность аппаратов быстродействующие автоматы постоянного тока, собственное время отключения которых лежит в пределах от нескольких десятых миллисекунды до 5 мсек. Такие автоматы используются для защиты установок, преобразующих переменный ток в постоянный, а также для защиты мощных подстанций с генераторами постоянного тока. Номинальные токи быстродействующих автоматов обычно достаточно велики (тысячи ампер). Поэтому габариты и вес деталей аппарата большие, и для осуществления быстродействия возникает необходимость применять специальные меры.

Следующая разновидность автоматов - автоматы гашения магнитного поля, быстро сводящие к нулю магнитное поле, создаваемое обмотками возбуждения крупных генераторов при появлении короткого замыкания в главной их цепи. Если генератор будет продолжать работать при возникшем коротком замыкании, то очень большие величины токов вызовут пожар внутри генератора (пожар в железе) и его разрушение, если быстро не снять поле возбуждения генератора и не прекратить тем самым выработку электрической энергии генератором с вращающимся ротором.

Существуют и другие разновидности автоматов, например, автоматы для защиты мощных полупроводниковых приборов и установок от сверхтоков. Как известно, полупроводниковые элементы не способны выдерживать существенные перегрузки током. Поэтому требуются специальные защитные аппараты, которые или достаточно быстро прекращали бы протекание сверхтока, или замыкали бы накоротко токовую цепь полупроводника и принимали бы на себя весь ток цепи (короткозамыкатели).

Функции, выполняемые автоматами.

Автоматические выключатели, как правило, предназначаются для отключения поврежденного участка сети при возникновении в нем аварийного режима (короткое замыкание, ток перегрузки, пониженное напряжение). Термическое и электродинамическое (при коротком замыкании) воздействия повышенных токов могут привести к выходу из строя электрооборудования. В условиях пониженного напряжения, если механический момент нагрузки на валу остается неизменным, через работающие двигатели также будет протекать повышенный ток.

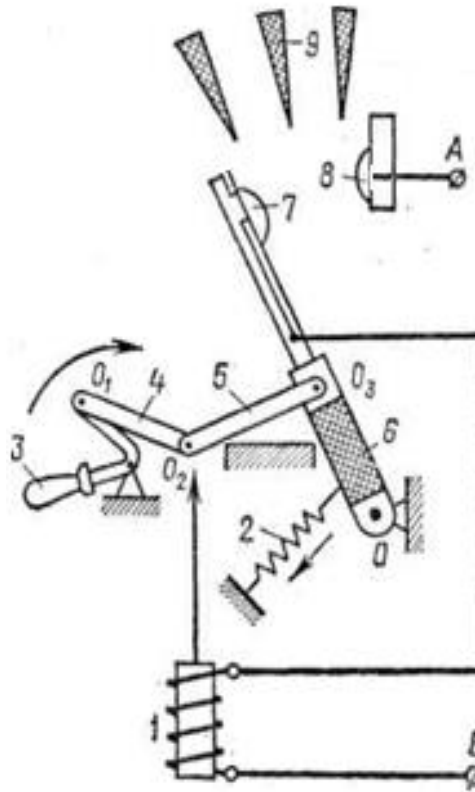


Рисунок 1. Конструктивная схема автомата

На рис. 1 дана условная конструктивная схема универсального автомата в упрощенном изображении. Автомат коммутирует электрическую цепь, подсоединяемую к выводам А и Б. В указанном положении автомат отключен и силовая электрическая цепь разомкнута. Чтобы включить автомат, надо вращать вручную по часовой стрелке рукоятку 3. Создается усилие, которое, перемещая рычаги 4 и 5 вправо, будет поворачивать основную несущую деталь 6 автомата вокруг неподвижной оси О по часовой стрелке. Замыкаются и включают цепь тока главные 7 и 8 контакты автомата. После этого вся система остается в крайнем правом положении, зафиксированном специальной защелкой, и удерживается ею (на рисунке не показана).

Отключающая пружина 2 взводится при включении автомата. При подаче команды на отключение она отключает автомат. Когда по катушке электромагнитного расцепителя 1 протекает ток короткого замыкания, на его якоре создается электромагнитная сила, переводящая рычаги 4 и 5 вверх за мертвую точку, в результате чего автомат пружиной 2 отключается

автоматически. При этом контакты размыкаются и возникающая на них дуга выдувается в дугогасительную камеру 9 и гасится в ней.

Система рычагов 4 и 5 выполняет функции механизма свободного расцепления, который в реальных автоматах имеет более сложное устройство.

Механизм свободного расцепления позволяет автомату отключаться в любой момент времени, в том числе и в процессе включения, когда включающая сила воздействует на подвижную систему автомата. Если рычаги 4 и 5 переведены вверх за мертвую точку, то жесткая связь между системами - приводной и подвижной нарушается. Мертвая точка, соответствует такому положению рычагов, когда прямые линии O_1O_2 и O_2O_3 , соединяющие оси вращения, совпадают по направлению друг с другом. Автомат немедленно отключится за счет действия возвратной пружины 2, независимо от того, воздействует ли включающая сила на приводную систему автомата или нет.

Механизм свободного расцепления предотвращает возможность следующих друг за другом циклов «отключения — включения» автомата («прыгание автомата») при возможном включении его на существующее в цепи короткое замыкание. Представим себе, что при соприкосновении контактов включающегося автомата по цепи пройдет ток короткого замыкания. В этом случае магнитный расцепитель 1 сработает и переведет рычаги механизма свободного расцепления 4 и 5 вверх за мертвую точку. Автомат отключится и больше не включится, так как механическая связь между включающей силой и подвижной системой автомата нарушена. Если бы не было механизма свободного расцепления, то после автоматического отключения автомата последовало бы его немедленное повторное включение под воздействием силы включающего устройства, которая к этому времени могла оказаться неснятой. Произойшли бы быстро следующие друг за другом многократные отключения и включения автомата в тяжелом режиме короткого замыкания, что может привести к разрушению автомата.

Исходя из условий работы, номинального тока и оптимальных соотношений габаритов и массы, в качестве прототипа я выбрал автомат

OptiDin BM63, который имеет достаточно простую конструкцию и технологию изготовления. Выключатель типа OptiDin BM63 предназначен для эксплуатации в электроустановках промышленного и бытового назначения; обеспечивают проведение тока в нормальном режиме и отключение тока при коротких замыканиях и перегрузках, и рассчитан для эксплуатации в электроустановках с номинальным рабочим напряжением до 220/380 В переменного тока частоты 50 Гц и постоянного тока до 110 В.

1. Расчет токоведущего контура и его частей

В производстве в качестве материала токоведущего контура наиболее востребованным является медь.

Задачей расчетов является определение размеров сечения частей токоведущего контура.

$I_H = 50$ А – отключаемый ток аппарата;

ρ_g – удельное сопротивление меди при температуре $\vartheta = 100$ °С;

$\zeta = 0,04$ – степень черноты;

Определяется удельное сопротивление нагретой меди:

$$\rho_g = \rho_{20}(1 + \alpha(\vartheta - 20)) \quad (1.1)$$

где $\rho_{20} = 1,62 \cdot 10^{-8}$ Ом·м – удельное сопротивление меди при температуре 20°С;

$\alpha = 0,0015$ – температурный коэффициент сопротивления меди;

$$\rho_g = 1,62 \cdot 10^{-8} \cdot (1 + 0,0015 \cdot (100 - 20)) = 1,814 \cdot 10^{-8} \text{ Ом} \cdot \text{м}$$

1.1 Расчет сечения проводника по термической стойкости

Минимальная площадь сечения:

$$S_{\min} = I_{K3} \cdot \sqrt{\frac{tk3}{A_K - A_H}} = 630 \cdot \sqrt{\frac{1}{(4,2 - 1,8) \cdot 10^4}} = 12,86 \text{ мм}^2 \quad (1.2)$$

$tk3 = 1$ – время короткого замыкания.

По практическим рекомендациям принимаем $n = a/b$; $n = 6$

$$a = \sqrt{n \cdot S_{\min}} = \sqrt{6 \cdot 12.86} = 8.7 \text{ мм}$$

$$b = \frac{S_{\min}}{a} = \frac{12.86}{8.7} = 1.4 \text{ мм, принимаем } b = 1.5 \text{ мм}$$
(1.3)

Уточняем: $a = \frac{S_{\min}}{b} = \frac{12.86}{1.5} = 8.5 \text{ мм, принимаем } a = 8.6 \text{ мм}$

(1.4)

Рассчитаем окончательно площадь:

$$S_{\min} = a \cdot b = 8.6 \cdot 1.5 = 12.9 \text{ мм}^2$$
(1.5)

1.2. Расчет по номинальному току в продолжительном режиме

Учтем 5^0 технического запаса по превышению температуры:

$$\nu_{\text{д}} = 105^0 - 5^0 = 100^0 \text{ C}$$

Допустимое превышение температуры:

$$\tau_{\text{д}} = \nu_{\text{д}} - \nu_0 = 100^0 - 40^0 = 60^0 \text{ C}$$
(1.6)

Определяющая температура для конвекции:

$$\nu_{\text{ср}} = \nu_0 + \frac{\tau_{\text{д}}}{2} = 40^0 + \frac{60^0}{2} = 70^0 \text{ C}$$
(1.7)

Коэффициент теплоотдачи:

$$K_{\text{ТОВ}} = \left(1.39 - \frac{\nu_{\text{ср}}}{700}\right) \cdot \left(\frac{\tau_{\text{д}}}{L}\right)^{0.25} = \left(1.39 - \frac{70}{700}\right) \cdot \left(\frac{60}{8.6}\right)^{0.25} = 11.79 \text{ Вт/м}^2\text{C}$$
(1.8)

L – определяющий размер равный a.

Коэффициент теплоотдачи излучением:

$$K_{\text{ТОИ}} = 0,227\zeta \left(\frac{\nu_{\text{ср}} + 273}{100}\right)^3 = 0,227 \cdot 0,04 \left(\frac{70 + 273}{100}\right)^3 = 0.36 \text{ Вт/м}^2\text{C}$$
(1.9)

Коэффициент теплоотдачи:

$$K_{\text{ТО}} = K_{\text{ТОК}} + K_{\text{ТОИ}} = 11.79 + 0.36 = 12.15 \text{ Вт/м}^2\text{C}$$
(1.10)

Коэффициент теплоотдачи с учетом ухудшения в замкнутых средах:

$$K_{\text{ТОВ}} = \frac{K_{\text{ТО}}}{1.5} = \frac{12.5}{1.5} = 8.1 \text{ Вт/м}^2\text{C}$$
(1.11)

1.3. Расчет проводника ведется по допустимому нагреву и номинальному току.

$$\Gamma = \frac{I_n^2 \cdot \rho_g \cdot 10^9}{K_{\text{то}} \cdot \tau} = \frac{50^2 \cdot 1.81 \cdot 10^{-8} \cdot 10^9}{14,3 \cdot 60} = 147,1 \text{ мм}^2 \quad (1.12)$$

$$b = \sqrt{\frac{\Gamma}{2 \cdot (n^2 + n)}} = \sqrt{\frac{147,1}{2 \cdot (36 + 6)}} = 1,2 \text{ мм} \quad (1.13)$$

Принимаем стандартное $b=1,2$ мм;

$$b = \sqrt{\frac{\Gamma}{2 \cdot b} + \frac{b^2}{4}} - \frac{b}{2} = \sqrt{\frac{148,10}{2 \cdot 1,2} + \frac{1,2^2}{4}} - \frac{1,2}{2} = 7,28 \text{ мм} \quad (1.14)$$

Принимаем стандартное $a=7,3$ мм.

$$b = \frac{a}{1,2} = \frac{7,3}{1,2} = 6,08 \quad (1.15)$$

Рассчитаем площадь:

$$S = a \cdot b = 7,3 \cdot 1,2 = 8,76 \text{ мм}^2 \quad (1.16)$$

Принимаем площадь $S=12,9$ мм² и размеры сторон шины, рассчитанной по термической стойкости $a=8,6$ мм², $b=1,5$ мм².

1.4. Поверочный тепловой расчет

Установившееся превышение температуры

$$T' = \frac{P_1(1 + \alpha(40 - 20))}{K_{\text{тоу}} \cdot \Pi - P \cdot \alpha}; \quad (1.17)$$

$K_{\text{то}}$ -коэффициент теплоотдачи.

α -тепловой коэффициент расширения.

$$P_1 = \frac{I_n^2 \cdot \rho_{20}}{a \cdot b \cdot 10^{-6}} = \frac{50^2 \cdot 1.81 \cdot 10^{-8}}{8,6 \cdot 1,5 \cdot 10^{-6}} = 4,98 \text{ Вт / м}; \quad (1.18)$$

$$T' = \frac{4,98(1 + 15 \cdot 10^{-4}(40 - 20))}{8,1 \cdot 20,2 \cdot 10^{-3} - 4,98 \cdot 15 \cdot 10^{-4}} = 32,86^{\circ} \text{ C}$$

Таким образом, можно сказать, что при заданных исходных данных установившееся превышение температуры получилось много допустимого, вследствие того, что шина была выбрана по термической стойкости.

Анализ работы современных автоматических выключателей показывает, что значение плотности тока равно:

$$j = \frac{I_n}{F_k} \cong 7.5 \text{ A/мм}^2 \quad (1.19)$$

1.5 Расчёт силы контактного нажатия

Электрические контакты должны обеспечивать надежную работу как в нормальном режиме так и в режиме кратковременных перегрузок, при которых ток может достигать десятикратных значений $I_k \approx 10I_n$. В таких режимах контакты не должны свариваться вследствие дугообразования при отбросах и вибрации. При выборе контактного нажатия необходимо учитывать износ контактов, достаточное нажатие контактов должно обеспечиваться при полностью выбранном провале контактов.

Для надежной работы коммутирующих контактов необходимо, чтобы температура точки касания Θ_k не превышала температуру рекристаллизации металла Θ_p , при которой начинается размягчение металла, нарушение кристаллической решетки, остаточные деформации. Этой температуре соответствует напряжение рекристаллизации $U_p = 0,09В$ при $\Theta_p = 180^0С$ для серебра.

Удельное нажатие: $F_{y\partial} = 15 \text{ Н/А}$

$$\text{Нажатие на контакт: } F_k = F_{y\partial} \cdot \frac{I_{ном}}{102} = 15 \cdot \frac{50}{102} = 9.25Н \quad (1.20)$$

Сила начального контактного нажатия:

$$F_{кн} = 0.65 \cdot F_k = 0.65 \cdot 9.25 = 6Н \quad (1.21)$$

Количество точек касания $n=1$.

1.6. Расчет переходного сопротивления контактов

Электрическое сопротивление контактов состоит из сопротивления контакт-деталей и переходного сопротивления контактов. Во время эксплуатации на поверхностях контактов образуются окисные пленки, которые создают дополнительное сопротивление. За счет контактного

нажатия на выступающих участках контакта пленка разрушается, образуется перешеек – металлический контакт. Диаметр контактной площадки измеряется микронами, она в тысячи раз меньше кажущейся поверхности соприкосновения. Таких точек может быть несколько. Электрический ток вынужден проходить только через эти площадки, происходит стягивание тока к площадке и увеличивается переходное сопротивление, которое называют сопротивлением стягивания $R_{ст}$. Оно определяется следующим образом:

$$R_{ст} = \frac{\rho}{2 \cdot a} = \frac{3.72 \cdot 10^{-8}}{2 \cdot 2.83 \cdot 10^{-4}} = 6.72 \cdot 10^{-5} \text{ (Ом)} \quad (1.22)$$

ρ - удельное электрическое сопротивление материала контакта, Ом·м
 a - радиус проводящей контактной площадки, м

Радиус площадки зависит от контактного нажатия, материала и формы контакта. При небольших нажатиях наблюдается упругая деформация материала контакта, для контакта поверхностей сфера-сфера радиус площадки определяется:

$$a = 0,86 \cdot \sqrt[3]{\frac{F_{к} \cdot r}{E}} = 0,86 \cdot \sqrt[3]{\frac{6 \cdot 1,3 \cdot 10^{-3}}{7,5 \cdot 10^{10}}} = 2.83 \cdot 10^{-4} \text{ (см)} \quad (1.23)$$

Механическое напряжение:

$$\sigma = \frac{F_{к}}{\pi \cdot a^2} = \frac{6}{3,14 \cdot (2.83 \cdot 10^{-4})^2} = 1.2 \cdot 10^7 \text{ Н / см} \quad (1.24)$$

$\sigma < \sigma_{см}$ следовательно деформация упругая значит а была найдена верно.

Радиус сферы скругления контакта:

$$r = \frac{\left(\frac{D}{2}\right)^2 + \Delta h^2}{2 \cdot \Delta h} = \frac{\left(\frac{1 \cdot 10^{-3}}{2}\right)^2 + (0.1 \cdot 10^{-3})^2}{2 \cdot 0.1 \cdot 10^{-3}} = 0.13 \text{ см} \quad (1.25)$$

$F_{к}$ - контактное нажатие, Н

E - модуль упругости материала контакта, Н/см²

Определяем переходное сопротивление:

$$R_{nx} = \frac{K_{nx} \cdot \left[1 + \frac{2}{3} \cdot \alpha (\vartheta_{\text{доп}} - 20)\right]}{F_{\kappa}^m} = \frac{0.3 \cdot 10^{-3} \left[1 + \frac{2}{3} \cdot 3.6 \cdot 10^{-3} (180 - 20)\right]}{0.058^{0.5}} = 1.78 \cdot 10^{-4} \text{ Ом} \quad (1.26)$$

$$K_{nx} = 0.3 \cdot 10^{-3};$$

$$m=0.5;$$

$$\alpha = 3.6 \cdot 10^{-3} \text{ } 1/C^0.$$

Уточняем переходное сопротивление:

$$R_{nep} = \frac{R_{nx} + R_{cm}}{2} = \frac{1.78 \cdot 10^{-4} + 6.57 \cdot 10^{-5}}{2} = 1.221 \cdot 10^{-4} \text{ Ом} \quad (1.27)$$

Падение напряжения на контакте:

$$U_{\kappa} = I_{\text{ном}} \cdot R_{nep} \quad U_{\kappa} = 50 \cdot 1.22 \cdot 10^{-4} = 7.69 \cdot 10^{-4} \text{ В} \quad (1.28)$$

Превышение температуры точки касания над температурой металла контакта:

$$\Delta \vartheta = \frac{U_{\kappa}}{8 \cdot \lambda \cdot \rho} = \frac{7.69 \cdot 10^{-4}}{8 \cdot 325 \cdot 3.72 \cdot 10^{-8}} = 6.12 \text{ } C^0 \quad (1.29)$$

Определяем температуру растекания контактов:

$$\Delta v_p = \frac{I_{\text{ном}}^2 \cdot R_{nep}}{2 \cdot \sqrt{K_{TOY} \cdot a \cdot \lambda \cdot S}} = \frac{50^2 \cdot 1.22 \cdot 10^{-4}}{2 \cdot \sqrt{8.1 \cdot 8.6 \cdot 10^{-3} \cdot 325 \cdot 12.9 \cdot 10^{-6}}} = 7.44 \text{ } C^0 \quad (1.30)$$

$$\Delta v_{np} = \frac{I_{\text{ном}}^2 \cdot \rho_v}{K_{TOY} \cdot a \cdot S} = \frac{50^2 \cdot 1.81 \cdot 10^{-8}}{8.1 \cdot 8.6 \cdot 10^{-3} \cdot 12.9 \cdot 10^{-6}} = 61.14 \text{ } C^0 \quad (1.31)$$

$$v_{\kappa} = \Delta v_{\kappa} + \Delta v_p + \Delta v_{np} + 40 = 6.12 + 7.44 + 61.14 + 40 = 114.7 \text{ } C^0 \quad (1.32)$$

Определяем ток плавления контактов (за температуру плавления контакта принимаем температуру плавления серебра так как оно начнет плавиться первым): $v_{nl} = 960 \text{ } C^0$

Рассчитываем радиус площадки касания при пластической деформации и ток плавления:

$$a = \sqrt{\frac{F_{\kappa}}{\pi \cdot HB}} = \sqrt{\frac{9.26}{3.14 \cdot 60 \cdot 10^3}} = 7 \cdot 10^{-3} \text{ м} \quad (1.33)$$

$$A=1200;$$

$$I_{nl} = A\sqrt{0.102F_k} = 1200 \cdot \sqrt{0.102 \cdot 9.26} = 1166 \text{ A} \quad (1.34)$$

1.7 Расчет дугогасительной системы

Возникновение дуги на контактах аппарата ведет к их значительному износу и сокращению срока службы аппарата; степень износа находится почти в прямой зависимости от размыкаемого тока и времени горения дуги. Поэтому одним из наиболее радикальных средств уменьшения износа контактов под влиянием дуги является сокращение времени горения дуги (повышение активности гашения дуги).

Но, с другой стороны, в ряде случаев возникающая электрическая дуга играет и положительную роль, так, при отключении постоянного тока значительная часть электромагнитной энергии, запасенной в отключаемой цепи, преобразуется в тепловую энергию дуги, которая отводится в окружающую среду. Это ведет к снижению перенапряжений, опасных для изоляции оборудования.

При переменном токе дуга является проводящим элементом цепи в течение всей полуволны тока, процесс гашения дуги по существу проходит вблизи нулевой паузы тока, когда электромагнитная энергия цепи близка к нулю. В результате вероятность появления опасных перенапряжений резко уменьшается.

В аппаратах, отключающих цепи со значительными величинами тока и напряжения, для ускорения гашения дуги применяют специальные дугогасительные устройства (камеры), сложность которых обычно увеличивается с ростом величины токов и напряжения. Без применения таких специальных дугогасительных устройств гашение дуги, возникающей на контактах, становится невозможным, а, следовательно, делается невозможным и размыкание цепи.

Дуговой процесс, возникающий между контактами коммутирующего аппарата, представляет собой очень сложное явление, зависящее от многих

факторов, и в настоящее время еще не может считаться вполне изученным. Однако многое теперь уже стало ясно настолько, что появилась возможность сознательно подходить к проектированию коммутационных аппаратов как высокого, так и низкого напряжения, а также рационально устанавливать режимы их испытания на отключающую способность.

Для контакторов предельный отключаемый ток цепей переменного тока:

$$I_{\text{прд.отк.}} = 10 \cdot I_H = 10 \cdot 50 = 500 \text{ А} \quad (1.35)$$

В любой момент времени после погасания дуги (проход тока через естественный ноль) восстанавливающая прочность межконтактного промежутка должна быть больше восстанавливающегося напряжения.

Определяем величину начальной восстанавливающейся прочности. Для контактов из металлокерамики (Ag–CdO) при токе отключения $I_{\text{отк.}} = 500 \text{ А}$, начальная восстанавливающаяся прочность $U_{\text{в.п.}}^0 = 110 \text{ В}$.

По кривым берем предельно возможную собственную частоту. По величине отключаемого тока определяем собственную частоту отключаемой цепи, которая имеет значение $f_0 = 56 \text{ кГц}$.

Скорость роста прочности определяем по величине тока отключения

$$K_{\text{п}} = 1,15 \text{ В/мкс.}$$

Определяем коэффициент амплитуды, для дугогасительных устройств со свободной дугой:

$$K_a = 1 + e^{-0,0003 \cdot f_0} = 1 + e^{-0,0003 \cdot 10000} \quad (1.36)$$

Определяем удельную величину эквивалентного сопротивления дуги:

$$R_D^0 = 0,015 + \frac{14200}{I_{\text{отк.}}^2} = 0,015 + \frac{14200}{500^2} = 0,05 \text{ Ом/см.} \quad (1.37)$$

Индуктивность отключаемой цепи:

$$L = \frac{U_H}{I_{OT} \cdot \omega} \sqrt{1 - \cos^2 \phi} = \frac{380}{500 \cdot 314} \sqrt{1 - 0,8^2} = 0,085 \text{ Гн.} \quad (1.38)$$

Определяем длину дуги на один разрыв для токов (50÷100) А

$$l_{Д}^0 = \sqrt{\delta_K^2 + \frac{40,5 \cdot I_{ОТК}^2 \cdot t^2}{\delta_K}} = \sqrt{4^2 + \frac{40,5 \cdot 500^2 \cdot 0,008^2}{4}} = 16,5 \text{ мм,} \quad (1.39)$$

где t – время гашения дуги, принимают меньше одного полупериода тока $t=0,008$ с, чтобы происходило гарантированное гашение дуги при первом переходе тока через нулевое значение.

Определяем установившуюся температуру нагрева пластин по формуле:

$$T_y = 293 + 0.018 \cdot I_{отк} \cdot \sqrt{Z} + 0.05 \cdot Z = 293 + 0.018 \cdot 500 \cdot \sqrt{20} + 0.05 \cdot 20 = 344.7 \text{ } ^\circ\text{К.} \quad (1.40)$$

где $I_{откл}$ – отключаемый ток, А

Z – число включений-отключений в час.

Определяется величина напряжения U_δ по формуле:

$$U_\delta^0 = (110 + 0.003 \cdot I_{откл}) \cdot (0.7 + 0.04 \cdot \delta_{пл}) = (110 + 0.003 \cdot 500) \cdot (0.7 + 0.04 \cdot 2) = 91,75 \text{ В} \quad (1.41)$$

где $\delta_{пл}$ – расстояние между пластинами, мм

Определяется величина напряжения:

$$U^0 = 72 + 0.72 \cdot \delta_{пл} = 72 + 0.72 \cdot 2 = 74,2 \quad (1.42)$$

где $\delta_{пл}$ – расстояние между пластинами, мм

Определяется величина K_p^0 :

$$K_p^0 = \frac{(820 + 2^2 (\sqrt{I_{откл}} - 5.7)) \cdot \sqrt{\Delta} \cdot 10^6}{2 \cdot \sqrt{I_{откл}} \cdot (40 + \sqrt{T_y - 273})} = \frac{(820 + 2^2 (\sqrt{500} - 5.7)) \cdot \sqrt{2} \cdot 10^6}{2 \cdot \sqrt{500} \cdot (40 + \sqrt{T_y - 273})} = 4,8 \quad (1.43)$$

где $\delta_{пл}$ – это расстояние между пластинами, мм

$\Delta_{пл}$ – толщина пластины

Определяется величина K_r по формуле:

$$K_r = \frac{L \cdot I_{откл}^{\frac{2}{3}} \cdot K_r^0}{1300} = \frac{8.74 \cdot 10^{-4} \cdot 500^{\frac{2}{3}} \cdot 5.1 \cdot 10^5}{1300} = 27.8 \quad (1.44)$$

где L – индукция отключаемой цепи, Гн

Определяется коэффициент K_H :

$$K_H = 0.9 \cdot K_{сх} \cdot \sqrt{1 - 0.8^2} = 0.9 \cdot 1.5 \cdot \sqrt{1 - 0.8^2} = 0.81 \quad (1.45)$$

Рассчитываем число пластин при аperiodическом процессе:

$$n \geq 0.6 + \left[\frac{\left[K_H U_H - Kr \left(1 + \left(\frac{l \cdot Kn \cdot Un}{Kr} \right) \right) \right]}{U^0 + 0.35 \cdot K_H \cdot U^0} \right]^2 =$$

$$= 0.6 + \left[\frac{\left[0.81 \cdot 380 - 27.8 \left(1 + \left(\frac{2 \cdot 0.81 \cdot 380}{30.3} \right) \right) \right]}{74.2 + 0.35 \cdot 0.81 \cdot 91.75} \right]^2 = 8,6 \quad (1.46)$$

где $k_{сх}$ – коэффициент схемы определяется схемой отключаемой цепи и отключающего аппарата. Для отключения трехфазной цепи трехполюсным аппаратом $k_{сх} = 1,5$.

β_K – коэффициент, учитывающий влияние контактного материала на скорость восстановления прочности. Дуга при $n=3$ будет гаситься.

Проверяем условие перехода колебательного процесса восстановления напряжения в аperiodический:

$$f_0 = 23000 \geq (415 \cdot \sqrt{n_a - 0.6}) / \left(I^{\frac{2}{3}}_{откл} \cdot L \right) = \frac{415 \cdot \sqrt{9 - 0.6}}{L \cdot 500^{\frac{2}{3}}} = 18150 \text{ Гц} \quad (1.47)$$

Условие выполняется. Следовательно, в рассматриваемом случае наблюдается аperiodический процесс восстановления напряжения.

2. Технологическая часть

2.1 Назначение изделия. Условия эксплуатации

Выключатель предназначен для эксплуатации в электроустановках промышленного и бытового назначения; обеспечивают проведение тока в нормальном режиме и отключение тока при коротких замыканиях и перегрузках, а также до 30 оперативных включений и отключений электрических цепей в сутки, и рассчитан для эксплуатации в электроустановках с номинальным рабочим напряжением до 220/380 В переменного тока частоты 50 Гц.

Гарантийный срок эксплуатации автомата устанавливается три года с начала ввода в эксплуатацию, но не позднее шести месяцев с момента получения потребителем.

2.2 Эксплуатационные требования

Периодические осмотры автомата должны производиться в зависимости от местных условий, но не реже одного раза в три месяца. Во избежание несчастных случаев перед осмотром автомата должно быть отсоединено от сети. Необходимо следить за затяжкой всех винтовых соединений и за отсутствием скопления пыли и грязи. Перед подготовкой к пуску в действие необходимо:

- произвести внешний осмотр автомата и убедиться в исправности всех его частей, в том, что все соединения сделаны согласно схеме соединения и все винты надежно затянуты;

Все операции по устранению неисправностей проводить только после отключения от сети.

2.3 Правила хранения и транспортировки

Транспортировать автомат следует только крытым транспортом. Ящики с аппаратами бросать и кантовать запрещается. Хранить автомат в

вентилируемых помещениях при температуре окружающего воздуха не ниже 5°C, относительной влажности воздуха не более 80%. В окружающем воздухе не должно быть газов и паров, вредно действующих на покрытие, материала. При хранении свыше трех лет необходимо переконсервировать контактную систему. Для этого следует очистить рабочие поверхности, нанести смазку К-17.

2.4 Определение вида производства

В электроаппаратостроении, в зависимости от масштаба производства и номенклатуры изготовленных аппаратов различают три вида производства: серийное, массовое, единичное. Каждому виду производства соответствует определенная форма его организации и степень оснащенности технического процесса.

Единичным называется производство, в котором изготавливаются часто сменяющиеся изделия.

Серийным называется производство, в котором несколько изделий установившейся конструкции изготавливаются партиями, которые регулярно повторяются через определенный промежуток времени. В зависимости от заданной программы, номенклатуры изготавливаемых ЭА и их трудоемкости, различают мелкосерийное производство, мало отличающееся от единичного, а крупносерийное, в свою очередь, приближается к массовому производству. Поэтому производство проектируемого реле можно отнести к серийному производству.

Массовым производством называется такое производство, при котором непрерывно изготавливается установившаяся конструкция объекта производства (аппарата).

2.5 Выбор организационной формы сборки

Различают два вида организационной формы сборки:

1. Стационарная;
2. Подвижная, поточная.

Стационарная сборка производится на определенном рабочем месте, к которому подаются все необходимые детали и у которого находятся рабочие с инструментами.

Существует два вида стационарной сборки. Первый вид - это сборка по принципу концентрации процесса, когда работа выполняется на одном рабочем месте одним рабочим или одной бригадой. Этот метод применяется при единичном и иногда мелкосерийном производстве. Второй вид - сборка по принципу частичной дифференциации, например разделение сборки узлов до окончательной сборки аппарата. Сборка узлов при этом производится несколькими отдельными рабочими или бригадами параллельно, т.е. одновременно. Такой вид сборки применяется часто при мелкосерийном производстве. Разделение узловой и общей сборки является прогрессивным мероприятием. При таком разделении возможна и целесообразна организация потока в процессе стационарной сборки.

При подвижной, поточной сборке процесс сборки дифференцируется так, чтобы отдельные операции выполнялись на отдельных рабочих местах. Детали и узлы, собираемые в другом месте, подаются к соответствующим рабочим местам. Собираемый аппарат после выполнения назначенных операций перемещается от одного рабочего места к следующей поточной линии. Подвижная, поточная сборка широко применяется в массовом крупносерийном производстве электрических аппаратов.

Исходя, из конструкции реле целесообразно применить подвижную поточную сборку.

2.6 Выбор метода сборки

Различают следующие методы сборки:

1. Метод подгонки (регулировки).
2. Метод групповой (неполной) взаимозаменяемости.
3. Метод полной взаимозаменяемости.

Сборка по принципу индивидуальной подгонки выполняется путем доделки сопрягаемых деталей непосредственно в процессе сборки. В электроаппаратостроении этот вид сборки имеет весьма ограниченное применение.

Метод групповой взаимозаменяемости дает возможность получить сборочные единицы с хорошей точностью, с использованием при этом подбора деталей, удовлетворяющих условиям их применения в сборочных единицах. Этот метод сборки применяется главным образом в мелкосерийном производстве с целью сокращения количества оснастки и тем самым снижения стоимости.

Сборка по принципу полной взаимозаменяемости выполняется путем подбора любых деталей без подгонки, подбора или других дополнительных работ с полным соблюдением при этом технических условий, предъявляемых к собираемому узлу или прибору. Этот вид сборки требует высокой точности изготовления деталей, строгого единообразия качества применяемых материалов. Данный метод сборки применяется при массовом производстве, при котором затраты на специальное оборудование окупаются изготовлением большого количества изделий. Для проектируемого автомата лучше выбрать сборку по принципу полной взаимозаменяемости.

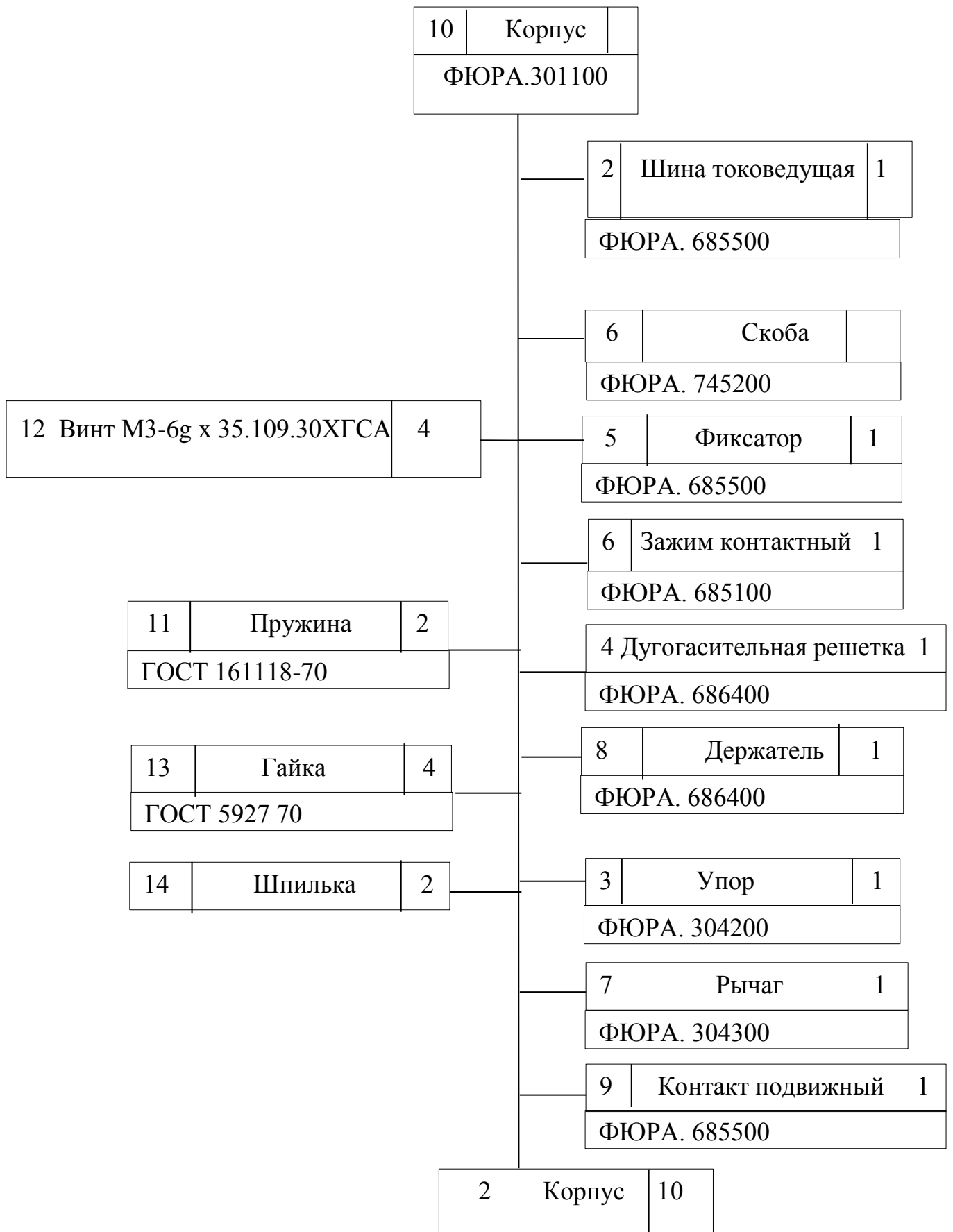


Рисунок 2.1. – Технологическая схема сборки

2.7 Выбор сборочного оборудования, оснастки и подъёмно-транспортных средств.

Для уменьшения трудоемкости разрабатываемого процесса, сокращение сроков технологической подготовки производства, сокращение общего количества документов на предприятии необходимо пользоваться технологическими инструкциями, которые разрабатываются на наиболее повторяющиеся процессы, включающие в себя общие приемы работ.

Оборудование:

Для сборки на участке необходимо иметь следующее технологическое оборудование: верстак К-2-130, контрольно-испытательный стенд Э-250-02.

Испытания расцепителей автоматических выключателей проводятся с целью проверки соответствия пределов их срабатывания данным завода изготовителя. Испытания автоматических выключателей проводятся:

- перед приемкой электроустановки в эксплуатацию;
- в процессе эксплуатации в сроки, устанавливаемые системой ППР;
- «к» — после капитальных ремонтов электрооборудования;
- «т» — после текущих ремонтов электрооборудования;
- «м» — межремонтные профилактические испытания.

Перед подготовкой к пуску в действие необходимо произвести внешний осмотр автомата и убедиться в исправности всех его частей, в том, что все соединения сделаны согласно схеме соединения и все винты надежно затянуты;

Периодические осмотры автомата должны производиться в зависимости от местных условий, но не реже одного раза в три месяца. Во избежание несчастных случаев перед осмотром автомата должно быть

отсоединено от сети. Необходимо следить за затяжкой всех винтовых соединений и за отсутствием скопления пыли и грязи.

Все операции по устранению неисправностей проводить только после отключения от сети.

2.8 Нормирование сборочных работ

Таблица 2.1 Слесарно-сборочные работы.

№ перехода	Содержание работы	№ карты и позиции	Время в мин.
1	Установить шину токоведущую на корпус	Карта 38, поз. 1	0,02
2	Установить скобу на основание	Карта 79, поз. 6	0,057
3	Установить фиксатор, затянуть винты	Карта 57, поз. 5	0,07
4	Установить догасительную решетку на основание	Карта 44, поз.4	0,014
5	Взять якорь, установить его на скобу	Карта 38, поз. 12	0,025
6	Взять держатель, установить его на корпус и закрепить винтами	Карта 38, поз. 8	0,029
7	Установить упор, совместив пазы на корпусе шпилькой	Карта 13, поз. 3	0,031
8	Взять рычаг, установить его на корпус	Карта 7, поз. 9	0,024

9	Установить контакт подвижный	Карта 61, поз. 9	0,025
10	Взять корпус 2 и совместить его с корпус 1	Карта 2, поз. 10	0,03

Итого: оперативное время 0,635 минуты.

Таблица 2.2. Контрольная операция.

№ перехода	Содержание работы	№ карты и позиции	Время в мин.
1	Внешний осмотр	Карта 74, поз. 1	0,1
2	Измерить шаблонами габаритные размеры автоматического выключателя.	Карта 25, поз. 2	0,07

Итого: оперативное время 0,17 минуты.

Таблица 2.3. Приемо-сдаточные испытания изделия.

№ перехода	Содержание работы	№ карты и позиции	Время в мин.
1	Установить и закрепить автоматический выключатель на испытательном стенде	Карта 79, поз. 1	0,057
2	Снять электрическую характеристику автоматического выключателя, измерить сопротивление изоляции токоведущих частей относительно основания и омическое сопротивление, проверить динамику срабатывания, расцепителей, сравнить все полученные значения с нормативными.		0,6
3	Снять автоматический выключатель со стенда	Карта 13, поз. 1	0,016

Итого: оперативное время 0,673 минуты.

Определение штучного времени производится по формуле:

$$T_{шт} = t_{осн} + t_{доп} + t_{обсл} + t_{отд},$$

где $t_{осн}$ – основное технологическое время;

$t_{доп}$ – вспомогательное время;

$t_{обсл}$ – время обслуживания своего рабочего места;

$t_{отд}$ – время перерыва на отдых и личные потребности рабочего.

Сумма основного технологического и дополнительного времени называется оперативным временем $t_{оп}$:

$$t_{оп} = t_{осн} + t_{доп}.$$

Если обозначить $(t_{обсл} + t_{отд}) \cdot 100 / t_{оп}$ через K , тогда:

$$T_{шт} = t_{оп} \cdot (1 + K/100),$$

где K – в процентах от оперативного времени.

Для первой операции:

$$T_{шт1} = 38 \cdot (1 + 11/100) = 38 \text{ с.} \quad (2.1)$$

Найдем штучно – калькуляционное время:

$$T_{шт-к} = T_{шт} + \frac{T_{пз}}{n} \quad (2.2)$$

где $T_{пз}$ – подготовительно-заключительное время,

n – количество изделий в партии.

$$T_{шт-к1} = 38 + 68/34 = 40 \text{ с.} \quad (2.3)$$

Для второй операции:

$$T_{шт2} = 10 \cdot (1 + 11/100) = 10 \text{ с.} \quad (2.4)$$

Найдем штучно – калькуляционное время:

$$T_{шт-к2} = 10 + 68/34 = 12 \text{ с.} \quad (2.5)$$

Для третьей операции:

$$T_{шт3} = 40 \cdot (1 + 11/100) = 40 \text{ с.} \quad (2.6)$$

Найдем штучно – калькуляционное время:

$$T_{\text{шт-к}3}=40+68/34=42 \text{ с.} \quad (2.7)$$

Согласно проведенным расчетам рабочие уложатся в план годовой программы выпуска.

Определение необходимого количества оборудования.

Эффективный годовой фонд времени работы одного вида оборудования при 40-часовой рабочей неделе с двумя выходными рассчитываем по формуле: $F_{\text{д}}=[(365 - V_{\text{д}} - П_{\text{д}}) \cdot 8 - П_{\text{пд}}] \cdot z \cdot K_{\text{р}}$,

$V_{\text{д}} = 104$ – количество выходных дней;

$П_{\text{д}} = 14$ – количество праздничных дней;

$П_{\text{пд}} = 6$ – количество предпраздничных дней;

$z = 1$ – число смен работы оборудования;

Эффективный годовой фонд времени работы верстака К-2-130 равен:

$$F_{\text{д}}=[(365 - V_{\text{д}} - П_{\text{д}}) \cdot 8 - П_{\text{пд}}] \cdot z \cdot K_{\text{р}} = [(365 - 104 - 14) \cdot 8 - 6] \cdot 1 \cdot 1 = 1970 \text{ часов.} \quad (2.8)$$

Расчетное число верстаков К-2-130 равно $C_{\text{р}} = \frac{T_{\text{шт-к}} \cdot N}{60F_{\text{д}}}$,

где $T_{\text{шт-к}}$ – сумма штучно-калькуляционного времени по всем операциям для одного верстака;

N – годовая программа выпуска изделий

$$C_{\text{р}} = \frac{T_{\text{шт-к}} \cdot N}{60F_{\text{д}}} = \frac{0,635 \cdot 5000}{60 \cdot 1970} = 0,27 \quad (2.9)$$

Принимаем число верстаков равным $C_{\text{п}}=1$ и определяем коэффициент загрузки прессы $K_3 = C_{\text{р}}/ C_{\text{п}} \cdot 100=0,39/1 \cdot 100=27 \%$.

Расчетное число контрольно-испытательных стендов Э-250-02 равно

$$C_p = \frac{T_{\text{шт-к}} \cdot N}{60F_d} = \frac{0,17 \cdot 5000}{60 \cdot 1970} = 0,07 \quad (2.10)$$

Принимаем число станков равным $C_{\text{п}}=1$ и определяем коэффициент загрузки станка $K_3 = C_p / C_{\text{п}} \cdot 100 = 0,25 / 1 \cdot 100 = 25 \%$.

В процессе рабочей смены загрузка оборудования равна 100%, в течение года загрузка верстака равна 27%, проверочного станка 7%, это позволяет увеличить годовую программу выпуска.

3. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

3.1 Оценка коммерческого потенциала

Целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является проектирование и создание конкурентоспособных разработок, технологий, отвечающих современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

Достижение цели обеспечивается решением задач:

- оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований;
- определение возможных альтернатив проведения научных исследований, отвечающих современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения;
- планирование научно-исследовательских работ;
- определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.

С учетом решения данных задач была сформирована структура и содержание данного раздела.

3.2 Планирование научно-исследовательских работ

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

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

Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа, в состав которой могут входить научные сотрудники и преподаватели, инженеры, техники и лаборанты, численность групп может варьироваться. По каждому виду запланированных работ устанавливается соответствующая должность исполнителей. Составляем перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования, проводим распределение исполнителей по видам работ. Результат представлен в таблице 3.1.

Таблица 3.1
Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ работ	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель темы
Выбор направления исследований	2	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер
	3	Описание объекта автоматизации (модернизации)	Инженер
	4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель

Теоретические и экспериментальные исследования	5	Расчет токоведущего контура автоматического выключателя	Инженер
	6	Расчёт по номинальному току в продолжительном режиме	Инженер
	7	Расчет дугогасительного устройства	Инженер
	8	Расчет переходного сопротивления контактов	Инженер
	9	Поверочный тепловой расчет	Руководитель
	10	Технологические расчеты	Инженер
Обобщение и оценка результатов	11	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель
Проведение ОКР			
Разработка технической документации и проектирование	12	Технико-экономические расчеты	Инженер
	13	Вопросы безопасности и экологичности проекта	Инженер
	14	Составление пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации)	Инженер

3.3 Определение трудоёмкости 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 используется следующая формула:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5}, \quad (3.1)$$

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 %.

$$T_{p_i} = \frac{t_{\text{ож}i}}{Ч_i}, \quad (3.2)$$

где T_{p_i} – продолжительность одной работы, раб. дн.;

$t_{\text{ож}i}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.

$Ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одинаковую работу на данном этапе, чел.

3.4 Разработка графика проведения научного исследования

При выполнении дипломных работ студенты в основном становятся участниками сравнительно небольших по объему научных тем. Поэтому наиболее удобным и наглядным является построение ленточного графика проведения научных работ в форме диаграммы Ганта[9].

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:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (3.3)$$

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:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (3.4)$$

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} необходимо округлить до целого числа.

Все рассчитанные значения сводим в таблицу (табл. 4.2).

Пример расчета (составление и утверждение технического задания):

$$t_{\text{ож}} = \frac{3 \cdot t_{\text{min}} + 2 \cdot t_{\text{max}}}{5} = \frac{3 \cdot 1 + 2 \cdot 2}{5} = 1,4 \approx 2 \text{ чел} - \text{дней}; \quad (3.5)$$

$$T_p = \frac{t_{\text{ож}}}{\text{Ч}} = \frac{2}{1} = 2 \text{ дня}; \quad (3.6)$$

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{365}{365 - 116 - 14} = 1,553; \quad (3.7)$$

$$T_k = T_p \cdot k_{\text{кал}} = 2 \cdot 1,553 = 3,106 \approx 4 \text{ дня}. \quad (3.8)$$

Таблица 3.2
Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ						Длительность работ в рабочих днях T_{pi}	Длительность работ в календарных днях T_{ki}		
	t_{min} , чел-дни		t_{max} , чел-дни		$t_{ож}$, чел-дни					
	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер
Составление и утверждение технического задания	1		2		2		2		4	
Подбор и изучение материалов по теме		5		9		7		7		11
Описание объекта разработки		3		5		4		4		7
Календарное планирование работ по теме	3		5		4		4		7	
Расчет токоведущего контура автоматического выключателя		5		10		7		7		11
Расчёт по номинальному току в продолжительном режиме		3		7		5		5		8
Расчет дугогасительного устройства		3		7		5		5		8
Расчет переходного сопротивления		2		4		3		3		5

контактов									
Поверочный тепловой расчет	3		7		5		5		8
Технологические расчеты		5		9		7		7	11
Оценка эффективности полученных результатов	2		4		3		3		5
Технико-экономические расчеты		4		7		6		6	10
Вопросы безопасности и экологичности проекта		3		5		4		4	7
Составление пояснительной записки		1		3		2		2	4

Итого длительность работ в календарных днях при использовании:

- Первого варианта – 100 календарных дней.
- Второго варианта – 96 календарных дней.
- Третьего варианта – 106 календарных дней.

На основе табл. 3.2 строим календарный план-график. График строится для максимального по длительности исполнения работ в рамках научно-исследовательского проекта с разбивкой по месяцам и декадам. При этом работы на графике выделены в зависимости от исполнителей, ответственных за ту или иную работу.

Календарный план-график построенный для максимального по длительности третьего варианта исполнения работ рамках научно-исследовательского проекта приведен в табл. 3.3.

Таблица 3.3
Календарный план-график проведения НИОКР по теме

№ работ	Вид работ	Исполнители	T _{кi} , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ													
				фев.		март			апрель			май			июнь		
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	
1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель	4	■													
2	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер	11	■	■												
3	Описание объекта разработки	Инженер	7			■											
4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель	7			■	■										
5	Расчет токоведущего контура автоматического выключателя	Инженер	11				■	■									
6	Расчёт по номинальному току в продолжительном режиме	Инженер	8					■	■								
7	Расчет дугогасительного устройства	Инженер	8						■	■							
8	Расчет переходного сопротивления контактов	Инженер	5							■	■						
9	Поверочный тепловой расчет	Руководитель	8								■	■					
10	Технологические расчеты	Инженер	11									■	■				
11	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель	5											■	■		

12	Технико-экономические расчеты	Инженер	10	
13	Вопросы безопасности и экологичности проекта	Инженер	7	
14	Составление пояснительной записки	Инженер	4	

3.5 Основные затраты на научно – техническое исследование (НТИ)

При планировании затрат НТИ должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением. В процессе формирования основного бюджета НТИ (пункт 4.6) используется 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.

3.5.1 Основная заработная плата исполнителей темы

В настоящую статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, рабочих макетных мастерских и опытных производств. 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

27,1 % от тарифа или оклада[9]. Расчет основной заработной платы сводится в табл. 3.4

Таблица 3.4

Расчет основной заработной платы

№ п/п	Наименование этапов	Исполнители по категориям	Трудо-емкость, чел.-дн.	Заработная плата, приходящаяся на один чел.-дн., тыс. руб.	Всего заработная плата по тарифу (окладам), тыс. руб.
1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель	4	2351	9404
2	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер	11	1523	16753
3	Описание объекта (разработки)	Инженер	7	1523	10661
4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель	7	2351	16457
5	Расчет токоведущего контура магнитного пускателя	Инженер	11	1523	16753
6	Расчёт переходного сопротивления контактов	Инженер	8	1523	12184
7	Расчет дугогасительного устройства	Инженер	8	1523	12184
8	Расчёт по номинальному току в продолжительном режиме	Инженер	5	1523	7615
9	Поверочный тепловой расчет	Руководитель	8	2351	18808
10	Технологические расчеты	Инженер	11	1523	16753
11	Оценка	Руководитель	5	2351	11755

	эффективности полученных результатов				
12	Технико-экономические расчеты	Инженер	10	1523	15230
13	Вопросы безопасности и экологичности проекта	Инженер	7	1523	10661
14	Составление пояснительной записки	Инженер	4	1523	6092
Итого:					181310

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НИТ, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату:

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (3.9)$$

где $Z_{осн}$ – основная заработная плата;

$Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата (12-20 % от $Z_{осн}$).

Основная заработная плата ($Z_{осн}$) руководителя (лаборанта, инженера) от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p, \quad (3.10)$$

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

T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн. (табл. 7);

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_o} = \frac{53594 \cdot 10,4}{237} = 2351 \text{ руб.}, \quad (3.11)$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

при отпуске в 24 раб. дня $M = 11,2$ месяца, 5-дневная неделя;

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. (табл. 3.5)

Таблица 3.5

Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней		
- выходные дни	52	52
- праздничные дни	14	14
Потери рабочего времени		
- отпуск	48	48
- невыходы по болезни	14	14
Действительный годовой фонд рабочего времени	237	237

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_{TC} \cdot (1 + k_{np} + k_d) \cdot k_p = 27484 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 53594 \text{ руб} \quad (3.12)$$

где Z_{TC} – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

k_{np} – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30% от Z_{TC});

k_d – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5 (в НИИ и на промышленных предприятиях – за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: 15-20 % от Z_{TC});

k_p – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Итоговый расчёт основной заработной платы приведён в табл. 3.6

Таблица 3.6

Расчёт основной заработной платы

Исполнители	Z_{TC} , руб.	k_{np}	k_d	k_p	Z_m , руб.	$Z_{дн}$, руб.	T_r , раб. дн.	$Z_{осн}$, руб.
Руководитель	27484	0,3	0,2	1,3	53594	2351	24	56424
Инженер	17808	0,3	0,2	1,3	34725	1523	92	140116
Итого $Z_{осн}$								196540

3.5.2 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Затраты по дополнительной заработной плате 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:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн} = 0,13 \cdot 56424 = 7335 \text{ руб} \quad (3.13)$$

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

3.5.3 Отчисления во внебюджетные фонды

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников[9].

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{внеб} = k_{внеб} \cdot (Z_{осн} + Z_{доп}) = 0,271 \cdot (56424 + 7335) = 48679 \text{ руб} \quad (3.14)$$

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

На 2017 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%.

3.5.4 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергия, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

$$\begin{aligned} Z_{\text{накл}} &= (\text{сумма статей } 1 \div 7) \cdot k_{\text{нр}} = (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}} + Z_{\text{внеб}}) \cdot 0,16 = \\ &= (196540 + 25550 + 60186) = 45164 \end{aligned} \quad (3.15)$$

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

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

3.6 Бюджет НТИ

Таблица 3.7

Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.
1. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	196540
2. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	7335
3. Отчисления во внебюджетные фонды	48679
4. Накладные расходы	45164
5. Бюджет затрат НТИ	312568

3.7 Определение ресурсоэффективности проекта

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более) вариантов исполнения научного исследования. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{фин}^{исп.i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}}, \quad (3.16)$$

где $I_{фин}^{исп.i}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в размах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в размах (значение меньше единицы, но больше нуля).

Таблица 3.8

Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии / Объект исследования	Весовой коэффициент параметра	Показатель исполнения
Повышение производительности труда пользователя	0,05	3
Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,1	4
Надежность	0,05	4
Безопасность	0,1	3
Простота эксплуатации	0,1	5
Конкурентоспособность продукта	0,1	5

Уровень проникновения на рынок	0,2	5
Финансирование научной разработки	0,1	5
Наличие сертификации разработки	0,2	5
ИТОГО	1	

$$I_p = 0,05 \cdot 3 + 0,1 \cdot 4 + 0,05 \cdot 4 + 0,1 \cdot 3 + 0,1 \cdot 5 + 0,1 \cdot 5 + 0,2 \cdot 5 + 0,1 \cdot 5 + 0,2 \cdot 5 = 4,55. \quad (3.17)$$

Показатель ресурсоэффективности проекта имеет достаточно высокое значение, что говорит об эффективности использования технического проекта[9].

Вывод по разделу. Таким образом, в данном разделе выпускной работы был посчитан показатель ресурсоэффективности, основная и дополнительная заработная плата рабочих и руководителя, а так же был посчитан бюджет НИИ.

4. Социальная ответственность

В данном разделе дипломной работы рассматривается безопасность и экологичность аппаратного цеха.

Для обеспечения безопасных условий эксплуатации электроустановок промышленных предприятий, а также отдельных электрических машин и аппаратов, законодательство РФ предусматривает обязательное выполнение ряда технических и организационных мероприятий. Эти мероприятия регламентируются «Правилами устройства электроустановок», «Правилами технической эксплуатации электроустановок потребителей и правилами техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей», а также специальными правилами безопасности и технической эксплуатации, которые дополняют общие требования и составляют применительно к специфическим условиям конкретной отрасли промышленности.

4.1 Анализ опасных и вредных факторов

Возможные опасные факторы:

- захват и повреждение вращающимися частями механизма, при проведении пусконаладочных работ и регламентных осмотрах;
- поражение электрическим током;
- механические шумы и возникновение отраженного электрического поля, возникающие при настройке и работе оборудования;
- отклонение параметров микроклимата;
- недостаточная освещенность.

ГОСТ 12.1.038–82 ССБТ распространяется на электротехнические изделия и устанавливает требования безопасности, предотвращающие или уменьшающие до допустимого уровня воздействие на человека следующих факторов, связанных с такими изделиями: электрического тока; электрической искры и дуги; движущихся частей изделия; частей изделия, нагреваемых до высоких температур; опасных и вредных материалов; используемых в конструкции изделия, а также опасных и вредных веществ, выделяющихся при его эксплуатации; шума и ультразвука; вибрации; электромагнитных полей, теплового, оптического и рентгеновского излучения.

Данный стандарт устанавливает также требования, снижающие вероятность возникновения пожара от: электрической искры и дуги; частей изделия, нагреваемых до высоких температур, в том числе от воздействия электромагнитных полей; применения пожароопасных материалов, используемых в изделии, выделяющих опасные и вредные вещества при эксплуатации и хранении.

4.2 Техника безопасности

Аппаратный цех относится к классу повышенной опасности по поражению электрическим током от 380 В до 0,4 кВ, напряжение освещения 220 В, напряжение ручных ламп не более 12 В. Общее требование по электробезопасности выполнять в соответствии с ГОСТ 12.1.019 – 79 и ПУЭ.

Для обеспечения электробезопасности предусматривается:

- заземление, зануление токоведущих частей оборудования по ГОСТ 12.1.030 – 81 и ПУЭ, сопротивление заземления не более 4 Ом;
- ограждение и изоляция оборудования и токопроводов по ГОСТ 12.1.030 – 81 и ПУЭ;
- недоступность проводки;
- автоматическое отключение и блокировка при аварии;
- малое напряжение в особоопасных местах.

К общей системе заземления подключают все металлические части оборудования, не находящиеся под напряжением, но которые могут оказаться под током вследствие замыкания под корпус.

К защитным средствам относятся приборы, аппараты, устройства и инструмент, предназначенные для защиты персонала от поражения электрическим током. Защитные средства, используемые для монтажа, наладки и обслуживания силовых щитов:

- а) указатель напряжения;
- б) инструмент с изолирующими ручками;
- в) перчатки резиновые диэлектрические;
- г) галоши резиновые диэлектрические;
- д) коврик резиновый диэлектрический.

Защитное заземление и зануление применяют для защиты от поражения электрическим током и обеспечения условий отключения при повреждении изоляции электроустановок.

Организационные мероприятия для обеспечения безопасности работ – это выполнение работ в электроустановках по наряду, распоряжению, в порядке текущей эксплуатации, проводится ежегодное обучение персонала, медосмотры, также проверка знаний по ТБ и регулярная (раз в год) сдача экзаменов на группу допуска.

4.3 Производственная санитария

Условия труда определяются, с одной стороны трудовым процессом, а с другой - санитарно-гигиенической обстановкой, в которой выполняется трудовой процесс (СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200–03).

Санитарно-гигиеническая обстановка, определяющая условия труда, характеризуется метеорологическими параметрами, действием вредных и ядовитых веществ, наличием шумов, вибраций, излучений и т.д.

Стены и потолки необходимо сооружать из малотеплопроводных материалов, не задерживающих осаждение пыли. Полы должны быть теплыми, эластичными, ровными и нескользкими.

Важную роль для здоровья человека играет состояние окружающей среды, метеорологические условия или микроклимат на производстве.

4.4 Анализ освещённости рабочего места

Работа инженера-разработчика имеет третий разряд точности, т.е. при выполнении работ происходит большая нагрузка на органы зрения человека. Освещенность рабочего места должна быть согласно СП 52.13330.2011 300 лк (разряд зрительной работы IV а, минимальный размер предметов различения 0.5 – 1 мм). Обеспечить это требование естественным освещением практически невозможно, поэтому должно применяться комбинированное освещение.

Правильно спроектированное и выполненное освещение обеспечивает высокий уровень работоспособности, оказывает положительное

психологическое действие на человека и способствует повышению производительности труда.

Контроль естественного и искусственного освещения в производственных помещениях следует проводить один раз в год.

Дано помещение с размерами:

длина $A = 10$ м,

ширина $B = 6$ м,

высота $H = 5$ м,

высота рабочей поверхности $h_p = 0,8$ м.

Требуется создать освещенность $E = 300$ Лк. [СНиП 23-05-95]

Коэффициент отражения стен $R_c = 30\%$, потолка $R_n = 50\%$.

Коэффициент запаса $k = 1,5$,

Коэффициент неравномерности $Z = 1,1$.

Рассчитываем систему общего люминесцентного освещения.

Выбираем светильники типа ОД, $\lambda = 1,4$.

Приняв $h_c = 1$ м, получаем

$$h = H - h_c - h_p = 5 - 1 - 0,8 = 3,2 \text{ м}; \quad (4.1)$$

$$L = \lambda \cdot h = 1,4 \cdot 3,2 = 4,5 \text{ м}; \quad (4.2)$$

Размещаем светильники в четыре ряда. В каждом ряду можно установить 3 светильника типа ОД мощностью 80 Вт (с длиной 1,23 м), при этом разрывы между светильниками в ряду составят 20 см. Изображаем в масштабе план помещения и размещения на нем светильников (рисунок 5.1). Учитывая, что в каждом светильнике установлено две лампы, общее число ламп в помещении $n = 24$.

Находим индекс помещения

$$i = \frac{S}{h \cdot (A + B)} = \frac{60}{3,8 \cdot (10 + 6)} = 0,9; \quad (4.3)$$

Коэффициент использования светового потока $\eta = 0,44$.

$$\Phi = \frac{E_H \cdot S \cdot K_3 \cdot Z}{n \cdot \eta} = \frac{300 \cdot 60 \cdot 1.5 \cdot 1.1}{24 \cdot 0.44} = 2812 \text{ Лм}; \quad (4.4)$$

Определяем потребный световой поток ламп в каждом из рядов:

Выбираем стандартную лампу – ЛБ 40 Вт с потоком 3200 Лм. Делаем проверку выполнения условия

$$-10\% \leq \frac{\Phi_{\text{л.станд}} - \Phi_{\text{л.расч}}}{\Phi_{\text{л.станд}}} \cdot 100\% \leq +20\% \quad (4.5)$$

Получаем:

$$-10\% \leq 12\% \leq +20\%$$

Определяем электрическую мощность осветительной установки

$$P = 40 \cdot 24 = 960 \text{ Вт}; \quad (4.6)$$

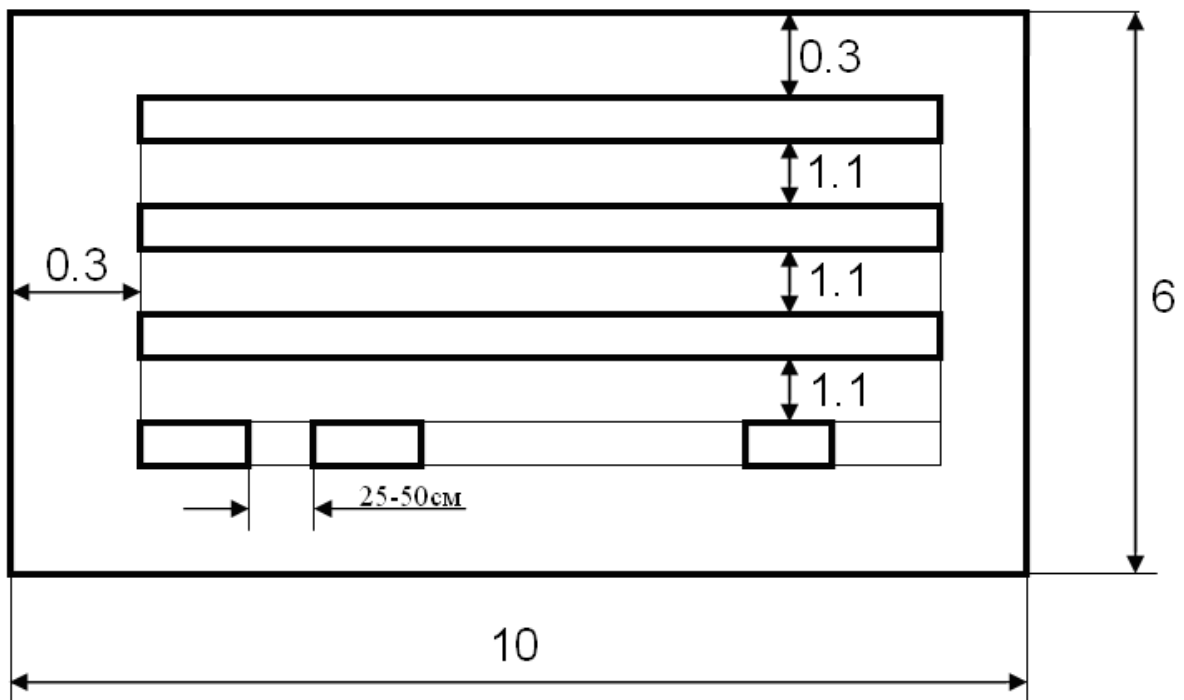


Рисунок 5.1 - План помещения и размещения светильников с люминесцентными лампами

4.5 Анализ микроклимата

Под микроклиматом производственной среды согласно ГОСТ 12.1.005-88 понимают сочетание температуры, относительной влажности воздуха и интенсивности теплового излучения. Перечисленные параметры оказывают огромное влияние на функциональную деятельность человека, его самочувствие, здоровье, надежность работы.

Работы делятся на три категории тяжести на основе общих энергозатрат организма. Работа, относящаяся к инженерам – разработчикам, относится к категории работ средней тяжести, Пб (связанная с ходьбой, перемещением и переносом тяжестей до 10 кг.). Допустимые значения микроклимата для этого случая даны в таблице 4.1.

Таблица 4.1 - Требования к микроклимату

Период года	Категория работы	Температура, °С		Относительная влажность, %		Скорость движения воздуха, м/с	
		допуст	оптим	допуст	оптим	допуст	оптим
Холодный	Средней тяжести Пб	15-22	17-19	15-75	40 – 60	0,2-0,4	0,4
Теплый	Средней тяжести Пб	16-27	19-21	15-75	40 – 60	0,2-0,5	0,5

Помещение, его размеры (площадь, объем) должны в первую очередь соответствовать количеству рабочих и размещенному в нем оборудованию.

Для обеспечения нормальных условий труда нормы СП 52.13330.2011 устанавливают, что на одного человека должно приходиться 4.5 м² площади помещения и 20 м³ объема воздуха.

Так как в большинстве производственных и исследовательских помещениях установлены кондиционеры, соблюдение температурных норм является несложной задачей.

4.6 Анализ производственного шума

В производственном цехе шум возникает при использовании оборудования, находящегося в цехе и при воздействии внешних факторов.

Шум неблагоприятно воздействует на организм человека, вызывает психические и физиологические нарушения, снижение слуха, работоспособности, создают предпосылки для общих и профессиональных заболеваний и производственного травматизма, а также происходит ослабление памяти, внимания, нарушение артериального давления и ритма сердца.

Уровни шума не должны превышать установленных значений и проводится не реже двух раз в год.

По СН 2.2.4/2.1.8.562–96 нормируются параметры шума и составляют для цеха 80 дБА.

Меры по борьбе с шумами (СП 51.13330.2011):

- правильная организация труда и отдыха;
- снижение и ослабление шума;
- применение звукопоглощающих преград;
- применение глушителей шума;
- применение средств индивидуальной защиты от шума.

4.7 Пожарная безопасность

Аппаратный цех относится к III степени огнестойкости здания ГОСТ 12.1.044-89.

Основными причинами пожаров являются[11]:

- возгорание пожароопасных веществ;
- возгорание промасленной ветоши;
- замыкание электропроводки;

В зависимости от вероятных причин возникновения пожара по ГОСТ 12.1.004 – 91 предусматривается:

- ящики с песком;
- порошковые огнетушители;
- углекислотные огнетушители;
- пенные огнетушители;
- пожарная изоляция.

Возникновение пожара при работе с электронной аппаратурой может быть по причинам как электрического, так и неэлектрического характера.

Причины возникновения пожара неэлектрического характера[10]:

- а) халатное неосторожное обращение с огнем (курение, оставленные без присмотра нагревательные приборы, использование открытого огня);
- б) самовоспламенение и самовозгорание веществ.

Причины возникновения пожара электрического характера: короткое замыкание, перегрузки по току, искрение и электрические дуги, статическое электричество и т. п.

Для устранения причин возникновения пожаров по ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ в помещении лаборатории должны проводиться следующие мероприятия[11]:

- а) сотрудники лаборатории должны пройти противопожарный инструктаж;
- б) сотрудники обязаны знать расположение средств пожаротушения и уметь ими пользоваться;
- в) необходимо обеспечить правильный тепловой и электрический режим работы оборудования;
- г) пожарный инвентарь и первичные средства пожаротушения должны содержаться в исправном состоянии и находиться на видном и легко доступном месте.

Таким образом, при локальном возгорании сотрудники должны уметь применять первичные средства пожаротушения, а в случае обширного возгорания – должны покинуть помещение и вызвать пожарную охрану[11].

4.8 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Всё используемое оборудование должно исправно работать. Ограждения и защитные устройства должны быть своевременно установлены на место и обеспечивать заявленную безопасность. На неисправном оборудовании или при неисправности защитных средств проводить исследования запрещается

ГОСТ Р 12.1.019-2009 ССБТ «Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты».

ГОСТ 12.4.011-88. «Инструктаж по технике безопасности».

ГОСТ 22615-77. Система «человек-машина». Выключатели и переключатели типа «Тумблер». Общие эргономические требования.

4.9 Охрана окружающей среды

В последние годы во всем мире все с большей силой поднимается вопрос об охране окружающей среды. Увеличение содержания углекислого газа в атмосфере, истощение озонового слоя и прочие загрязнения природы приводят к тому, что в природе изменяется привычный для данного периода ход вещей. Для примера – увеличивается средняя годовая температура окружающей среды, что приводит к глобальным изменениям климата, а в последствии и ландшафта поверхности Земли.

Научно-технический прогресс - основа концепции ускорения социально-экономического развития общества. Неизбежным следствием научно-технического прогресса является не только улучшение качества жизни человека, защищённость его от многих природных факторов, но и резко возрастающие антропогенные нагрузки на объекты окружающей среды и, в первую очередь, на её наиболее уязвимый компонент-биосферу[10].

Вывод по разделу.

В разделе «Социальная ответственность» дипломной работы были рассмотрены вопросы производственной безопасности, безопасности при ЧС, а так же организационные вопросы обеспечения безопасности.

Был проведён анализ вредных факторов при проектировании и пуско-наладочных работах, которые возникают в аппаратном цехе; посчитаны параметры освещённости; рассмотрены вопросы производственной санитарии и условий труда. Так же был проведён обзор климатических условий работы.

В целом условия труда в помещении соответствуют общим нормам и требованиям.

Заключение

В данной выпускной работе был спроектирован автоматический выключатель для защиты асинхронного электродвигателя. Были проведены расчеты токоведущего контура: рассчитаны сечения проводников, удовлетворяющие условиям допустимого нагрева, а так же расчёт на термическую стойкость.

В качестве прототипа был выбран выключатель OptiDin VM 63(аналог ВА61-31), российского производства, исходя из того, что он очень прост в изготовлении, т.к. корпус состоит из отдельных пластин, в обслуживании и оптимальных соотношений габаритов и массы. Выключатель такого типа предназначен для эксплуатации в электроустановках промышленного назначения; обеспечивает проведение тока в нормальном режиме и отключение тока при коротких замыканиях и перегрузках. Для аппарата выбраны материалы, которые обычно применяют в аппаратах данного типа.

В спецчасти данного дипломного проекта я привел обзор дугогасительных камер различного исполнения и выбрал дугогасительную камеру с пилообразными пластинами.

В технологической части моей работы был описан технологический процесс сборки автоматического выключателя.

В экономической части был проведён анализ затрат на производство автоматического выключателя.

В заключении я рассмотрел вопросы, связанные с нормами техники безопасности, санитарии и охраны окружающей среды.

Список используемых источников

1. Сахаров П.В. Проектирование электрических аппаратов (Общие вопросы проектирования). Учебное пособие для студентов технических вузов, М. – «Энергия», 1971.
2. Копылов Ю.В. Расчет токоведущего контура. Методические указания. Томск, изд. ТПИ, 1986.
3. Электротехническое материаловедение: учебное пособие / А.Н. Дудкин, В.С. Ким; Томский политехнический университет. – 2-е изд. – Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2009. – 199 с.
4. Намитоков К.К. и др. Аппараты для защиты полупроводниковых устройств М.: Энергоатомиздат, 1988. 280 с.: ил.
5. Таев И.С. Электрические аппараты управления: Учебник для вузов по спец. «Электрические аппараты» Изд. 2-е перераб. и доп. М., «Высшая школа» 1984.
6. Егоров Е.Г. Испытания и исследования низковольтных коммутационных электрических аппаратов: Учебник для вузов.-Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та, 2000.-448с.: ил.
7. Курсовое проектирование по технологии производства электрических машин и аппаратов: учебное пособие / А.Д. Чесалин, П.Р. Баранов; Национальный исследовательский Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 148 с.
8. Общемашиностроительные нормативы времени на слесарную обработку деталей и слесарно-сборочные работы по сборке машин и приборов в условиях массового, крупносерийного и среднесерийного типов производства.– М.: Машиностроение, 1991.
9. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие / И.Г. Видяев, Г.Н. Серикова, Н.А. Гаврикова, Н.В. Шаповалова, Л.Р. Тухватулина З.В. Криницына; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 36

10. Белов С.В. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды: учебник для вузов. – М.: Изд-во Юрайт, 2013. – 671с.
11. Безопасность жизнедеятельности: учебник для высших учебных заведений Министерства образования и науки РФ /В. Н. Азаров, А. И. Ажгиревич, В. А. Грачёв и др.; под общ. ред. В. В. Гутенёва. – М. – Волгоград: ПринТерра, 2009. – 512с.

Приложения