

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

Институт - Энергетический _____
Направление подготовки -13.03.02 Электроэнергетика и электротехника
Кафедра - Электропривода и электрооборудования _____

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Электрооборудование и электропривод лифта высотного здания

УДК 621.31.031.001.24:69.059

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Г2Б	Колесник Алексей Геннадьевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель каф. ЭПЭО	Воронина Н.А.	к.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. МЕН	Трофимова М. Н.	Доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. ЭБЖ	Дашковский А. Г.	Доцент		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
	Дементьев Ю. Н.	к. т. н., Ph. D.		

Томск – 2016 г.

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

Институт Энергетический
 Направление подготовки - 13.03. 02 Электроэнергетика и электротехника
 Кафедра Электропривода и электрооборудования

УТВЕРЖДАЮ:
 Зав. кафедрой

 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

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

Студенту:

Группа	ФИО
5Г2Б	Колесник Алексей Геннадьевич

Тема работы:

Электрооборудование и электропривод лифта высотного здания	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

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><i>Объектом исследования является электропривод лифта высотного здания. В качестве исходных данных представлены:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - грузоподъемность; - число этажей; - скорость подъема; - вес кабины
<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,</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> - постановка задачи исследования; - исследование электропривода лифта; - детальное рассмотрение лифта по системе ПЧ-АД с к.з ротором - обсуждение результатов выполненной работы; - разработка раздела «Финансовый менеджмент.»;

проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).	- разработка раздела «Социальная ответственность»; - заключение.
--	---

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)	
--	--

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы
(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	Трофимова Маргарита Николаевна
«Социальная ответственность»	Дашковский Анатолий Григорьевич

Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель каф. ЭПЭО	Воронина Н.А.	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Г2Б	Колесник А.Г.		

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

Студенту:

Группа	ФИО
5Г2Б	Колесник Алексей Геннадьевич

Институт	Энергетический	Кафедра	ЭПЭО
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	Электрооборудование и электрохозяйство

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Стоимость материальных ресурсов определялась по средней стоимости по г. Томску Оклады в соответствии с окладами сотрудников НИ ТПУ
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	30 % премии 20 % надбавки 16% накладные расходы 13% районный коэффициент
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	27,1 отчисления на социальные нужды

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	Анализ конкурентных технических решений. Оценки перспективности проекта по технологии QuaD.
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	Формирование плана и графика разработки : -определение структуры работ; - определение трудоемкости работ; - разработка графика Ганта. Формирование бюджета затрат на научное исследование: - материальные затраты; -заработная плата (основная и дополнительная);

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. <i>Оценка конкурентоспособности технических решений</i>
2. <i>Оценочная карта QuaD</i>
3. <i>График Ганта</i>
4. <i>График проведения и бюджет НИ</i>
5. <i>Определение ресурсоэффективности проекта</i>

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Трофимова М.Н.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Г2Б	Колесник Алексей Геннадьевич		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа 5Г2Б	ФИО Колесник Алексей Геннадьевич
----------------	-------------------------------------

Институт	Энергетический	Кафедра	ЭПЭО
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	Электрооборудование и электрохозяйство

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	<p><i>1. Описание рабочего места на предмет: анализ вредных и опасных факторов, воздействие на окружающую среду, возможные ЧС и места их возникновения, организация работы отдела охраны труда.</i></p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	<p><i>1. Анализ вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – Опасность поражения электрическим током; – Опасность нанесения механической травмы; – Шум и вибрация; – Возникновение возгораний и пожаров. – Микроклимат <p><i>2. Анализ опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – Электробезопасность; – Составление правил работы с исследуемым оборудованием для предотвращения травматизма; – Защита от случайного прикосновения; – Зануление.. <p><i>3. Защита в чрезвычайных ситуациях:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – Наиболее вероятными ЧС при исследовании и проверке электропривода лифта являются КЗ и пожар на рабочем месте. <p><i>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – Перечень законодательных и нормативных документов в порядке их цитирования по пунктам раздела.
Перечень расч-го и граф-го материала:	<p><i>Расчет защитного заземления</i></p>

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Дашковский А.Г.	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Г2Б	Колесник Алексей Геннадьевич		

Реферат

Выпускная квалификационная работа 82 с., 21 рис., 22 табл., 16 источников.

Ключевые слова: нагрузочная диаграмма, выбор электродвигателя, аппаратура управления и защиты, выбор оборудования, проверка оборудования, надежность электропривода социальная ответственность.

Объектом исследования является электропривод лифта.

Цель работы: Разработка регулируемого электропривода лифта по системе преобразователь частоты - асинхронный двигатель с к.з ротором.

В процессе исследования произведен выбор метода расчета на основе исходных данных, поэтапный расчет и выбор силового оборудования и его проверка при различных режимах работы.

В результате исследования была разработана функциональная схема системы электропривода, представлена ее экономическая целесообразность и безопасность для окружающей среды.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: исследуемый электропривод состоит из преобразователя частоты, магнитного пускателя, промежуточного реле; напряжение питающей сети 380В.

Область применения: легкая промышленность с нормальной средой в производственных помещениях.

Оглавление

Введение.....	9
1. Расчет и выбор силового оборудования регулируемого электропривода	11
1.1 Расчет мощности двигателя и предварительный его выбор	11
1.2 Электрооборудование	18
Выбор преобразовательного устройства для системы регулируемого электропривода.....	18
1.3 Выбор аппаратуры управления и защиты.....	20
1.4 Расчет и выбор типа и сечения кабеля.....	21
1.5 Определение расхода электроэнергии за цикл работы, среднецикловых значений КПД и коэффициента мощности электропривода.....	23
1.6 Оценка надёжности электропривода.....	23
2. Расчет статических и динамических характеристик для разомкнутых систем регулируемого электропривода.....	26
2.1 Расчет естественных и искусственных (регулируемых) характеристик $\omega=f(I)$, $\omega=f(M)$ системы регулируемого электропривода для заданного диапазона регулирования скорости	26
2.2 Расчет электромеханических переходных характеристик $\omega=f(t)$ и $M=f(t)$ при пуске, набросе и сбросе нагрузки при мгновенных изменении задания.....	30
3. Разработка функциональной схемы системы регулируемого электропривод	37
3.1 Составление силовой схемы регулируемого электропривода	37
3.2 Составление схемы управления регулируемого электропривода	38
4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	39
4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	39
4.2 Технология QuaD	41
4.3 SWOT-анализ.....	42
4.4 Определение возможных альтернатив проведения научных исследований Ошибка! Закладка не определена.	
4.5 Планирование научно-исследовательских работ	50
Структура работ в рамках научного исследования.....	50
4.6 Определение трудоемкости выполнения работ.....	53
4.7 Разработка графика проведения научного исследования.....	53
Окончание таблицы 15	56
4.8 Бюджет научно-технического исследования (НТИ).....	56
4.9 Основная заработная плата исполнителей темы	57
4.10 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....	59
4.11 Накладные расходы.....	60
4.12 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта	60
4.13 Определение ресурсоэффективности проекта.....	61

5.Социальная ответственность.....	64
5.1 Производственная безопасность.....	64
5.2 Опасность поражения электрическим током.....	65
5.3 Опасность нанесения механической травмы.....	67
5.4 Опасность, обусловленная шумами и вибрацией машин.....	67
5.5 Опасность возникновения возгораний и пожаров	70
5.6 Метеорологические условия. Микроклимат	72
5.7 Электробезопасность	73
5.8 Защита от случайного прикосновения.....	74
5.9 Защитные устройства по электробезопасности. Расчет	75
защитного заземления.....	75
5.10 Мероприятия по технике безопасности при эксплуатации лифта.....	79
5.11 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	80
Список литературы:	81

Введение

Современное общество и индустрия не стоит на месте, а постоянно совершенствуется, что приводит к созданию новых экономических систем электроэнергетики в промышленных предприятиях, а также техническими процессами и автоматизированной системой управления.

Под автоматизированным электроприводом понимают электромеханическую систему, которая состоит из передаточного, преобразовательного, электродвигательного устройства, которые служат для того, чтобы привести исполнительные механизмы в движение, а также управлять им.

Трудно себе представить, какое либо современное производство, в каждой области техники, где действующим механизмом не является автоматизированный электропривод. Главным элементом электропривода, который преобразует электрическую энергию в механическую, является электродвигатель. Двигателем чаще всего управляют с помощью некоторых управляющих и преобразовательных устройств. Главная задача, с помощью автоматизированного электропривода, обеспечить оптимальный режим работы машины, чтобы достигнуть наибольшей производительности.

Выделяют три основных элемента автоматизированного электропривода:

- Механическая часть привода, которая служит для включения рабочего механизма, а также устройство, которое передает механическую энергию к рабочему органу машины, а также для усиления вращающего момента;

- Электродвигательное устройство служит для того, чтобы преобразовывать механическую энергию в электрическую и наоборот;

- Система управления, которая состоит из разных преобразователей, датчиков обратной связи. С их помощью номинальные значения электродвигателя можно преобразовать в пропорциональные данные, а они следовательно и подаются в управляющее устройство.

В современном электроприводе много различных двигателей, которые каждые имеют свою индивидуальную конструкционную особенность. Поэтому специалисты разных сфер электроэнергетики, должны уметь решать задачи, какой электропривод будет уместен в данном случае.

1. Расчет и выбор силового оборудования регулируемого электропривода

1.1 Расчет мощности двигателя и предварительный его выбор

Лифт—механизм вертикального транспорта, предназначенный для транспортировки пассажиров и грузов в жилых и производственных помещениях и зданиях.

По назначению делятся на: **1.**грузовые с проводником и без проводника,**2.**грузо-пассажирские, **3.**Пассажирские и **4.** специального назначения.

По рабочей скорости: быстроходные (≤ 1 м/с), тихоходные ($\leq 0,5$ м/с), скоростные ($\leq 2,5$ м/с), высокоскоростные ($> 2,5$ м/с).

Основное оборудование лифта: кабина, подъемная лебёдка, канаты, противовес, направляющие, ограничитель скорости, упоры, двигатель, электромеханическое тормозное устройство, аппаратура управления.

Всё оборудование лифта располагается в шахте и в помещениях выше или ниже неё. Имеется несколько основных вариантов размещения оборудования, которые определяются особенностями здания и требованием предъявляемым к лифтам.

Различают лифты с нижним и верхним расположением ЭП. **При верхнем расположении ЭП** лифтовая установка имеет более высокий КПД, меньший износ канатов, меньшая нагрузка на строительную конструкцию здания, меньшая первоначальная стоимость. **При нижнем расположении ЭП.** 1.Упрощение обслуживания и ремонта оборудования;2.лучшее выполнение звукоизоляции. [2]

На рисунке 1 показана кинематическая схема механизма подъема пассажирского лифта.

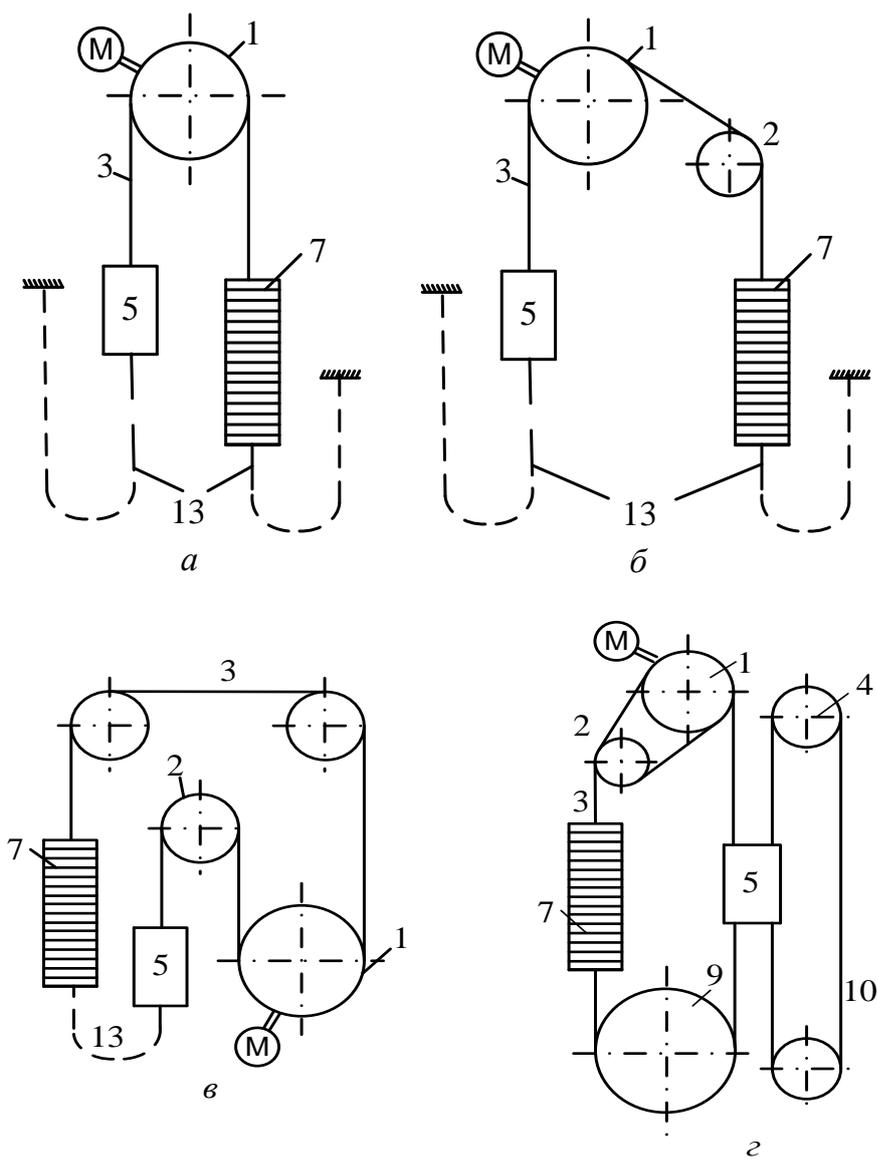


Рисунок 1– Кинематическая схема лифта

Кинематические схемы

$H \leq 75m$

- 1. канатоведущий шкив
- 2. отводной блок
- 3. канат
- 4. центробежный регулятор
- 5. кабина лифта

- 7. противовес
- 9. направляющие шкивы
- 10. трос
- 13. компенсирующие цепи

Для уравнивания веса канатов используют компенсирующие цепи 13.

При больших размерах кабины 5 и её противовесах возникают трудности размещения кабины и его противовеса в шахте. В этом случае устанавливают отводной блок 2, который уменьшает угол обхвата на канатоведущем шкиве 1 и соответственно передаваемое усилие. Для увеличения силы трения между шкивом и канатами применяют Кинематическую схему с двойным обхватом канатов на шкиве.

$$a_{дон} = 1 м / с^2$$

Если скорость кабины превышает допустимую, то в этом случае центробежный регулятор 4 зажимает трос 10, связанный с ловителем.

Ловители это устройства, которые срабатывают при обрыве канатов и при превышении скорости движения кабины. Они состоят из двух захватывающих клещей, которые при нормальной скорости движения скользят вдоль направляющей кабины.

В лифтовой установке подразделяют три основные части, где находится ЭО: машинное отделение, шахта и кабина.

Машинное отделение служит для размещения основного оборудования. Чаще всего оно находится вверху.

Там установлен: приводной двигатель с ЭМТ, подъемная лебедка, редуктор, шкаф управления и органы управления при наладке.

Лебёдки по конструкции могут быть редукторными и безредукторными. У редукторных лебёдок канатоведущий шкив прикрепляют к тихоходному валу редуктора. Они применяются на отечественных пассажирских лифтах со скоростями не более 1,6 м/с. Скоростные лифты имеют безредукторные лебедки. Канатоведущий трос крепится непосредственно к валу двигателя.

Шахта служит для размещения направляющих, по которым движутся кабина и противовес, этажная аппаратура и аппаратура обеспечения безопасности. С наружной стороны шахты размещаются аппаратура «вызова» и шахтные двери по всей высоте.

Кабина служит для размещения пассажиров (груза), аппаратуры управления и сигнализации. Электроснабжение и связь с ЭО вне кабины по гибкому подвесному кабелю. На кабине устанавливают: привод дверей, ловители скользящего типа, датчики замедления и точной остановки. [2,3]

$$\text{Допустимое ускорение } a_{\text{дон}} = 1 \text{ м/с}^2$$

Найдем время разгона до рабочей скорости:

$$t_p = V_p / a_{\text{дон}} = 1 / 1 = 1 \text{ с}$$

Путь, который будет пройден за время t_p :

$$L_p = a_{\text{дон}} \cdot t_p^2 / 2 = 1 \cdot 1^2 / 2 = 0,5 \text{ м}$$

Путь, пройденный лифтом между двумя соседними этажами, найдем как:

$$L = H / N = 54 / 9 = 6 \text{ м}$$

Возьмем $L = 6 \text{ м}$.

Ищем путь, пройденный лифтом между двумя соседними этажами когда скорость установилась:

$$L_{\text{раб}} = L - L_0 = 6 - 0,5 = 5,5 \text{ м}$$

Время работы когда установилась рабочая скорость:

$$t_{\text{уст}} = L_{\text{раб}} / V_{\text{раб}} = 5,5 / 1 = 5,5 \text{ с}$$

Время паузы равно $t_{\text{ост}} = 6 \text{ с}$.

Время цикла ищем как:

$$T_{\text{ц}} = t_p + t_{\text{уст}} + t_m + t_{\text{ост}} = 1 + 5,5 + 1 + 6 = 13,5 \text{ с}$$

Находим расчётную продолжительность включения:

$$PB_p = (t_p + t_{уст} + t_m) / T_u = (1 + 5,5 + 1) / 13,5 = 0,556$$

Из данной формулы следует, что режим работы лифта повторно-кратковременный. Значит номинальный режим S3.

Нагрузка лифта является потенциальной.

Для различных режимов работы лифта, статические моменты мы находим по общей формуле:

$$M_{c1\ np} = (G_k + K_1 \cdot G_2 - G_{np}) \cdot 10^3 \cdot R / (\eta \cdot i), \text{ где}$$

R – радиус барабана;

η – КПД червячного редуктора;

$$G_{кб} = 220 \cdot 9,55 = 2101 \text{ – вес кабины, Н.}$$

$$G_{зр} = 500 \cdot 9,55 = 4775 \text{ – вес груза, Н.}$$

Вес противовеса принимаем равным:

$$G_{np} = 400 \cdot 9,55 = 3820 \text{ – вес противовеса, Н.}$$

1. Подъём кабины с грузом:

$$M_{c1\ np} = (G_k + K_1 \cdot G_2 - G_{np}) \cdot 10^3 \cdot R / (\eta_{np} \cdot i) = (2101 + 0,85 \cdot 4775 - 3820) \cdot 0,4 / (20 \cdot 0,6) = 78 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

2. Подъём кабины без груза:

$$M_{c2\ np} = (-G_k + G_{np}) \cdot 10^3 \cdot R / (\eta_{обр} \cdot i) = (-2101 + 3820) \cdot 0,4 / (20 \cdot 0,55) = 62,5 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

3. Спуск кабины с грузом:

$$M_{c3\ np} = (G_k + K_1 \cdot G_2 - G_{np}) \cdot 10^3 \cdot R / (\eta_{обр} \cdot i) = (2101 + 0,85 \cdot 4775 - 3820) \cdot 0,4 / (20 \cdot 0,55) = 84,5 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

4. Спуск кабины без груза:

$$M_{c4\ np} = (-G_k + G_{np}) \cdot 10^3 \cdot R / (\eta_{np} \cdot i) = (-2101 + 3820) \cdot 0,4 / (20 \cdot 0,6) = 57,3 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Из данных расчётов[1] видно, что самый большой момент имеет $M_{c3\ np}$.

Из этого следует, что самый тяжёлый режим является спуск кабины с груза.

Построим нагрузочную диаграмму (рисунок2).

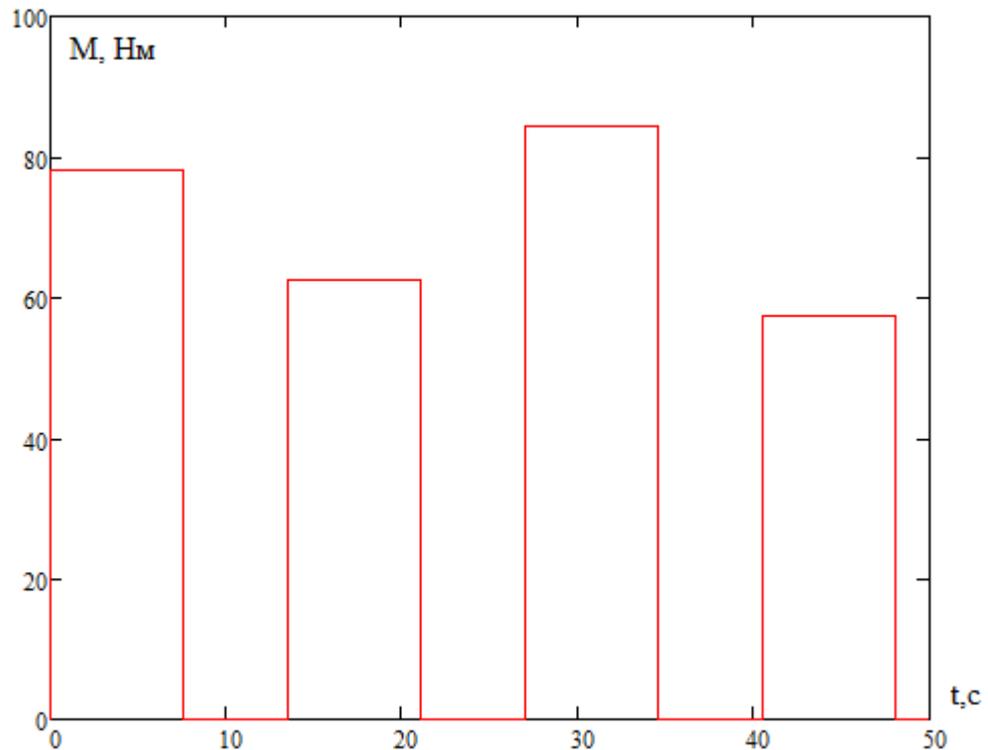


Рисунок 2 – Статическая нагрузочная диаграмма

Определим эквивалентное значение момента за цикл:

$$M_{\text{э}} = \sqrt{\frac{M_{C1np}^2 \cdot t_1 + M_{C2np}^2 \cdot t_2 + M_{C3np}^2 \cdot t_3 + M_{C4np}^2 \cdot t_4}{4 \cdot T_{\text{ц}}}} =$$

$$= \sqrt{\frac{78^2 \cdot 7,5 + 62,5^2 \cdot 7,5 + 84,5^2 \cdot 7,5 + 57,3^2 \cdot 7,5}{13,5 \cdot 4}} = 53,3 \text{ Нм}$$

Определим мощность расчетную электродвигателя при скорости вращения $\omega_{\text{дв}} = 104,7 \text{ c}^{-1}$ учетом ПВ:

$$P_{\text{расч}} = \omega_{\text{дв}} \cdot M_{\text{э}} \sqrt{\frac{\text{ПВ}}{\text{ПВ}_{\text{см}}}} = 104,7 \cdot 53,3 \cdot \sqrt{\frac{0,556}{0,6}} = 5,4 \text{ Вт}$$

Выбираем двигатель из условия:

$$P_{\text{расч}} < P_{\text{дв}}$$

Выбираем двигатель [3] типа А132М6 с данными в таблице 1.

Таблица 1 – Технические характеристики электродвигателя А132М6

Параметр	Значение
Мощность, кВт	7,5
Номинальное напряжение, В	380
Скольжение, %	4
Кратность пускового момента	2,8
Кратность максимального момента	2,7
Момент инерции, кг·м ²	0,038
Номинальная скорость вращения, об/мин	960
Номинальный ток, А	17,5
Пусковой ток, А	113,8
Коэффициент полезного действия	0,845
cosφ	0,77

1.2 Электрооборудование

Выбор преобразовательного устройства для системы регулируемого электропривода

Произведем выбор преобразователя по напряжению, мощности и току.

Исходя из полученных данных, выберем преобразователь ESQ 9000-0744, с параметрами, которые представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Параметры ESQ 9000-0744

Мощность преобразователя, <u>кВА</u>	7,5
Мощность электродвигателя, кВт	7,5
Выходной номинальный ток, А	20
Потребляемая мощность, <u>кВА</u>	9,2
Допустимое время потери питающего напряжения	2

Принципиальная схема преобразователя приведена на рис.3.

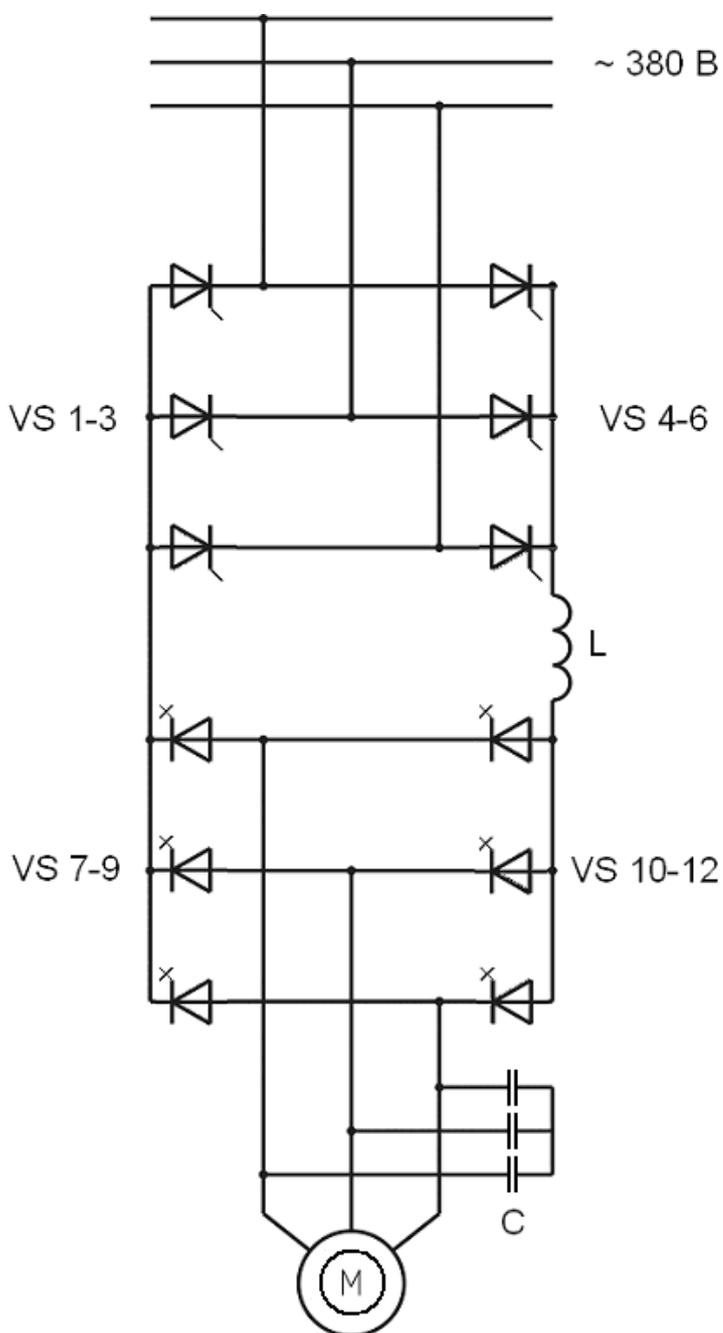


Рисунок –3 Принципиальная схема силовой части преобразователя частоты

Этот преобразователь частоты двухзвенный с промежуточным контуром тока. Первое звено преобразователя частоты – управляемый выпрямитель на тиристорах, промежуточный контур постоянного тока – реактор. Второе звено

– автономный инвертор тока (АИТ), выполняется на запираемых тиристорах GTO. АИТ содержит конденсаторы, которые являются источником реактивной энергии для нагрузки ПЧ. [4,5,6]

Основные достоинства ПЧ с АИТ:

- возможность рекуперации энергии в сеть;
- выходное напряжение изменяется по закону, близкому к синусоидальному;
- безаварийность режима короткого замыкания на выходе.

1.3 Выбор аппаратуры управления и защиты

Выбор коммутационной аппаратуры представляет собой:

- 1) выбор пускателя;
- 2) выбор промежуточных реле.

Пускатель должен обладать:

- 1) Напряжение питания катушки $U_{пит.}=210 - 250$ В, 50Гц.
- 2) Наличие 1-го нормально замкнутого контакта.
- 3) Номинальный ток контактов больше номинального тока двигателя.

Из данных условий берем пускатель типа ПМЛ- 2110. [7] Технические характеристики данного пускателя приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Характеристики пускателя ПМЛ – 2110.

Тип	Номинальный ток контактов	Номинальное напряжение	Класс защиты	Напряжение катушки	Наличие доп. контакта
ПМЛ-2110	А	<u>кВ</u>		В	
	25	До 0,6	IP54	~220	1 нормально замкнутый

Выбираем промежуточные реле типа РЕП-20с, с увеличенным числом коммутаций. [7] Характеристики реле приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Характеристики реле РЕП-20с

Тип	Время срабатывания	Номинальное напряжение	Номинальный ток	Напряжение катушки
РЕП-20с	с	В	А	В
	не более 0.06	До 220	До 1	= 110

1.4 Расчет и выбор типа и сечения кабеля

Так как примерная работа лифта равна 7-ми часам в сутки, то в год лифт работает примерно 3000 часов, кабель выберем по нагреву.

В инструкции по подключению ПЧ следует выбирать экранированный кабель. В качестве экрана может служить металлорукав, который обязательно нужно заземлить.

Выбирая площадь сечения по нагреву длительным током сводится к сравнению силы расчетного тока I_p с допустимым табличным значением $I_{доп}$ для провода или кабеля принятых марок и условий их прокладки.

Когда выбирается сечение кабеля, должно выполняться следующее условие:

$$I_p \leq I_{доп},$$

где I_p – расчетный ток, который равняется максимальному току двигателя $I_p = 17,5 \text{ А}$;

$I_{доп}$ – допустимый ток для данного сечения жилы

Выбрали кабель с сечением жилы, равным 2 мм^2 . Дальше выбираем подходящий тип кабеля.

Выбрали кабель типа ВВГ-1 3Х2,5 $I_{доп} = 23 \text{ А}$, $U_n = 0,4 \text{ кВ}$, длина кабеля $l = 7 \text{ м}$. [1]

1.5 Определение расхода электроэнергии за цикл работы, среднецикловых значений КПД и коэффициента мощности электропривода

Определим мощность потребляемую двигателем из сети:

$$P_1 = P_2 / \eta = 7,5 / 0,845 = 8,876 \text{ кВт}$$

Находим электроэнергию, потребляемую двигателем из сети за 1 час работы:

$$W_1 = P_1 \cdot T = 8,876 \cdot 1 = 8,876 \text{ кВт} \cdot \text{ч} [2]$$

1.6 Оценка надёжности электропривода

Расчет будет производиться на основании коэффициентов, полученных на основании анализа статистических данных выхода из строя различных узлов, входящих в системы электроприводов. На рисунке 4 представлено разделение элементов на блоки.

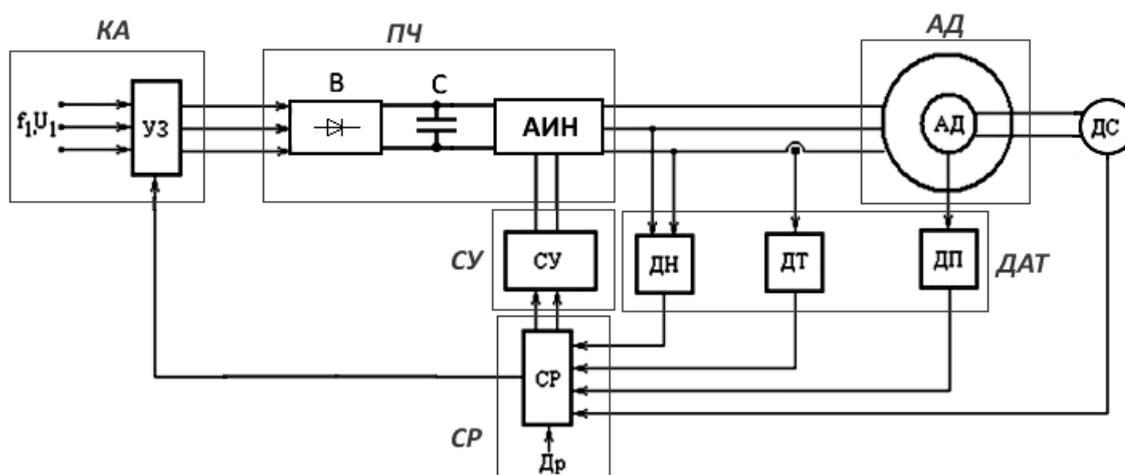


Рисунок 4 – Функциональная схема управления с обозначениями узлов

Расчет эффективности отдельных узлов

Узел КА (рисунок 5)

Так как элементы соединены последовательно, эквивалентный элемент будет равен произведению всех в него состоящих. [1]

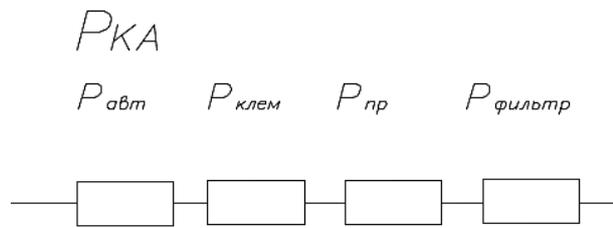


Рисунок 5 – Узел коммутационной аппаратуры

где $P_{ка}$ – вероятность безотказной работы коммутационной аппаратуры;

$P_{авт} = 0,998$ – автоматический выключатель;

$P_{клем} = 0,992$ – клеммы;

$P_{пр} = 0,999$ – проводники;

$P_{фильтр} = 0,993$ – фильтр.

Отсюда:

$$P_{ка} = P_{клем} \cdot P_{пр} \cdot P_{фильтр} \cdot P_{авт} = 0,992 \cdot 0,999 \cdot 0,993 \cdot 0,998 = 0,982.$$

Преобразователь частоты (рисунок 6)

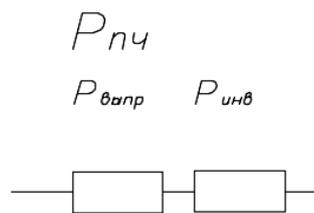


Рисунок 6 – Узел ПЧ

$P_{выпр} = 0,985$ – выпрямитель;

$P_{инв} = 0,982$ – инвертор.

$$P_{пч} = P_{выпр} \cdot P_{инв} = 0,985 \cdot 0,982 = 0,967$$

Система управления

$P_{су} = 0,984$;

Асинхронный двигатель

$P_{ад} = 0,982$;

Датчики

$P_{дат} = 0,992$;

В результате рассчитывается полная вероятность безотказной работы системы: [4,6]

$$P = P_{\kappa a} \cdot P_{n\psi} \cdot P_{cy} \cdot P_{a\delta} \cdot P_{\delta am} = 0,982 \cdot 0,967 \cdot 0,984 \cdot 0,982 \cdot 0,992 = 0,9$$

2. Расчет статических и динамических характеристик для разомкнутых систем регулируемого электропривода

2.1 Расчет естественных и искусственных (регулирующих) характеристик $\omega=f(I)$, $\omega=f(M)$ системы регулируемого электропривода для заданного диапазона регулирования скорости

Исходя из схемы замещения АД (рисунок 7), выражения для построения механических и скоростных характеристик будут следующие

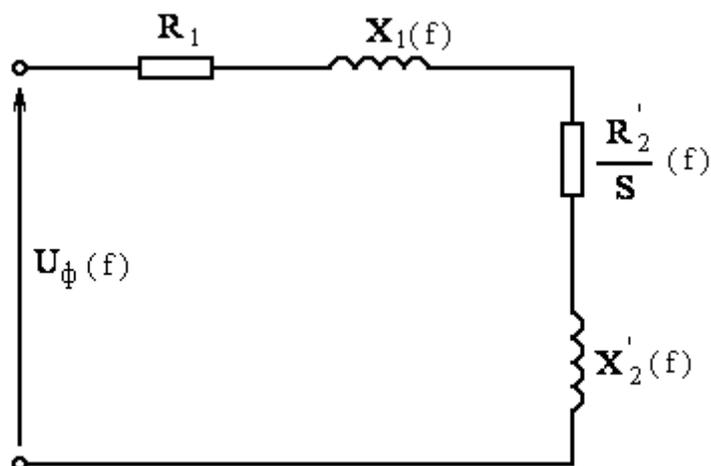


Рисунок 7 – Схема замещения АД с короткозамкнутым ротором.

R_1 - активное сопротивление статора АД;

R'_2 - активное приведенное сопротивление ротора АД;

x_1 - индуктивное сопротивление статора АД;

x'_2 '- индуктивное сопротивление ротора АД, приведенное к статорной обмотке;

U_ϕ - фазное напряжение питания АД.

Возьмем следующие формулы для определения недостающих параметров схемы замещения: [1,2]

Номинальное скольжение:

$$S_n = 0,04;$$

Критическое скольжение:

$$S_k = S_n \cdot \left(\lambda_M + \sqrt{\lambda_M^2 - 1} \right) = 0,04 \cdot (2,7 + \sqrt{2,7^2 - 1}) = 0,208;$$

Индуктивное фазное сопротивление короткого замыкания:

$$x_{\kappa} = \sqrt{\frac{R_2'^2}{S_{\kappa}^2} - R_1'^2} = \sqrt{\frac{0,507^2}{0,208^2} - 0,507^2} = 4,19 \text{ (Ом)};$$

Скоростные характеристики получаем, опираясь на выражение для тока I_2' . После того, как произведем расчеты скоростной характеристики полученные данные приведем в табл.б.

$$I_2' = \frac{U_{\phi}(f)}{\sqrt{\left[\left(R_1 + \frac{R_2'}{S(f)} \right)^2 + (x_{\kappa} \cdot f^*)^2 \right]}}$$

где $S(f)$ – это скольжение при заданной частоте, которая находится по следующей формуле:

$$S(f) = \frac{\omega_0 \cdot f^* - \omega}{\omega_0 \cdot f^*},$$

где $f^* = \frac{f_i}{f};$

ω_{0n} - номинальная скорость вращения;

f - заданная частота питающего напряжения;

f_i - изменяющаяся частота;

После того, как подставим получим данное выражение скоростной характеристики:

$$I_2' = \frac{U_{\phi}(f)}{\sqrt{\left[\left(R_1 + \frac{R_2' \cdot \omega_{0n} \cdot f^*}{\omega_{0n} \cdot f^* - \omega} \right)^2 + (x_{\kappa} \cdot f^*)^2 \right]}}$$

$\omega_{0n} = 105 \text{ (рад/с)};$

Подставляя разные значения частоты питающего напряжения $10 \leq f \leq 50$ и скорости от 0 до $\omega_0(f)$ получим значения момента для скоростных характеристик при различных частотах (таблица б).

Таблица 6 – Значения момента для скоростных характеристик при различных частотах

50 Гц	ω	0	15	30	45	60	75	85	95	104
	I_2'	51,05	50,78	50,44	49,83	48,68	46,12	41,86	30,66	4,09
40 Гц	ω	0	10	20	30	40	50	60	70	80
	I_2'	56,14	55,87	55,43	54,77	53,71	51,96	48,54	40,33	16,91
30 Гц	ω	0	10	20	30	40	45	50	55	60
	I_2'	62,88	62,04	60,71	58,45	54,13	50,22	43,84	33,07	14,91
20 Гц	ω	0	5	10	15	20	25	30	35	40
	I_2'	71,02	69,74	68,05	65,66	62,33	57,28	49,16	35,46	12,33
10 Гц	ω	0	4	8	10	12	14	16	18	20
	I_2'	74,77	69,82	62,73	58,02	52,18	44,86	35,54	23,78	8,81

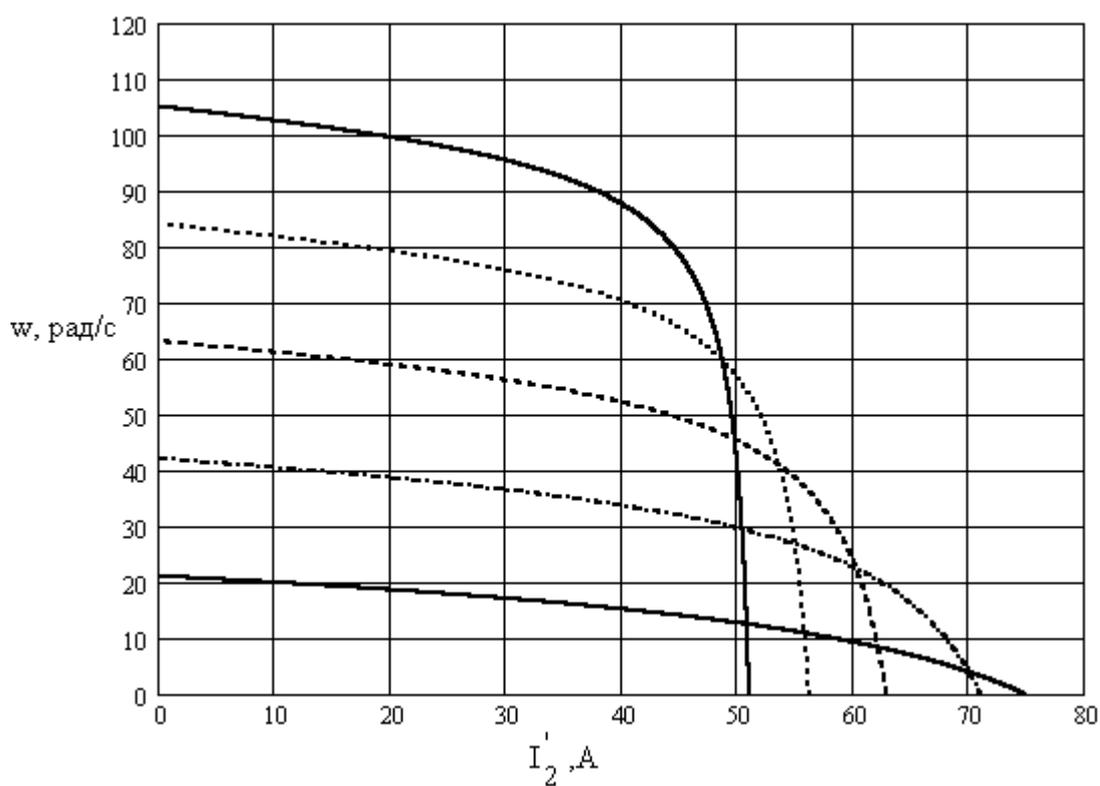


Рисунок 8– Скоростные характеристики

Выражения для момента АД, после того как в него поставим значения параметров частоты питающего напряжения, будет иметь следующий вид:

$$M = \frac{3 \cdot U_{\phi}^2(f) \cdot \frac{R_2'}{S(f)}}{\omega_0(f) \cdot \left[\left(R_1 + \frac{R_2'}{S(f)} \right)^2 + x_k^2(f) \right]}$$

Окончательный вид выражения для построения механической характеристики следующий:

$$M = \frac{3 \cdot (U_{\phi,ном} \cdot \sqrt{f^*})^2 \cdot \frac{R_2' \cdot \omega_{0н} \cdot f^*}{\omega_{0н} \cdot f^* - \omega}}{\omega_{0н} \cdot f^* \cdot \left[\left(R_1 + \frac{R_2' \cdot \omega_{0н} \cdot f^*}{\omega_{0н} \cdot f^* - \omega} \right)^2 + (x_k \cdot f^*)^2 \right]}$$

Подставляя разные значения частоты питающего напряжения $10 \leq f \leq 50$ и скорости от 0 до $\omega_0(f)$ в формулу, получим значения момента для механических характеристик при различных частотах (таблица 7).

Таблица 7 – Значения момента для механических характеристик при различных частотах

50 Гц	ω	0	15	30	45	60	75	85	95	104
	М	37,75	43,57	51,58	62,95	80,15	107,84	133,39	142,82	25,35
40 Гц	ω	0	10	20	30	40	50	60	70	80
	М	57,18	64,15	72,99	84,47	99,82	120,88	149,27	176,54	108,56
30 Гц	ω	0	10	20	30	40	45	50	55	60
	М	95,43	110,38	130,33	157,56	193,74	212,94	224,95	207,84	112,64
20 Гц	ω	0	5	10	15	20	25	30	35	40
	М	182,73	199,94	219,97	243,03	268,55	293,35	306,17	273,09	115,75
10 Гц	ω	0	4	8	10	12	14	16	18	20
	М	405,17	435,97	460,28	465,15	459,76	436,85	384,71	286,13	117,69

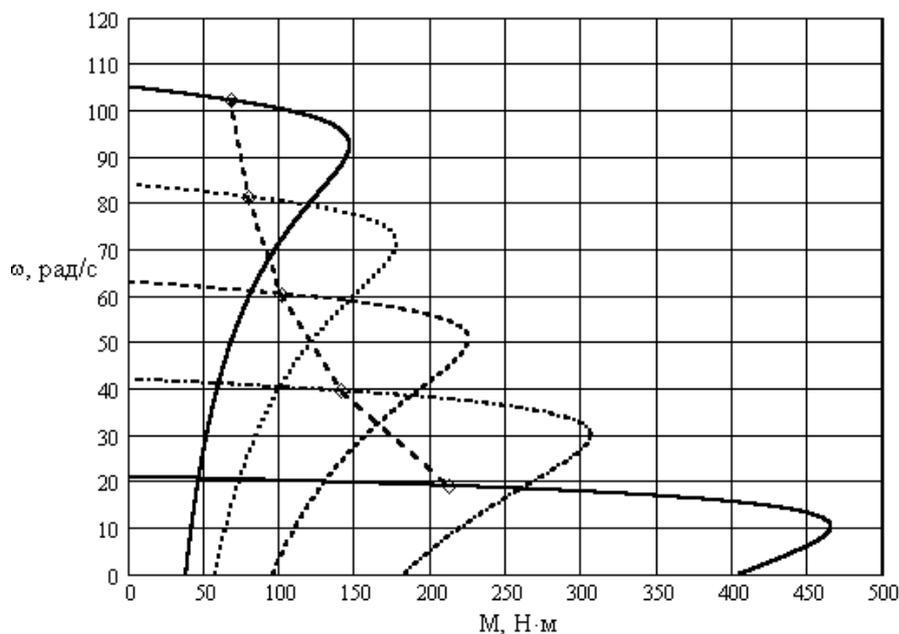


Рисунок 9 – Механические характеристики и статический момент

$$M_c(f) = 0,45 M_{кр}(f)$$

2.2 Расчет электромеханических переходных характеристик $\omega=f(t)$ и $M=f(t)$ при пуске, набросе и сбросе нагрузки при мгновенных изменениях задания

Структурная схема замкнутой системы электропривода скоростного лифта строим опираясь на структурные схемы разомкнутой системы. Чтобы её получить, надо охватить структурную схему разомкнутой системы жёсткой отрицательной связью по скорости электродвигателя.

Чтобы было проще, структурную схему мы приведем к линейному виду. Преобразовав эту схему она будет иметь вид, показанный на рисунке 10.

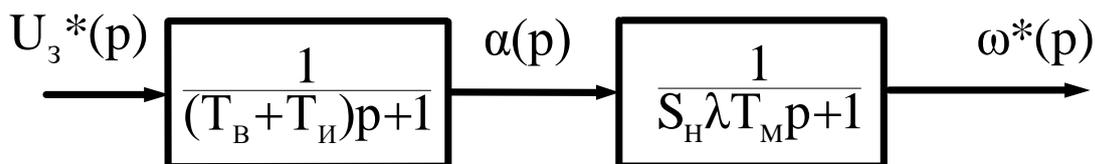


Рисунок 10 – Преобразованная структурная схемы разомкнутой системы электропривода

Если регулируемая величина скорость, то используется регулятор скорости. Структурная схема замкнутой системы представлена на рисунке 11.

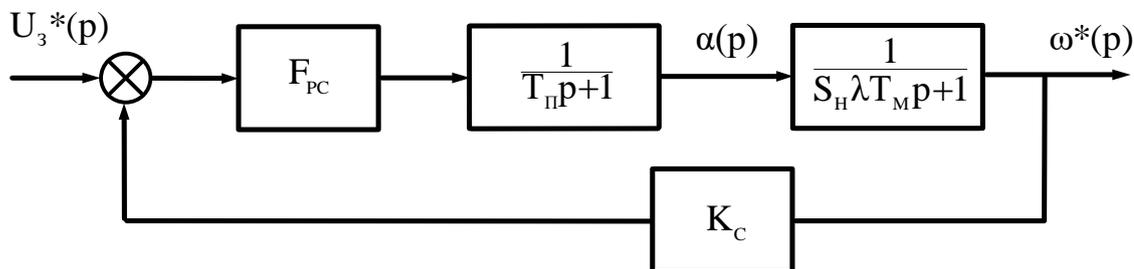


Рисунок 11 – Структурная схема замкнутой системы электропривода

Чтобы получить оптимальные переходные процессы, нужно чтобы передаточная функция реального контура была равна передаточной функции оптимального эквивалентного контура. Структурная схема оптимальной системы показана на рисунке 12.

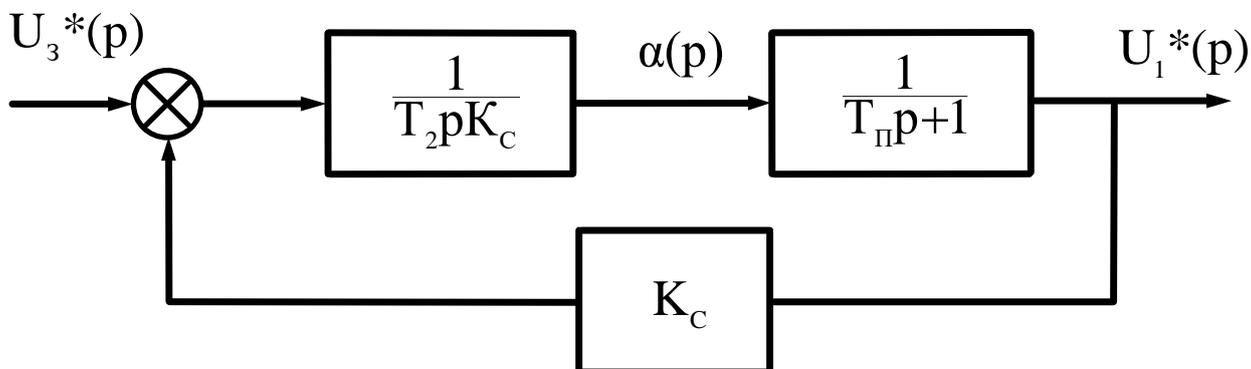


Рисунок 12 – Структурная схема оптимальной системы

Передаточная функция реального контура найдем исходя из формулы:

$$F_1 = F_P \cdot \frac{1}{T_{\text{П}} p + 1} \cdot \frac{1}{S_H \lambda T_M p + 1} \cdot K_C,$$

где

K_C - коэффициент обратной связи по скорости ЭД;

F_p - передаточная функция регулятора скорости.

Оптимальный контур передаточной функции будет следующий:

$$F_2 = K_c \cdot \frac{1}{T_{II}p+1} \cdot \frac{1}{T_2p} \cdot \frac{1}{K_c}$$

Приравняв их и выразив F_p , получим передаточную функцию РС:

$$F_p = \frac{1 + \lambda S_H T_M p}{T_2 p K_c}$$

Тут минимальная постоянная времени, которая не подлежит компенсации это T_{II} . Чтобы получить оптимальные переходные процессы, должно соблюдаться равенство:

$$T_2 = 2T_{II}$$

Передаточная функция РС определится как:

$$F_p = \frac{1 + \lambda S_H T_M p}{2T_{II} p K_c}$$

Из этого следует, что РС является интегро-пропорциональным звеном. Функциональная схема системы управления показана на рисунке 13.

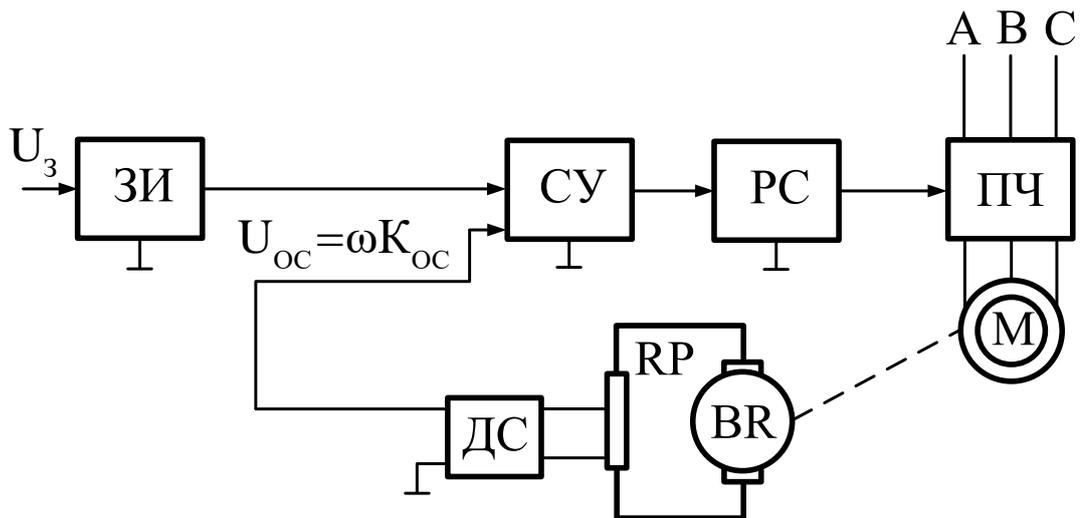


Рисунок 13 – Функциональная схема электропривода с системой управления: ЗИ – задатчик интенсивности; СУ – суммирующее устройство; РС – регулятор скорости; ДС – датчик скорости; BR – тахогенератор.

Получим структурную схему замкнутой системы ПЧ-АД, приведенную на рисунке 14.

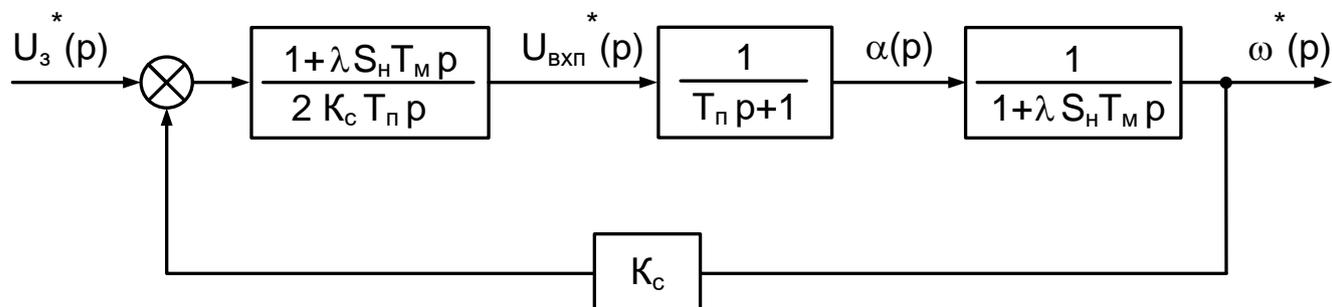


Рисунок 14 – Структурная схема замкнутой системы ПЧ-АД

Чтобы получить сигнал обратной связи по параметрам процессов ротора АД обуславливает применение дорогостоящего специализированного комплекта измерительной аппаратуры. Исходя из этого, измерение скорости реализуется за счёт векторного управления, где в качестве РС используется микропроцессорный контроллер, входящий в блок управления.[2]

Чтобы построить переходные процессы при пуске и торможении нужно воспользоваться системой уравнений:

$$\frac{dU_{\text{вхп}}^*}{dt} = [U_3^*(t) - K_c \omega^*(t)] \cdot \frac{1}{2K_c T_n} + \left(\frac{dU_3^*}{dt} - \frac{d\omega^*}{dt} \right) \cdot \frac{\lambda S_H T_M}{2K_c T_n}$$

$$\frac{d\alpha}{dt} = \frac{U_{\text{вхп}}^*(t) - \alpha(t)}{T_n}$$

$$\frac{d\omega^*}{dt} = \frac{\alpha(t) - \omega^*(t) - M_c^*}{\lambda \cdot T_M}$$

Графики переходных процессов изображены на рисунке 14 и рисунке 15.

Как видно из графиков при пуске скорость достигает заданного значения за время равное 0,3с, при этом частота питающего напряжения достигает значения 50 Гц.

При торможении (рис.15) параметры без колебания выходят в изначальное состояние.

Качество любого переходного процесса характеризуется следующими показателями:

1. Установившимся статическим отклонением $\Delta\omega_C$:

$$\Delta\omega_C = \omega_0 - \omega_C$$

$$\Delta\omega_{C\text{плыв}} = 105,01 - 98,68 = 6,32 \text{ рад/с}$$

2. Максимальным перерегулированием по моменту γ_m :

$$\gamma_m = \frac{M_{\max} - M_{уст}}{M_{уст}} \cdot 100\%$$

где M_{\max} - максимальные значения момента на кривых переходных процессов.

$$\gamma_{m1} = \frac{280,8 - 103,68}{103,68} \cdot 100\% = 170\%$$

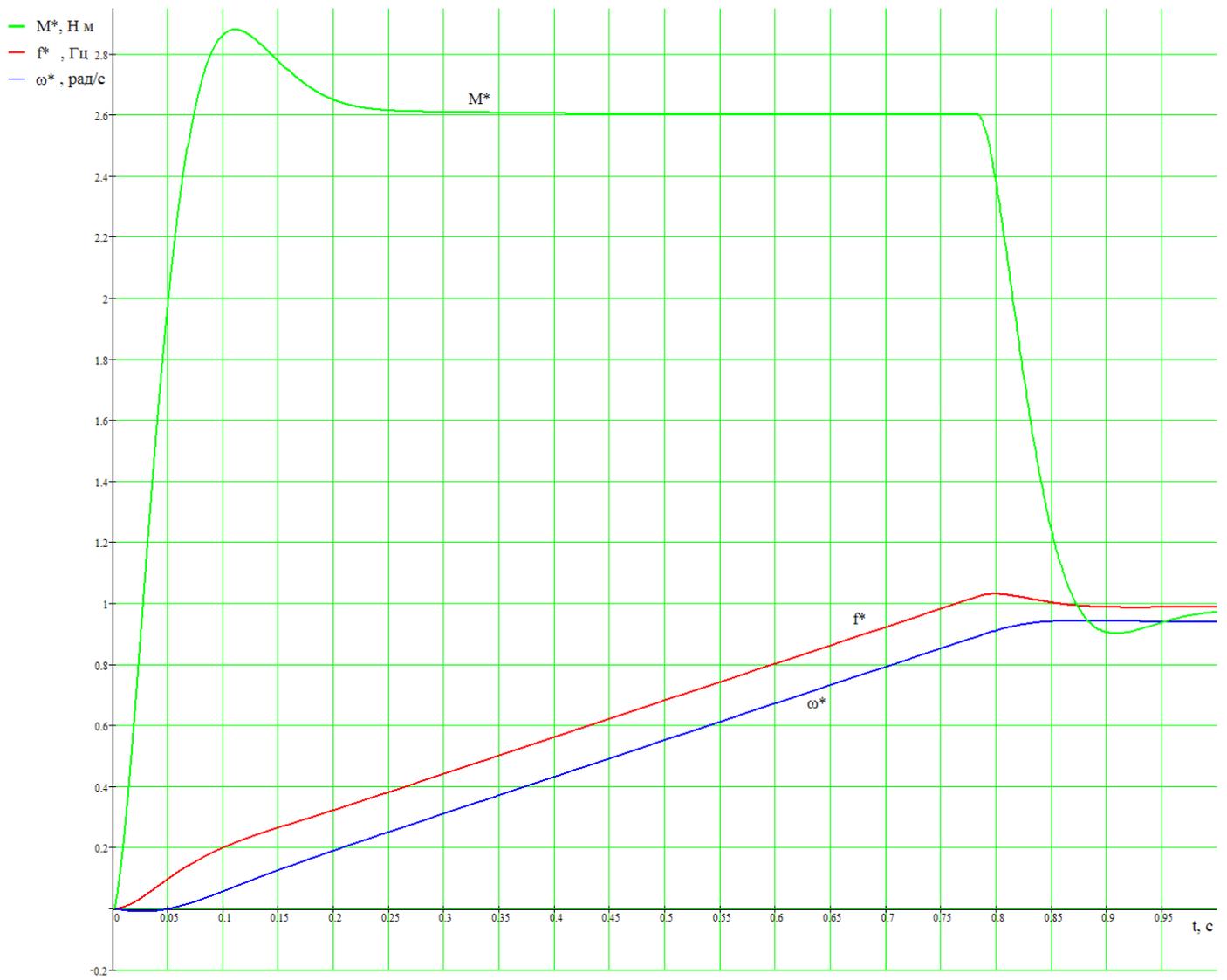


Рисунок 15 – Переходные процессы в замкнутой в системе при пуске

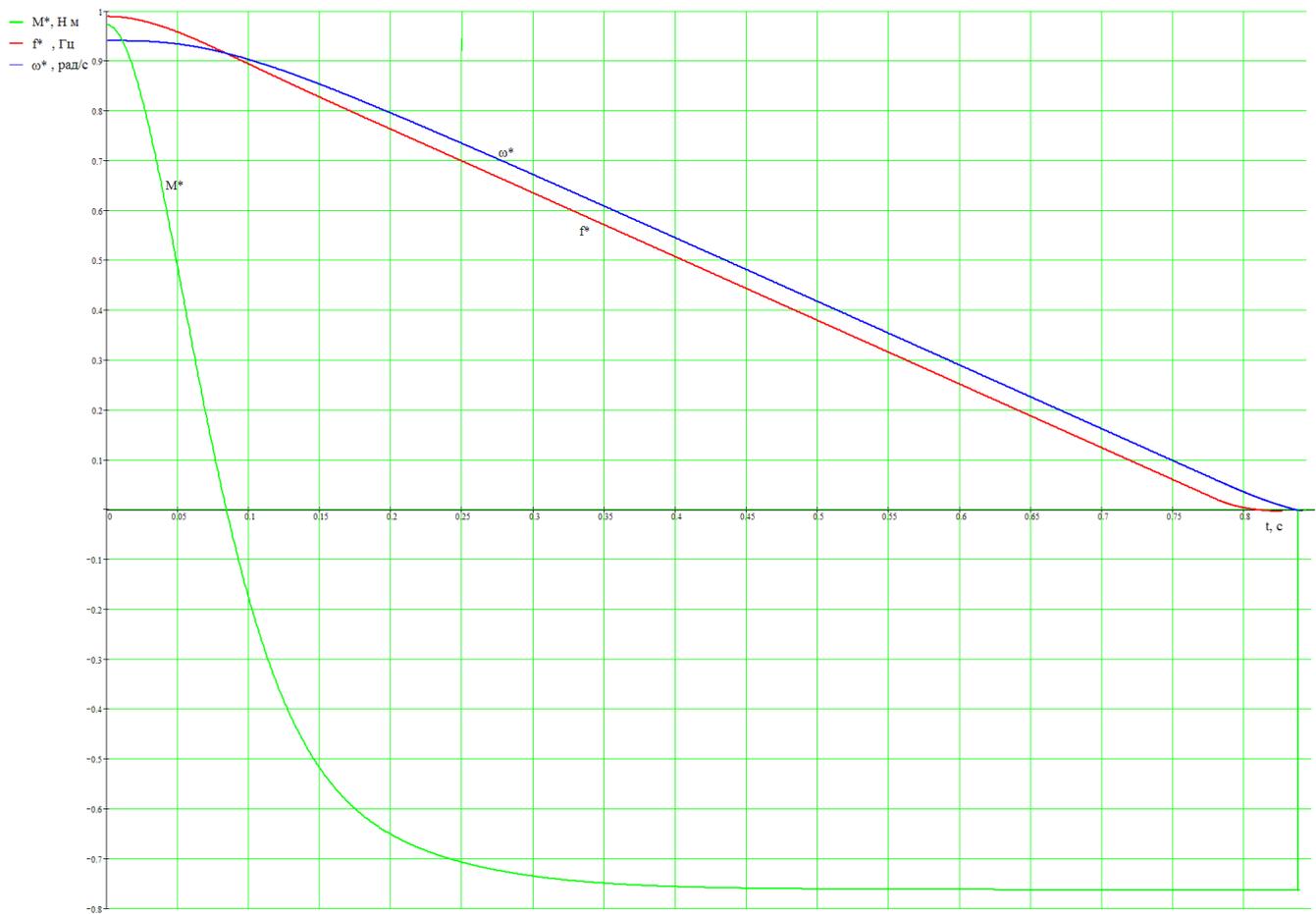


Рисунок 16 – Переходные процессы в замкнутой в системе при торможении

3. Разработка функциональной схемы системы регулируемого электропривод

3.1 Составление силовой схемы регулируемого электропривода

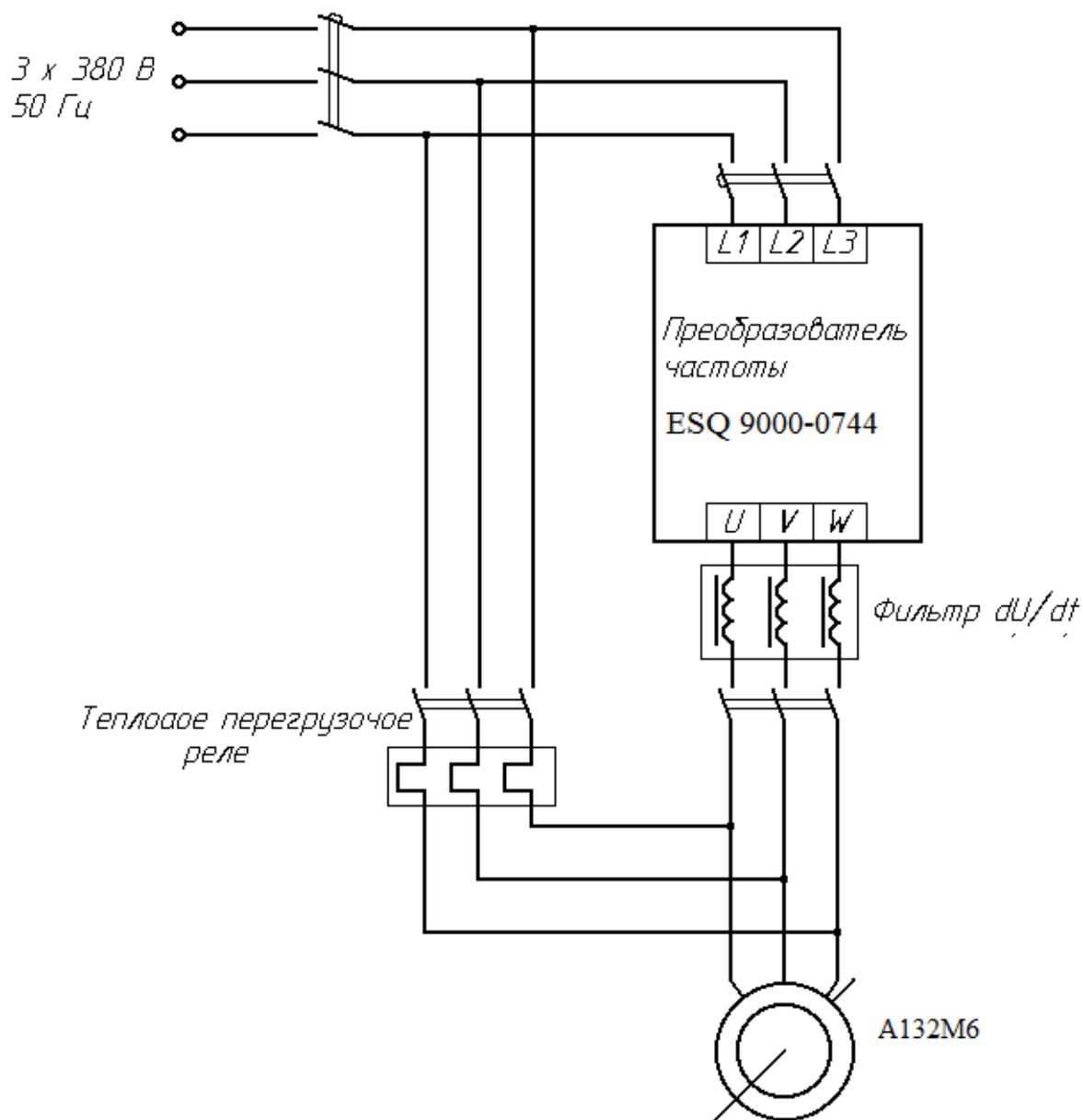


Рисунок 17 – Силовая схема электропривода

3.2 Составление схемы управления регулируемого электропривода

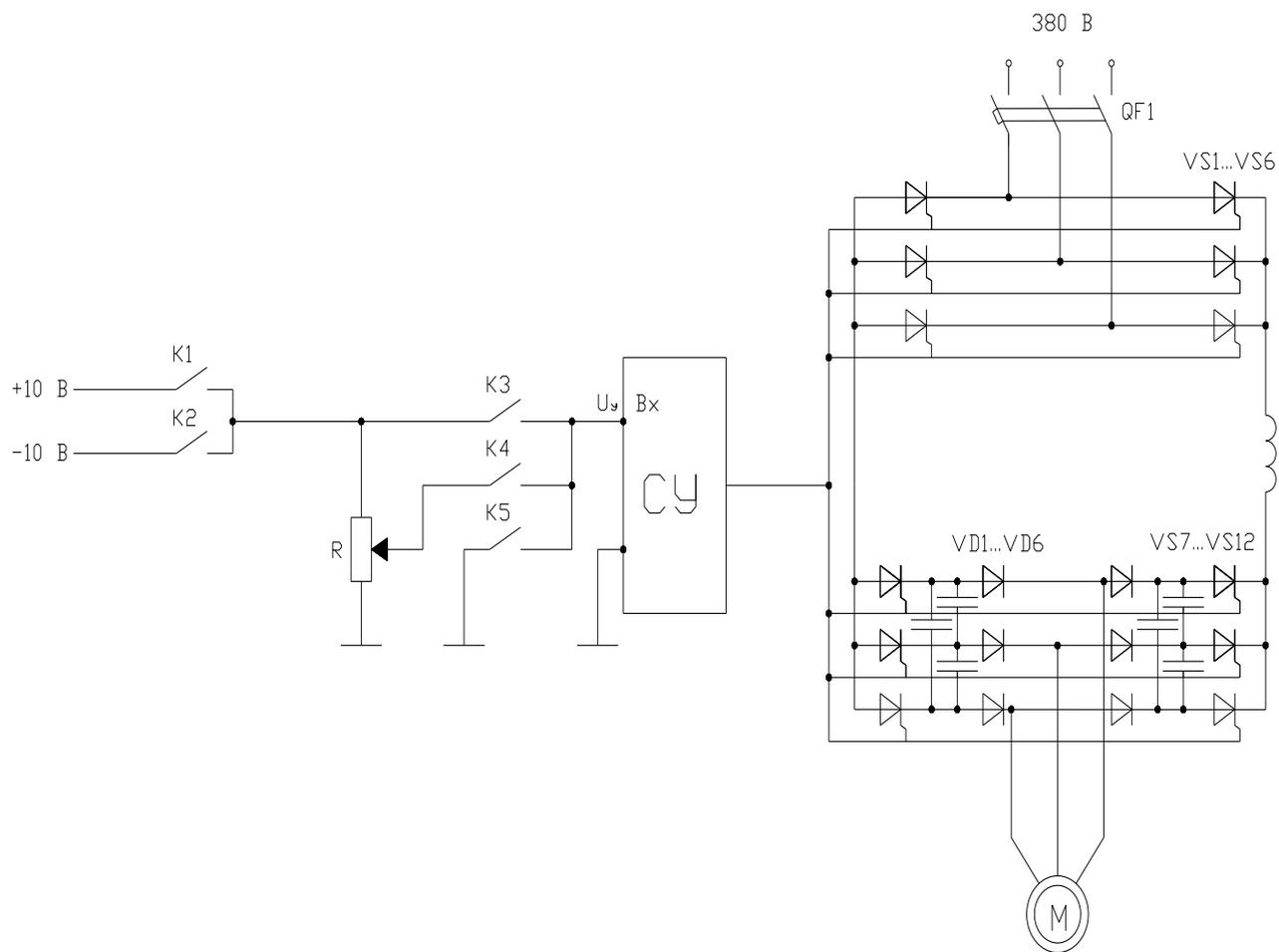


Рисунок 18 – Схема управления электроприводом

4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Необходимо понимать, что коммерческая привлекательность научного исследования определяется не только превышением технических параметров над предыдущими разработками, но и тем, насколько быстро разработчик сумеет найти ответы на такие вопросы – будет ли продукт востребован рынком, какова будет его цена, каков бюджет научного проекта, какой срок потребуется для выхода на рынок и т.д.

Цель данного раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» в том, чтобы спроектировать и создать конкурентоспособные разработки, а также технологии, которые будут отвечать современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

Чтобы достичь данной цели нужно решить такие задачи как:

- оценка коммерческого потенциала и целесообразность проведения научных исследований;
- определить возможные альтернативы проведения научных исследований, которые будут отвечать современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения;

С учетом этих задач была сформирована структура и содержание раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение». [8]

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

Для анализа потребителей результатов исследования необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование.

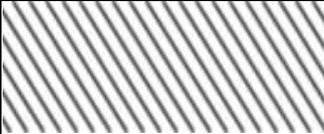
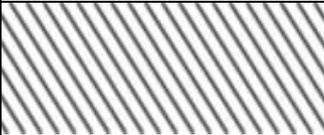
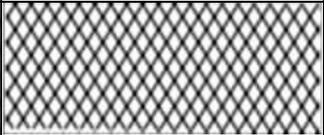
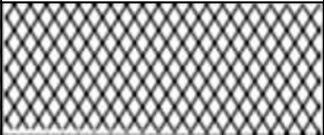
В данном случае сегментирования целесообразно провести по критерию точности, т.к. как для разных типов режимов работы, требуется разная величина производительности вентилятора и разный напор (давление), создаваемое вентилятором. [9]

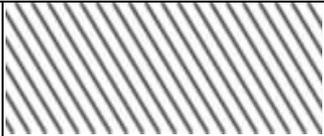
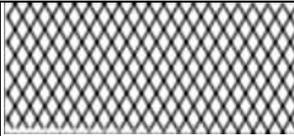
А также следует выделить сегменты рынка:

- по разработке, проектированию и производству;
- по установке и пуско-наладке;
- по дальнейшему обслуживанию и ремонту.

Исходя из сегмента рынка, будет произведено сегментирование коммерческих организаций по отраслям. Сегментирование приведено в табл. 8.

Таблица 8 – Карта сегментирования рынка разработок для ЭП

	Нерегулируемый электропривод	Электропривод с тиристорным регулятором напряжения	Электропривод с преобразователем частоты
Проектирование и производство			
Установка и пуско-наладка			
Обслуживание и ремонт			

Фирма А		Фирма Б	
---------	---	---------	---

Окончание таблицы 8

Результаты сегментирования:

- Основными сегментами рынка являются все виды деятельности для нерегулируемых электроприводов и электроприводов с тиристорным регулятором напряжения;
- Наиболее сильно предприятие должно быть ориентировано на сегменты рынка связанные с проектированием и производством, установкой и пуско-наладкой электроприводов с преобразователем частоты;
- Наиболее привлекательными сегментами рынка являются отрасли, связанные с проектированием и производством, установкой и пуско-наладкой электроприводов с преобразователем частоты. [10]

4.2 Технология QuaD

Технология QuaD (QUality ADvisor) это гибкий инструмент измерения характеристик, который описывает качество новой разработки и ее перспективность на рынке, а также позволяет принять решение целесообразности вложения денежных средств в научно-исследовательский проект.

Технологии QuaD опирается на следующие показатели:

1) *Показатели оценки коммерческого потенциала разработки:*

- Как влияет новый продукт на работу компании;
- перспективность рынка;
- пригодность для продажи;

- перспективы конструирования и производства;
- финансовая эффективность.
- правовая защищенность и др.

2) *Показатели оценки качества разработки:*

- динамический диапазон;
- вес;
- ремонтпригодность;
- энергоэффективность;
- долговечность;
- эргономичность;
- унифицированность;
- уровень материалоемкости разработки и др.

Показатели оценки качества и перспективности новой разработки подбираются исходя из выбранного объекта исследования с учетом его технических и экономических особенностей разработки, создания и коммерциализации.

Для упрощения процедуры проведения QuaD оценка проводится в табличной форме (табл. 9).

С технологией QuaD каждый показатель оценивается экспериментальным путем по специальной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 100 – наиболее сильная. [9]

Оценка качества и перспективности по технологии QuaD найдем исходя из формулы:

$$P_{cp} = \sum B_i \cdot B_i = 0,08 \cdot 93 + 0,1 \cdot 90 + \dots + 0,03 \cdot 85 = 88,72,$$

4.3 SWOT-анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – это комплексный анализ научно-исследовательского проекта. Его применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта.

Он проводится в несколько этапов.

Первый этап заключается в описании сильных и слабых сторон проекта, в выявлении возможностей и угроз для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде. Дадим трактовку каждому из этих понятий.

1. **Сильные стороны.** Сильные стороны – это факторы, характеризующие конкурентоспособную сторону научно-исследовательского проекта. Они говорят о том, что у проекта есть некоторое преимущество или особые ресурсы, которые являются особенными с точки зрения конкуренции. Также важно рассматривать сильные стороны и с точки зрения руководства проекта, и с точки зрения тех, кто в нем еще задействован. Рекомендуется постановка следующих задач:

- Какие технические преимущества вы имеете по сравнению с конкурентами?
- Что участники вашего проекта умеют делать лучше всех?
- Насколько ваш проект близок к завершению по сравнению с конкурентами?

2. **Слабые стороны.** Слабость – это недостаток, упущение или ограниченность научно-исследовательского проекта, которые препятствуют достижению его целей

3. **Возможности.** Они включают в себя любую предпочтительную ситуацию в настоящем или будущем, возникающую в условиях окружающей среды проекта, например, тенденцию, изменение или предполагаемую потребность, которая поддерживает спрос на результаты проекта и позволяет

руководству проекта улучшить свою конкурентную позицию. Формулирование возможностей проекта можно упростить, ответив на следующие вопросы:

- Благоприятные возможности могут возникать в силу действия следующих факторов:

- изменения в технологической сфере и на рынке – как мирового, так и регионального масштаба;

- изменения правительственной политики в отношении отрасли, где проводится научное исследование;

4. **Угроза** это нежелательная ситуация, тенденция или изменение в условиях окружающей среды проекта, которые имеют разрушительный или угрожающий характер для его конкурентоспособности в настоящем или будущем

Для выявления угроз проекта рекомендуется ответить на следующие вопросы:

- Какие вы видите тенденции, которые могут уничтожить ваш научно-исследовательский проект или сделать его результаты устаревшими?

- Что делают конкуренты?

- Какие препятствия стоят перед вашим проектом (например, изменения в законодательстве, снижение бюджетного финансирования проекта, задержка финансирования проекта и т.п.)?

- Изменяются ли требуемые спецификации или стандарты на результаты научного исследования?

- Угрожает ли изменение технологии положению вашего проекта?

- Имеются ли у руководства проекта проблемы с материально-техническим обеспечением? [8]

Результаты первого этапа SWOT-анализа представляем в табличной форме (табл. 9).

Таблица 9 – Матрица SWOT

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>С1. Заявленная экономичность и энергоэффективность технологии.</p> <p>С2. Экологичность технологии.</p> <p>С3. Малая стоимость производства по сравнению с другими технологиями.</p> <p>С4. Увеличение производительности труда.</p> <p>С5. Квалифицированный персонал.</p> <p>С6. Высокий срок эксплуатации.</p> <p>С7. Надежность данной системы по сравнению с другими.</p> <p>С8. Высокое качество продукции.</p> <p>С9. Универсальность схемы управления.</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>Сл1. Нет кадров по работе с научной разработкой</p> <p>Сл2. Большой срок выхода на рынок</p> <p>Сл3. Высокая стоимость лицензионного программного обеспечения</p>
<p>Возможности:</p> <p>В1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ</p> <p>В2. Особый спрос на новый продукт</p> <p>В3. Снижение стоимости на электроэнергию</p> <p>В4. Повышение стоимости конкурентных</p>		

разработок В5. Развитие технологий в данной отрасли		
Угрозы: У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства. У2. Развитая конкуренция технологий производства У3. Введения дополнительных государственных требований к сертификации продукции У4. Экономическая ситуация в стране, влияющая на спрос. У5. Появление новых конкурентных разработок.		

Окончание таблицы 9

Описание сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта, его возможностей и угроз должно происходить на основе результатов анализа, проведенного в предыдущих разделах бакалаврской работы.

После того как сформулированы четыре области SWOT переходим к реализации второго этапа.

Второй этап состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Данное соответствие или несоответствие должно помочь выявить степень необходимости проведения стратегических изменений.

В рамках данного этапа необходимо построить интерактивную матрицу проекта. Ее использование помогает разобраться с различными комбинациями взаимосвязей областей матрицы SWOT. Возможно использование этой матрицы в качестве одной из основ для оценки вариантов стратегического выбора. Каждый фактор помечается либо знаком «+» (означает сильное соответствие сильных сторон возможностям), либо знаком «-» (что означает слабое соответствие); «0» – если есть сомнения в том, что поставить «+» или «-». [10] Полученная интерактивная матрица проекта представлена в табл. 111.

Таблица 10 – Интерактивная матрица проекта

		Сильные стороны проекта								
		C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
Возможности проекта	B1	0	+	0	0	+	0	+	0	+
	B2	+	+	+	+	-	+	+	+	0
	B3	+	-	+	+	-	0	+	0	+
	B4	+	-	-	0	-	+	+	-	+
	B5	+	0	+	+	+	+	+	+	-

Результаты анализа таблицы:

B2B3B4C1C6C7C9

B1C2C5C7C8C9

B4C1C5C6C7C8C9

B5C1C3C4C5C6C7C8C9

Продолжение таблицы 10

		Слабые стороны проекта		
		Сл1	Сл2	Сл3
Возможности проекта	B1	-	-	-
	B2	-	-	-
	B3	-	-	-
	B4	-	-	0
	B5	+	0	+

Результаты анализа таблицы:

B5Сл1Сл3

Продолжение таблицы 10

Сильные стороны проекта										
Угрозы		C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
	У1	-	-	-	-	+	-	-	-	-
	У2	0	0	+	-	+	-	-	-	+
	У3	+	0	+	+	-	+	0	0	0
	У4	-	-	+	0	-	-	-	-	-
	У5	0	0	+	-	0	-	+	-	-

Результаты анализа таблицы:

У1С5

У3С1С3С4С6

У2С9

У5С5

Окончание таблицы 10

Слабые стороны проекта				
Угрозы		Сл1	Сл2	Сл3
	У1	+	0	0
	У2	-	0	+
	У3	+	+	+
	У4	+	-	+
	У5	+	0	+

Результаты анализа таблицы:

У1Сл1

У2Сл3

У3Сл1Сл2Сл3

У4У5Сл1Сл3

В рамках третьего этапа составляем итоговую матрицу SWOT-анализа (табл. 11).

Таблица 11 – Итоговая матрица SWOT-анализа

	Сильные стороны научно-исследовательского	Слабые стороны научно-исследовательского

	<p>проекта: С1. Заявленная экономичность и энергоэффективность технологии. С2. Экологичность технологии. С3. Более низкая стоимость производства по сравнению с другими технологиями. С4. Повышение производительности труда. С5. Квалифицированный персонал.</p>	<p>проекта: Сл1. Отсутствие у потенциальных потребителей квалифицированных кадров по работе с научной разработкой Сл2. Большой срок выхода на рынок Сл3. Высокая стоимость лицензионного программного обеспечения</p>
<p>Возможности: В1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ В2. Появление дополнительного спроса на новый продукт В3. Снижение стоимости на электроэнергию и материалы, используемые при научных исследований В4. Повышение стоимости конкурентных разработок В5. Развитие технологий в данной отрасли</p>	<p>В2В3В4С1С6С7С9 В1С2С5С7С8С9 В4С1С5С6С7С8С9 В5С1С3С4С5С6С7С8С9</p>	<p>В5Сл1Сл3</p>
<p>Угрозы: У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства. У2. Развитая конкуренция</p>	<p>У1С5 У3С1С3С4С6 У2С9 У5С5</p>	<p>У1Сл1 У2Сл3 У3Сл1Сл2Сл3 У4У5Сл1Сл3</p>

<p>технологий производства У3. Введения дополнительных государственных требований к сертификации продукции У4. Экономическая ситуация в стране, влияющая на спрос. У5. Появление новых конкурентных разработок.</p>		
---	--	--

Окончание таблицы 11

4.5 Планирование научно-исследовательских работ

Структура работ в рамках научного исследования

Порядок комплекса проводимых работ осуществляется в данном порядке:

- определить структуру работы;
- определить участников каждой работы;
- установить продолжительность работ;
- построить графики проведенных научных исследований.

Для начала 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. [8]

Составим перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования, проводим распределение исполнителей по видам работ. Результат представлен в табл. 12.

Таблица 12 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	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	Разработка структурной (принципиальной) схемы ЭП	Инженер
	6	Расчет параметров двигателя и модели	Инженер
	7	Выбор способа регулирования скорости	Инженер
	8	Расчет предельных характеристик системы «преобразователь–электродвигатель»	Инженер
	9	Разработка математической модели системы АУ ЭП	Инженер
	10	Оптимизация САР электропривода	Инженер
	11	Разработка программы имитационного моделирования	Инженер
Обобщение и оценка результатов	12	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель
<i>Проведение ОКР</i>			
Разработка техни-	13	Технико-экономические расчеты	Инженер

ческой документации и проектирование	14	Вопросы безопасности и экологичности проекта	Инженер
	15	Составление пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации)	Инженер

4.6 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудовые затраты в большинстве случаев образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников научного исследования.

Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ожі}$ используется следующая формула:

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

$$T_{p_i} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i},$$

4.7 Разработка графика проведения научного исследования

При выполнении дипломных работ студенты в основном становятся участниками сравнительно небольших по объему научных тем. Для этого строим ленточную диаграмму Ганта.

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, где работа по теме представляется протяженными во времени отрезками. [8]

Пример расчета (составление и утверждение технического задания):

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

$$T_p = \frac{t_{ож}}{Ч} = \frac{2}{1} = 2 \text{ дня};$$

$$k_{кал} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}} = \frac{365}{365 - 116 - 14} = 1,553;$$

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

Таблица 13 – 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		$t_{ожі}$, 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 автоматизации (модернизации)		3		5		4		4		7
Календарное планирование работ по теме	3		5		4		4		7	
Разработка структурной (принципиальной) схемы ЭП		5		10		7		7		11
Расчет параметров двигателя и модели		3		7		5		5		8

Выбор способа регулирования скорости		3		7		5		5		8
Расчет предельных характеристик системы «преобразователь – электродвигатель»		2		4		3		3		5
Разработка математической модели системы АУ ЭП	3		7		5		5		8	
Оптимизация САР электропривода		5		9		7		7		11
Разработка программы имитационного моделирования		4		8		6		6		10
Оценка эффективности полученных	2		4		3		3		5	

результатов										
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

Окончание таблицы 13

На основе табл. 13 строим календарный план-график. График строится для максимального по длительности исполнения работ в рамках научно-исследовательского проекта с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период времени дипломирования. А также работы на графике выделяют различной штриховкой в зависимости от исполнителей, ответственных за ту или иную работу. [10]

Таблица 14 – Календарный план-график проведения НИОКР по теме

№ работ	Вид работ	Исполнители	T_{ki} , 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 автоматизации (модернизации)	Инженер	7															
4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель	7															

Когда планируется бюджет НТИ должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением. В процессе формирования бюджета НТИ используется следующая группировка затрат по статьям:

- материальные затраты НТИ;
- затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- затраты научные и производственные командировки;
- контрагентные расходы;
- накладные расходы.

Все необходимое оборудование и материалы имеются в лаборатории, поэтому расчет материальных затрат проводить не будем. [9]

4.9 Основная заработная плата исполнителей темы

В настоящую статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, рабочих макетных мастерских и опытных производств, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определим как трудоемкость выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок. Также ежемесячно выплачивается премия из фонда заработной платы в размере 20 –30 % от тарифа или оклада. Расчет основной заработной платы приведем в табл. 15.

Таблица 15 – Расчет основной заработной платы

№ п/п	Наименование этапов	Исполнители по категориям	Трудо-емкость, чел.-дн.	Зарботная плата, приходящаяся на один чел.-дн.,	Всего заработная плата по тарифу (окладам), тыс.
-------	---------------------	---------------------------	-------------------------	---	--

				тыс. руб.	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 автоматизации (модернизации)	Инженер	7	1523	10661

4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель	7	2351	16457
5	Разработка структурной (принципиальной) схемы ЭП	Инженер	11	1523	16753
6	Расчет параметров двигателя и модели	Инженер	8	1523	12184
7	Выбор способа регулирования скорости	Инженер	8	1523	12184
8	Расчет предельных характ. системы «преобр.– электродвиг.»	Инженер	5	1523	7615
9	Разработка математической модели системы АУ ЭП	Руководитель	8	2351	18808
10	Оптимизация САР электропривода	Инженер	11	1523	16753
11	Разработка программы имитационного моделирования	Инженер	10	1523	15230
12	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель	5	2351	11755
13	Технико-экономические расчеты	Инженер	10	1523	15230

14	Вопросы безопасности и экологичности проекта	Инженер	7	1523	10661
15	Составление пояснительной записки	Инженер	4	1523	6092
Итого:					196540

Окончание таблицы 15

4.10 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

В этой статье расходов, будут отражены отчисления установленные законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{внеб} = k_{внеб} \cdot (Z_{осн} + Z_{доп}) = 0,271 \cdot (56424 + 7335) = 17279 \text{ руб}$$

где $k_{внеб}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.[10]

Отчисления во внебюджетные фонды рекомендуется представить в табличной форме (табл. 17).

Таблица 17 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель проекта	56424	7335
Студент-дипломник	140116	18215
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,271	

Итого	
Руководитель	17279
Инженер	42907

4.11 Накладные расходы

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

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

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

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%. [8]

4.12 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы будет основой для формирования бюджета затрат проекта, при формировании которого договор с заказчиком будет защищен научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции. [9]

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в табл. 18.

Таблица 18– Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.	%
1. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	196540	Пункт

2. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	25550	Пункт
3. Отчисления во внебюджетные фонды	60186	Пункт
4. Накладные расходы	45164	16 % от суммы ст.
5. Бюджет затрат НТИ	327440	Сумма ст.

4.13 Определение ресурсоэффективности проекта

Финансовую эффективность оценим с помощью интегрального финансового показателя:

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

где:

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

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

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта.

Расчёт интегрального финансового показателя произведем в виде табличной формы (табл. 21). Значения Φ_{max} и Φ_{pi} для каждого типа электропривода брались из сети интернет.

Таблица 21 – Расчёт интегрального финансового показателя конкурентных технических решений

Вариант схемы	Φ_{max} , руб.	Φ_{pi} , руб.	$I_{фин}^{исп.i}$, о.е.
1	38500	38500	1
2		33000	0,85

3		29000	0,75
---	--	-------	------

Величина интегрального финансового показателя разработки схемы 3 (преобразователь частоты) отражает соответствующее численное удешевление стоимости электропривода при одинаковой мощности. Схема 3 имеет малый интегральный показатель среди трёх конкурентных технических решений, а значит вариант схемы является наиболее финансово эффективным, а это главный определяющий критерий.

Определяя ресурсоэффективность проекта схемы 3 можно оценить с помощью интегрального критерия ресурсоэффективности:

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

где I_{pi} –показатель ресурсоэффективности;

a_i – весовой коэффициент разработки;

b_i – балльная оценка разработки.

Расчёт интегрального показателя ресурсоэффективности схем проводим в виде табличной формы (табл. 20)

Таблица 20 – Сравнительная оценка характеристик проекта

Критерии	Весовой коэффициент	Нерегулируемый электропривод	Электропривод с тиристорным регулятором напряжения	Электропривод с преобразователем частоты
1. Безопасность	0,2	5	5	5
2. Удобство в эксплуатации	0,15	4	4	5
3. Помехоустойчивость	0,10	4	4	4
4. Энергосбережение	0,15	3	4	5
5. Надёжность	0,25	5	5	5
6. Материалоёмкость	0,15	4	4	4
Итого:	1,00	4,3	4,45	4,75

Рассчитываем показатель ресурсоэффективности:

$$I_p = 0,2 \cdot 5 + 0,15 \cdot 5 + 0,1 \cdot 4 + 0,15 \cdot 5 + 0,25 \cdot 5 + 0,15 \cdot 4 = 4,75.$$

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

Таким образом, применение нерегулируемых электроприводов и электроприводов с тиристорным регулятором напряжения и сейчас остается эффективным. Переход к электроприводу с преобразователем частоты, целесообразен в момент реструктуризации производства, или в тех производственных процессах, когда применение других представленных схем не целесообразно.

В ходе выполнения данной части выпускной работы была доказана конкурентоспособность данного технического решения, был произведен SWOT-анализ, планирование, которое ограничило выполнение работы в 116 дней. Также был посчитан бюджет НИИ равный 327440 руб, основная часть которого приходится на зарплаты сотрудников. [10]

5. Социальная ответственность

5.1 Производственная безопасность

В разделе «Производственная и экологическая безопасность» проведем анализ разрабатываемой системы автоматизации с точки зрения наличия или возможного появления опасных и вредных факторов, а также воздействия их на работающих.

Место размещения пунктов управления в каждом конкретном случае определяется с учетом особенностей технологического процесса, норм и противопожарных требований строительного проектирования, компоновочных и строительных решений, удобства управления автоматизируемым объектом, простоты обслуживания системы.

При разработке мер защиты от выявленных вредных производственных факторов, необходимо дать описание применяемым мерам защиты с учетом требований нормативных документов.

Рассмотрим вопросы, связанные с условиями и охраной труда на производстве, которые характеризуются не только трудовыми процессами, но и окружающей санитарно - гигиенической обстановкой. Одна из основных

задач охраны труда заключается в обеспечении труда человека, т.е. создание таких условий, при которых исключается воздействие на работающих опасных вредных производственных факторов. [11]

Так как рабочее место располагается в помещении, где находятся шкафы питания, коммуникаций и компьютерная техника, то в этих помещениях могут присутствовать ряд опасных и вредных факторов, таких как:

- опасность поражения электрическим током;
- опасность нанесения механической травмы;
- опасность, обусловленная шумами и вибрациями машин;
- опасность возникновения возгораний и пожаров;
- микроклимат.
- освещение

5.2 Опасность поражения электрическим током

Электробезопасность – это система организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту людей от вредного и опасного воздействия электрического тока, электрической дуги, электромагнитного поля и статического электричества.

Безопасность обслуживания электрооборудования зависит от факторов окружающей его среды. С учетом этих факторов, а также их наличия или отсутствия все помещения по опасности поражения электрическим током делят на три класса. Помещения, где расположены шкафы питания и коммуникаций, относятся к помещениям с повышенной опасностью, ввиду наличия в них токопроводящих полов. При этом отсутствуют другие факторы, такие как: влажность более 75%; токопроводящая пыль; высокая температура воздуха, длительно превышающей 30 °С, или периодически (более одних суток) 35 °С, или более 40 °С кратковременно; возможность

одновременного прикосновения человека к имеющим соединению с землей металлоконструкциям зданий, технологическим аппаратам, механизмам и металлическим корпусам электрооборудования. [12]

К мероприятиям по предотвращению возможности поражения электрическим током следует отнести:

- при производстве монтажных работ необходимо использовать только исправный инструмент, аттестованный службой КИПиА;

- с целью защиты от поражения электрическим током, возникающим между корпусом приборов и инструментом при пробое сетевого напряжения на корпус, корпуса приборов и инструментов должны быть заземлены;

- при включенном сетевом напряжении работы на задней панели должны быть запрещены;

- все работы по устранению неисправностей должен производить квалифицированный персонал;

- необходимо постоянно следить за исправностью электропроводки.

В случае поражения работающего электрическим током, пострадавшему необходимо оказать доврачебную помощь, для чего необходимо проделать следующие операции:

- пострадавшего нужно немедленно освободить от действия электрического тока. Необходимо выключить питание, перерубить провода топором с сухой деревянной рукояткой, отвести с помощью диэлектрических предметов (сухая палка, ремень, верёвка) электрические провода. Оказывающий помощь должен стоять на сухой изолирующей подставке или резиновом коврик.

- положить пострадавшего в удобное положение, освободить стесняющую одежду (расстегнуть ворот, пояс и т.п), обеспечить приток свежего воздуха и при необходимости сделать непрямой массаж сердца и искусственное дыхание;

- вызвать скорую помощь;

– поставить администрацию, инженера по технике безопасности в известность о происшедшем случайном случае. [13]

5.3 Опасность нанесения механической травмы

Опасность нанесения механической травмы присутствует только при монтажных работах, а при эксплуатации щитов и пультов управления вероятность получения механических травм пренебрежимо мала, т.к. в помещении отсутствуют какие-либо предметы, которыми могут быть нанесены телесные повреждения. [13]

5.4 Опасность, обусловленная шумами и вибрацией машин

Шум и вибрация ухудшают условия труда, оказывая на организм вредное воздействие. Из-за шума у работающих возникает более быстрое утомление, которое приводит к снижению производительности на 10...15%, а также увеличивается число ошибок при работе, в следствии чего велик риск получить какую либо травму. Когда шум воздействует на человека довольно продолжительное время, это сказывается на чувствительности слухового аппарата, а также в нервной системе.

При гигиенической оценке шума измеряют его интенсивность (силу) и определяют спектральный состав по частоте входящих в него звуков. Интенсивность звука — это количество звуковой энергии, переносимое звуковой волной за единицу времени и отнесенное к единице площади поверхности, перпендикулярной направлению распространения волны. [12]

Допустимые уровни шума на рабочих местах должны соответствовать требованиям ГОСТ 12.1.003-83 и СН 3223-85.

Таблица 21 – Допустимые уровни звукового давления и эквивалентного уровня звука (ГОСТ 12.1.003–83 с изм. 1999 г.)

Рабочие места	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука и эквивалентные уровни звука, дБА
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
В помещениях цехового управленческого аппарата, рабочих комнатах, лабораториях	93	79	70	63	58	55	52	50	49	60

Производственная вибрация, характеризующаяся значительной амплитудой и продолжительностью действия, вызывает у работающих раздражительность, бессонницу, головную боль, ноющие боли в руках людей, имеющих дело с вибрирующим инструментом. При воздействии общей вибрации более выражены изменения со стороны центральной нервной системы: появляются головокружения, шум в ушах, ухудшение памяти, нарушение координации движений, вестибулярные расстройства, похудение.

Источниками вибрации в помещении котельной являются насосы питательной воды с электродвигателем, так как при работе на высоких оборотах вращается вал электродвигателя насоса с прикрепленными к нему лопастями.

Основные параметры вибрации: частота и амплитуда колебаний. Пороговая частота вибраций составляет 18 Гц, при меньшей частоте вибрация воспринимается в виде отдельных толчков. Верхний порог частоты

воспринимаемых вибраций находится на уровне 1500 Гц. При дальнейшем повышении частоты вибрации возникает ощущение равномерного прикосновения определенной силы. [19]

Допустимые уровни виброскорости по ГОСТ 12.1.012-90 «ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования.» приведены в таблице 22.

Таблица 22 – Гигиенические нормы уровней виброскорости (ГОСТ 12.1.012–90)

Вид вибрации	Допустимый уровень виброскорости, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими										
	1	2	4	8	16	31,	63	125	250	500	1000
Технологическая	—	108	99	93	92	92	92	—	—	—	—

Мероприятия по уменьшению воздействия вибраций и шумов на организм человека:

- одним из основных методов уменьшения шума на производстве является снижение (ослабление) шума в самих источниках - в электрических машинах, станках, механизмах и других устройствах;

- Причиной недопустимого шума в устройствах являются: износ подшипников, неточная сборка деталей при ремонтах и т.д. Поэтому в процессе эксплуатации всех видов машин и механического оборудования следует точно выполнять все требования правил технической эксплуатации;

- повышенный шум у электродвигателей н возникает при работе с перегрузкой или при обрыве одной фазы. Если вовремя устранить данную причину, это позволит снизить уровень шума;

- применение средств индивидуальной защиты в тех случаях, когда перечисленными мерами не удастся снизить уровень шума до нормативных значений. В зависимости от характеристики шума и вида используемых средств достигают уменьшения уровня интенсивности звука на 5...45 дБ;

– защита от вибраций на рабочих местах достигается методом виброизоляции – путём устройства упругих элементов, которые размещены между вибрирующей машиной и основанием где она установлена. Чаще всего используют стальные пружины или резиновые прокладки;

– в качестве индивидуальной защиты от вибраций, когда она передается человеку через ноги, рекомендуют носить обувь на войлочной или толстой микропористой резиновой подошве. Для защиты рук рекомендуется использовать виброгасящие перчатки. [14]

5.5 Опасность возникновения возгораний и пожаров

Пожарная опасность электроустановок, каковыми являются щиты и пульты управления, а также шкафы питания и коммуникаций, которые применяются в проекте, обусловлена наличием в применяемом электрооборудовании горючих изоляционных материалов. Горючими являются изоляции обмоток, трансформаторов, различных электромагнитов (контакторы, реле, контрольно-измерительные приборы), проводов и кабелей.

Согласно строительным нормам и правилам (НПБ 105-2003) в зависимости от характеристики и количества веществ обращающихся в производстве, производства подразделяются по пожарной и взрывной опасности на категории А, Б, В, Г, Д. Категории взрывопожарной и пожарной опасности помещений и зданий следует определять для наиболее неблагоприятного в отношении пожара или взрыва периода, исходя из вида находящихся в аппаратах и помещениях горючих веществ и материалов.

Потенциально опасные производства подразделяются на категории, указанные в ППБ 01-03.

Помещение, где реализована автоматизированная система учёта и управления энергопотребления здания по пожарной и взрывной опасности относится к категории Г: Негорючие вещества и материалы в горячем, раскаленном или расплавленном состоянии.

При строительстве зданий и сооружений с учётом категории производства применяют строительные материалы и конструкции, которые подразделяются на три группы: сгораемые; трудносгораемые; негорючие. Помещение, где реализована система автоматизации относится к трудносгораемым.

К противопожарным мероприятиям в помещении относят следующие мероприятия:

- помещение должно быть оборудовано: средствами тушения пожара (огнетушителями, ящиком с песком, ведра, стендом с противопожарным инвентарем);

- средства связи в помещении должны быть постоянно исправны. К средствам сигнализации относятся ручные пожарные извещатели;

- каждый сотрудник должен знать место нахождения средств пожаротушения и средств связи; помнить номера телефонов для сообщения о пожаре; уметь пользоваться средствами пожаротушения.

Помещение обеспечено средствами пожаротушения в соответствии с нормами. На 100 м² пола имеется:

- порошковый огнетушитель ОПУ-5 (ОПУ-10) – 1 шт.;
- углекислотный огнетушитель ОУ-5 – 1 шт.;
- ящик с песком на 0,5 м³ – 1 шт.;
- железные лопаты – 2 шт.

Каждый работник, заметивший загорание, задымление и другие явления, могущие привести к пожару в цехе, обязан:

- немедленно вызвать пожарную часть по телефону 01 , 051 или при помощи ручного пожарного извещателя;
- вызвать к месту пожара начальника смены, начальника участка, начальника цеха; [15]

5.6 Метеорологические условия. Микроклимат

Микроклимат производственных помещений — это климат внутренней среды данных помещений, который определяется совместно действующими на организм человека температурой, относительной влажностью и скоростью движения воздуха, а также температурой окружающих поверхностей (ГОСТ 12.1.005 "Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны"). Требования этого государственного стандарта установлены для рабочих зон — пространств высотой до 2 м над уровнем пола или площадки, где находятся места постоянного и временного пребывания работающих. [13]

Допустимые микроклиматические условия рабочей зоны с учетом избытков тепла, времени года и тяжести выполняемой работы указаны в СанПиН 2.2.4.548–96 (таблица 23)

Таблица 23 – Допустимые параметры микроклимата на рабочих местах оператора

Период года	Категория работы	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, t°С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с	
					Если $t^{\circ} < t^{\circ}_{\text{опт}}$	Если $t^{\circ} > t^{\circ}_{\text{опт}}$ "***"

Холодный	Іб	19,0	24,0	18,0 - 25,0	15 – 75	0,1	0,2
Теплый	Іб	20,0	28,0	19,0 - 29,0	15 - 75 "*"	0,1	0,3

Работу оператора пульта управления следует отнести к категории работ Іб, так как в основном работы производятся сидя, стоя или связаны с ходьбой и сопровождаются некоторым физическим напряжением. [15]

5.7 Электробезопасность

В зависимости от степени опасности поражения человека электрическим током различают помещения без повышенной опасности, с повышенной опасностью и особо опасные.

К помещениям повышенной опасности относятся помещения, имеющие значительную влажность, токопроводящую пыль, высокую температуру и возможность одновременного прикосновения человека к металлическому корпусу электрооборудования и к металлическим предметам, имеющим соединение с корпусом.

Особо опасными являются помещения, которые имеют особую сырость или химическую активную среду и, кроме того, два из перечисленных условий повышенной опасности.

К категории без повышенной опасности относятся сухие помещения, в которых относительная влажность не превышает 75%

Электрический ток представляет значительную опасность для здоровья человека непосредственно при контакте человека с токопроводящей поверхностью.

Электробезопасность - система организационных и технических мероприятий и средств, которые обеспечивают защиту людей от вредного и опасного действия электрического тока.

Прохождение электрического тока через тело человека вызывает поражение различных органов, оказывает воздействие на нервную систему, кровеносно-сосудистую систему человека, на кровь, сердце, мозг и т.д.

Виды воздействий электрического тока на организм человека:

1. Термическое воздействие тока проявляется в ожогах, нагрев кровеносных сосудов, сердца, мозга и других органов, находящихся на пути протекания тока до критической температуры;
2. Электролитическое действие тока выражается в разложении крови, что нарушает ее состав и функции;
3. Механическое действие тока проявляется в значительном давлении в кровеносных сосудах и мышечных тканях;
4. Биологическое действие тока проявляется в раздражении живых тканей, что вызывает реакцию организма – возбуждение, что и обуславливает непроизвольное сокращение мышц.

При наиболее неблагоприятном исходе воздействие электрического тока может привести к смерти человека.

Для защиты персонала от поражения электрическим током в цехах завода используются следующие меры: защита от случайного прикосновения; защитное заземление; зануление. [14]

5.8 Защита от случайного прикосновения

Для исключения возможности случайного прикосновения или опасного приближения к токоведущим частям лифта обеспечивается их недоступность путем ограждения, блокировок или расположения токоведущих частей на недоступную высоту.

В электроустановках до 1000 В ограждаются – неизолированные токоведущие части, находящиеся под напряжением части ЭД, пусковая аппаратура, открытые плавкие вставки.

Блокировки применяются в электроустановках, в которых часто производятся работы на ограждаемых токоведущих частях и электрических аппаратах. Электрические блокировки осуществляют разрыв цепи специальными контактами, которые устанавливаются на дверях кожухов. Блокировки применяются также для предупреждения ошибочных действий персонала при переключениях. [13]

5.9 Защитные устройства по электробезопасности. Расчет

защитного заземления

Защитное заземление является наиболее простой и в то же время эффективной мерой защиты от поражения электрическим током при появлении напряжения на металлических токоведущих частях оборудования. Защитным заземлением называется преднамеренное электрическое соединение с землей или ее эквивалентом металлических нетоковедущих частей электроустановок, которые могут оказаться под напряжением если произойдет замыкание на корпус.

Для заземления электроустановки использованы искусственные заземлители, которые выполнены из стали.

Расчет проводится по результатам геологических изысканий для грунта, имеющего наибольшее удельное сопротивление на территории сооружения заземляющего устройства.

Для электроустановок с глухозаземленной нейтралью напряжением до 1000 В. расчет заземлителя проводится по допустимому сопротивлению растеканию тока заземлителя.

Расчет защитного заземления:

Для расчета используются следующие исходные данные:

1. Рабочее напряжение заземляемого электрооборудования - 380 В.

2. Режим нейтрали питающей электросети - глухозаземленная.
3. Вид заземляемой электроустановки – волоочильный стан.
4. Данные о мощности трансформаторов, питающих сеть приемников напряжением до 1000 В.: $S = 3,2$ (кВ · А).
5. Вид, форма, размеры вертикальных электродов и горизонтальной соединительной полосы - заземлитель предполагается выполнить из вертикальных стержневых электродов круглого сечения (трубчатый) в земле длиной $l=2$ м, диаметром $d=0,016$ м, верхние концы которого соединяются с помощью горизонтальной соединительной полосы диаметром 0,004 м.
6. Глубина заложения горизонтальной соединительной полосы $t_0=1,5$ м.
7. Климатическая зона, в которой располагается заземляемая электроустановка - 1
8. Состояние земли во время измерения ее сопротивления - нормальная влажность.
9. Отношения расстояния между вертикальными электродами к их длине: $a/l = 1$.
10. Количество вертикальных электродов $n = 8$.
11. Удельное сопротивление грунта на глубине забивки вертикального электрода $\rho_{изм} = 30$ Ом · м.

Расчет:

1. Выбор допустимого сопротивления заземляющего устройства.
Сопротивление заземляющего устройства $R_{з.у.}$ зависит от напряжения сети (до 1000 В или выше), режима нейтрали источника тока (изолированная или заземленная), мощности трансформаторов, питающих сеть приемников напряжением до 1000В, класса опасности помещения. Наибольшее допустимое сопротивление защитных заземляющих устройств в электроустановках напряжением до 1000 В в помещении с повышенной опасностью (наличие токопроводящих металлических полов):
 $R_{з.у.} = 4$ Ом.

2. Требуемое сопротивление искусственного заземлителя.

$$R_{и} = R_{з.у.} = 4 \text{ Ом.}$$

3. Вычисляется сопротивление растеканию вертикальных электродов R_v и горизонтальной соединительной полосы $R_{г}$

$$R_v = \frac{\rho_{расч}}{2 \cdot \pi \cdot l} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot l}{d} + \frac{1}{2} \cdot \ln \frac{4 \cdot t + 1}{4 \cdot t - 1} \right)$$

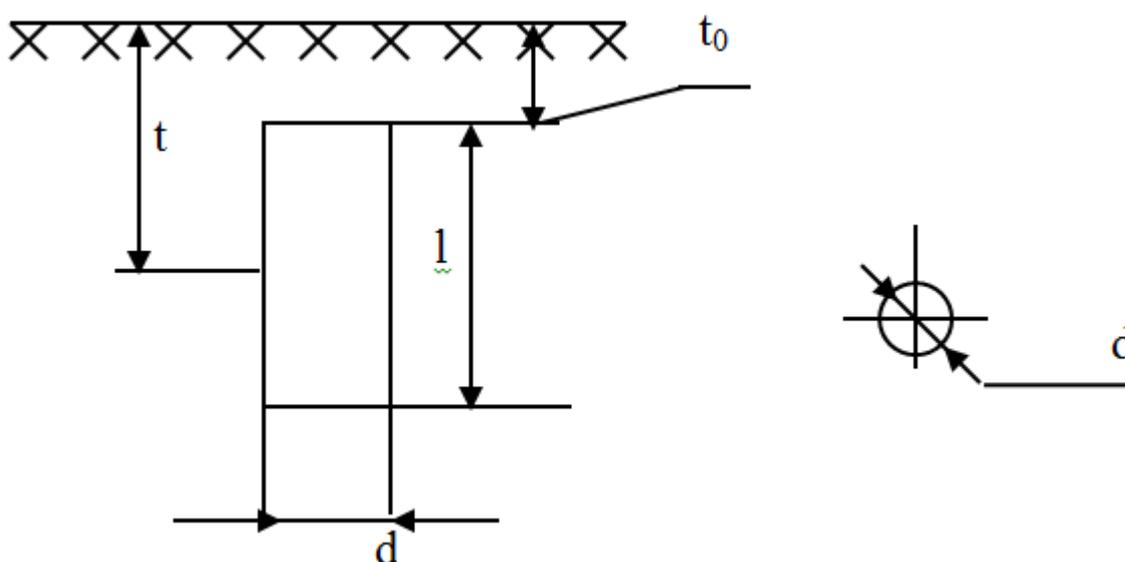


Рисунок 19 - Схема стержневого заземлителя круглого сечения

Условия применения

$$l \gg d, t \gg 0,5 \text{ м.}$$

$$t = 0,5 \cdot l + t = 0,5 \cdot 2 + 1,5 = 2,5 \text{ м.}$$

Расчетное удельное сопротивление определяем с учетом коэффициента сезонности ψ . Коэффициент сезонности для однородной земли, для климатической зоны 1 и нормальной влажности при длине вертикального электрода 2 м равен $\Psi = 1,7$, тогда расчетное удельное сопротивление

$$\rho_{расч} = \rho_{изм} \cdot \psi = 30 \cdot 1,7 = 51 \text{ Ом} \cdot \text{м}$$

$$R_B = \frac{51}{2 \cdot 3,14 \cdot 2} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot 2}{0,016} + \frac{1}{2} \cdot \ln \frac{4 \cdot 2,5 + 2}{4 \cdot 2,5 - 2} \right) = 22,7 \text{ Ом.}$$

Сопротивление горизонтальной соединительной полосы R_Γ

$$R_\Gamma = \frac{\rho_{расч}}{2 \cdot \pi \cdot L_\Gamma} \cdot \ln \frac{L_\Gamma^2}{d \cdot t}$$

где L_Γ - протяженность горизонтальной соединительной полосы.

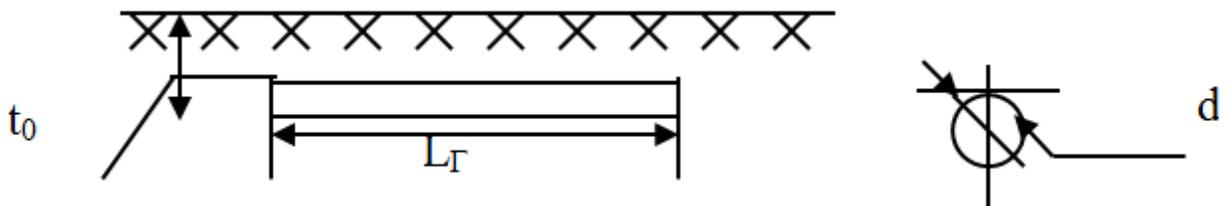


Рисунок 20 - Схема горизонтальной соединительной полосы

$$L_\Gamma = 2A + 2B = 2 \cdot 15 + 2 \cdot 3 = 36 \text{ м.}$$

$$R_\Gamma = \frac{51}{2 \cdot 3,14 \cdot 36} \cdot \ln \frac{36^2}{0,004 \cdot 2,5} = 2,65 \text{ Ом.}$$

4. Для заземлителя с числом электродов $n = 8$ шт., расположенных в ряд, и отношением $a/l=1$ определяем коэффициенты использования для вертикальных электродов $n_B = 0,73$ и для горизонтальной соединительной полосы $n_\Gamma = 0,77$. Определяется число вертикальных электродов

$$n = \frac{R_B}{n_B \cdot R_H} = \frac{22,7}{0,73 \cdot 4} = 8 \text{ шт}$$

5. Определяется длина горизонтальной соединительной полосы с расположением заземлителя в ряд

$$L_\Gamma = 1,05 \cdot 2 \cdot (n-1) = 1,05 \cdot 2 \cdot (8-1) = 14,7 \approx 15 \text{ м.}$$

Т.к. $a/l=1$ и $l=2$, следовательно, $a = 2$.

6. Определяется сопротивление группового заземлителя

$$R_{ГП} = \frac{R_B \cdot R_\Gamma}{R_B \cdot n_\Gamma + R_\Gamma + n_B \cdot n} = \frac{22,7 \cdot 2,65}{22,7 \cdot 0,77 + 2,65 \cdot 0,73 \cdot 8} = 1,80 \text{ Ом}$$

7. Полученное сопротивление меньше требуемого

$$R_{гг} < R_{т}$$

$$1,8\text{Ом} < 4\text{Ом}.$$

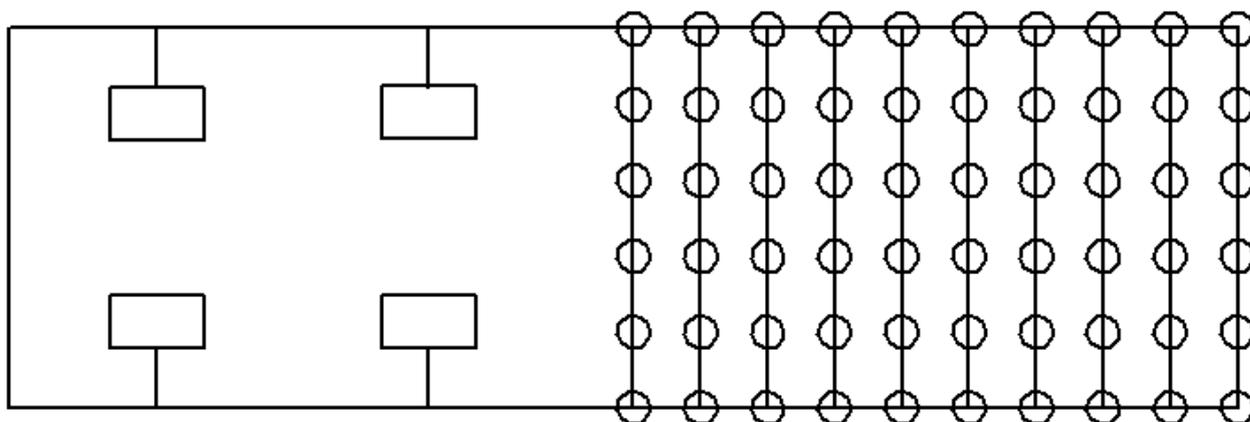


Рисунок 21– Схема защитного заземления

Как видно из расчетов сопротивление группового заземлителя равно 1,8 Ом, что соответствует нормам ПУЭ. Система заземления состоит из 60 заземлительных электродов диаметром 40мм имеющих длину 3м. [13]

5.10 Мероприятия по технике безопасности при эксплуатации лифта

Когда проводятся работы на лифтах, нужно руководствоваться следующими нормативными документами:

1. Правила устройства и безопасной эксплуатации лифтов (ПУБЭЛ);
2. Правила устройства электроустановок (ПУЭ), которые распространяются на вновь сооружаемые и реконструируемые электроустановки различным напряжением до 500 кВ включительно;
3. Правила безопасности при эксплуатации электроустановок ПОТ РМ-106-2001, РД 153-34.0-03.150-2000;
4. Строительные нормы и правила СНиП III-4-80 «Техника безопасности в строительстве»;

5. Специальные инструкции для электромеханика, который смотрит за лифтами;
6. Инструкция для лифтера, лифтеров-обходчиков, диспетчеров, которые обслуживают все виды лифтов;
7. Ведомственные инструкции и положения, регламентирующие требования техники безопасности;
8. Стандарты, изложенные в ССБТ (Система стандартов безопасности труда).

Перед тем, как начать технический осмотр, ремонт или наладку лифта обслуживающий персонал по лифтам должен выполнить следующие требования по технике безопасности:

- Сообщить обслуживающему персоналу об остановке лифта и сделать запись в журнале, получить ключи от машинного помещения и расписаться в журнале «Выдача ключей»;
- вывесить на всех дверях шахты лифта с распашными дверями плакаты «Лифт встает на (техосмотр)».
- убедиться в том, что при отсутствии кабины на этажах двери шахты не открываются;
- проверить исправность ограждения шахты и принять меры по устранению обнаруженных неисправностей.

5.11 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

- 1. СанПиН 2.5.2-703-98 «Лифты высотного здания»
- 2. ГОСТ Р 52350.19 «Ремонт, проверка и восстановление электрооборудования»
- 3. ГОСТ 12.0.002-97 «Система стандартов безопасности труда. Термины и определения»
- 6. ГОСТ 12.0.004-78 «Организация обучения работающих безопасности труда»

Список литературы:

1. Шеховцов В.П. Расчет и проектирование ОУ и электроустановок промышленных механизмов– М.: ФОРУМ, 2010.– 352 с.: ил.
2. Ключев В.И., Терехов В.М. Электропривод и автоматизация общепромышленных механизмов: Учебник для вузов.– М.: Энергия, 1980.–360 с., ил.
3. Справочник по электрическим машинам: В 2 т./Под общ.ред. И.П. Копылова и Б.К. Клокова.Т.2. – М.: Энергоатомиздат, 1988.- 456 с.
4. Петрович В.П., Воронина Н.А., Глазачев А.В. Силовые преобразователи электрической энергии. – Томск: Изд-во ТПУ, 2009 г.– 240 с.
5. Комплектные тиристорные электроприводы: Справочник/ Под ред. канд. техн. наук В.М. Перельмутера. – М.: Энергоатомиздат, 1988.– 319 с.: ил.
6. А. Г. Колесник, Н. А. Воронина // Энергетика, электромеханика и энергоэффективные технологии глазами молодежи : материалы III российской молодежной научной школы-конференции, г.Томск, 21-23 октября 2015 г.
7. Выбор низковольтных электрических аппаратов: Методические указания. Могилев: ММИ. 1992. – 28 с.
8. Видяев И.Г., Серикова Г.Н., Гаврикова Н.А. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение. – Томск: ТПУ, 2014. – 37 с.
9. Томпсон А.А., Стрикленд Дж.А. Стратегический менеджмент: концепции и ситуации для анализа, 12-е издание: Пер. с англ. – М.: Вильямс, 2006 – 928 с.
10. Виханский О.С. Стратегическое управление. – М.: Гардарики, 2009. – 164 с.

11. Бородин Ю.В., Извеков В.Н., Ларионова Е.В., Плахов А.М. Методические указания по разработке раздела «Социальная ответственность».- Томск: ТПУ, 2014. – 9 с.
12. Извеков В.Н, Гусельников М.Э., Крепша Н.В., Панин В.Ф. Методические указания по разработке раздела «Производственная и экологическая безопасность».- Томск: ТПУ, 2006. – 42 с.
13. ГОСТ 12.4.011-89 ССБТ. Средства защиты работающих. Общие требования и классификация.
14. Федеральный закон РФ от 22.07.2008г. №123 ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности»
15. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий. – М.:Госкомсанэпиднадзор, 2003.
16. СН 2.2.4/2.1.8.562–96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки. М.: Минздрав России, 1997.