

Инженерная школа энергетики

Направление подготовки 13.03.02 - Электроэнергетика и электротехника (бакалавриат)

Отделение Электроэнергетики и электротехники

Профиль Электропривод и автоматика

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Система управления и защиты для асинхронного двигателя на основе логического модуля Siemens LOGO

УДК 621.316.9:004.31:621.313.333

Студентка:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
З-5Г4А1	Федорова Софья Сергеевна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Ляпушкин С.В.	к.т.н.		

Консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Гнеушев В.В.			

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Мелик-Гайказян М.В.	к.э.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Сотникова А.А.			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

И. о. руководителя ОЭЭ ИШЭ	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Ивашутенко А.С.	к.т.н.		

Планируемые результаты обучения по ООП

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

Инженерная школа энергетики

Отделение Электроэнергетики и электротехники

Направление подготовки 13.03.02 - Электроэнергетика и электротехника (бакалавриат)

Профиль Электропривод и автоматика

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель ООП

_____ А.С. Ивашутенко

(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студентке:

Группа	ФИО
3-5Г4А1	Федоровой Софье Сергеевне

Тема работы:

Система управления и защиты для асинхронного двигателя на основе логического модуля Siemens LOGO	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№ 3483/с от 06.05.2019г

Срок сдачи студентом выполненной работы:	31.05.2019г.
--	--------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе:	
<i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.)</i>	<ul style="list-style-type: none"> - программируемый контроллер Siemens LOGO; - асинхронный двигатель АИР56А4У3
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	

<i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	- разработка систем управления и защиты асинхронного двигателя в программных обеспечениях Matlab и LOGO!SoftComfort; - проведение экспериментов на лабораторном стенде «Электрический привод»; - проведен сравнительный анализ имитационной и физической систем.
Перечень графического материала:	

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы:

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Мелик-Гайказян Мария Вигеновна
Социальная ответственность	Сотникова Анна Александровна

Названия разделов:

Обзор существующих систем защиты электроприводов переменного тока
Имитационное моделирование систем защиты электроприводов переменного тока
Разработка систем защиты асинхронного двигателя на основе программируемого контроллера LOGO
Экспериментальные исследования на лабораторном стенде

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	05.04.2019г.
---	--------------

Задание выдал руководитель / консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Ляпушкин С.В.	к.т.н.		05.04.2019г.
Старший преподаватель	Гнеушев В.В.			05.04.2019г.

Задание принял к исполнению студентка:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5Г4А1	Федорова Софья Сергеевна		05.04.2019г.

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

Инженерная школа энергетики

Направление подготовки 13.03.02 - Электроэнергетика и электротехника (бакалавриат)

Отделение Электроэнергетики и электротехники

Профиль Электропривод и автоматика

Период выполнения весенний семестр 2018 /2019 учебного года

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы**

Срок сдачи студентом выполненной работы:	30.05.2019г.
--	--------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
23.05.2019	Основная часть	60
15.05.2019	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	20
17.05.2019	Социальная ответственность	20

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Ляпушкин С.В.	к.т.н.		

Консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Гнеушев В.В.			

СОГЛАСОВАНО:

И. о. руководителя ОЭЭ ИШЭ

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Ивашутенко А.С.	к.т.н.		

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 98 страниц, 30 рисунков, 14 таблиц, 24 источника.

Ключевые слова: асинхронный электродвигатель, программируемое реле LOGO, максимально-токовая защита, автоматическое резервирование двигателя.

Объектом исследования является электропривод переменного тока, программируемого реле LOGO.

Цель работы - разработка систем управления и защиты асинхронным двигателем на базе программируемого микроконтроллера LOGO, удовлетворяющей современным высоким технологическим требованиям.

В процессе работы проводились экспериментальные исследования систем защиты для электропривода на лабораторном стенде «Электрический привод».

В результате исследования была доказана адекватность моделей, а также получены характеристики переходных процессов по скорости и току для различных систем защиты.

Достигнутые технико-эксплуатационные показатели: быстродействие системы защиты, простота в эксплуатации, надежность.

Выпускная квалификационная работа выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word 2010. Были использованы: среда имитационного моделирования -MatLabR2012b; система компьютерной алгебры -MathCad; программный продукт - LabVIEW, LOGO!SoftComfort; программа для работы с электронными таблицами - MicrosoftExcel 2007.

Содержание

Введение	9
1. Обзор существующих систем защиты электроприводов переменного тока	10
1.1 Аварийные режимы работы асинхронных двигателей	10
1.2 Виды защит асинхронного двигателя	11
1.3 Современные микропроцессорные средства защиты асинхронного двигателя	20
2. Имитационное моделирование систем защиты электроприводов переменного тока	24
2.1 Расчет параметров схемы замещения асинхронного двигателя	24
2.2 Расчет статических характеристик	28
2.3 Математическое описание модели асинхронного двигателя	29
2.4 Максимально-токовая защита асинхронного двигателя	36
2.5 Автоматическое включение резервного асинхронного двигателя	36
3. Разработка систем защиты асинхронного двигателя на основе программируемого контроллера LOGO	39
3.1 Описание лабораторного стенда «Электрический привод»	39
3.2 Описание контроллера LOGO	42
3.3 Разработка функциональных схем защит асинхронного двигателя	43
3.3.1 Максимально-токовая защита	43
3.3.2 Модель автоматического резервирования асинхронного двигателя	47
4. Экспериментальные исследования на лабораторном стенде	51
4.1 Проверка адекватности имитационной модели	51
4.2 Максимально-токовая защита	54
4.3 Использование резервного двигателя	56

5.ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ	61
5.1 SWOT-анализ электропривода приемного рольганга	61
5.2 Планирование и формирование графика работ по реализации технического проекта	64
5.1.1 Определение трудоемкости выполнения ТП	67
5.2.3. Разработка графика проведения технического проекта	68
5.3. Расчёт затрат на осуществление технического проекта	69
5.3.2 Полная заработная плата исполнителей темы	72
5.3.3 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)	73
5.3.4. Накладные расходы	74
5.3.5. Формирование сметы затрат технического проекта	74
5.3.6. Определение ресурсоэффективности проекта	75
ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»	78
6.2 Производственная безопасность	82
6.2.1 Анализ вредных и опасных производственных факторов	83
6.2.2 Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения	87
6.3. Экологическая безопасность	90
6.4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях	92
Заключение	95
Список используемой литературы	97

Введение

Современная система управления асинхронным двигателем должна обеспечивать максимальную экономию электроэнергии, высокую точность регулирования частоты, оптимальный закон управления, иметь высокую надежность и невысокую стоимость. Такие системы управления строятся на базе микропроцессоров и позволяют достигнуть высоких показателей требуемых технологических параметров. Поэтому разработка и исследование структур и режимов функционирования автоматических систем управления и защиты на основе программируемого реле является актуальной задачей.

Целью настоящей выпускной квалификационной работы является разработка систем управления и защиты асинхронным двигателем на базе программируемого микроконтроллера LOGO, удовлетворяющей современным высоким технологическим требованиям.

Для достижения поставленной цели необходимо выполнить следующие задачи:

1. Изучить аварийные режимы работы асинхронного двигателя и соответствующие им системы защит.
2. Разработать модели в программной среде SimulinkMatlab, позволяющую имитировать максимально-токовую защиту и автоматическое резервирование двигателя.
3. Разработать системы защит электропривода переменного тока на основе логического модуля LOGO.
4. Обработать и провести сравнительный анализ полученных данных.

В экономической части провести оценку технического уровня новшества, рассчитать смету затрат, определить экономическую эффективность при установке контроллера LOGO на предприятии. В разделе «Социальная ответственность» определить и проанализировать вредные, опасные факторы, негативные воздействия на окружающую среду, чрезвычайные ситуации, которые могут возникнуть при выполнении работы.

1. Обзор существующих систем защиты электроприводов переменного тока

Асинхронный двигатель надежен в эксплуатации и имеет широкое применение, 95% двигателей, установленных во всем мире, являются асинхронными. Надежная и бесперебойная работа электродвигателей обеспечивается в первую очередь надлежащим выбором их по номинальной мощности, режиму работы и форме исполнения. Не меньшее значение имеет также соблюдение необходимых требований и правил при составлении электрической схемы, выборе пускорегулирующей аппаратуры, проводов и кабелей, монтаже и эксплуатации электропривода.

1.1 Аварийные режимы работы асинхронных двигателей

Даже для правильно спроектированных и эксплуатируемых электроприводов при их работе всегда остается вероятность появления режимов, аварийных или ненормальных для двигателя и другого электрооборудования.[1]

К аварийным режимам относятся:

1. Короткие замыкания

- многофазные (трех- и двухфазные) и однофазные короткие замыкания в обмотках электродвигателя;
- многофазные короткие замыкания в выводной коробке электродвигателя и во внешней силовой цепи (в проводах и кабелях, на контактах коммутационных аппаратов, в ящиках сопротивлений);
- короткие замыкания фазы на корпус или нулевой провод внутри двигателя или во внешней цепи — в сетях с заземленной нейтралью;
- короткие замыкания в цепи управления;
- короткие замыкания между витками обмотки двигателя (витковые замыкания).

Короткие замыкания являются наиболее опасными аварийными режимами в электроустановках. В большинстве случаев они возникают из-за пробоя или перекрытия изоляции. Токи короткого замыкания иногда достигают

величин, в десятки и сотни раз превосходящих значения токов нормального режима, а их тепловое воздействие и динамические усилия, которым подвергаются токоведущие части, могут привести к повреждению всей электроустановки;

2. Тепловые перегрузки электродвигателя из-за прохождения по его обмоткам повышенных токов:

- при перегрузках рабочего механизма по технологическим причинам;
- особо тяжелых условиях пуска двигателя под нагрузкой или его застопоривании;
- длительном понижении напряжения сети;
- выпадении одной из фаз внешней силовой цепи или обрыве провода в обмотке двигателя;
- механических повреждениях в двигателе или рабочем механизме;
- а также тепловые перегрузки при ухудшении условий охлаждения двигателя.

Тепловые перегрузки вызывают в первую очередь ускоренное старение и разрушение изоляции двигателя, что приводит к коротким замыканиям, т. е. к серьезной аварии и преждевременному выходу двигателя из строя.

Приведенный выше перечень свидетельствует о разнообразии аварийных режимов, в которых может оказаться асинхронный двигатель в условиях эксплуатации.

1.2 Виды защит асинхронного двигателя

Рассмотренные выше аварийные режимы сопровождаются разнообразными явлениями, оказывающими различное влияние на срок службы двигателя. Для того чтобы во всех случаях гарантировать сохранность двигателя, защита должна обладать свойством универсальности. При любых ситуациях, угрожающих аварией, она должна либо действовать на сигнал, либо отключать двигатель. Известно много разнообразных устройств, предназначенных для защиты асинхронных двигателей. Все они имеют

определенные достоинства и недостатки. Однако осуществить принцип универсальности в полной мере не удастся.

Применение универсальных защит повышенной надежности ограничивается экономическими факторами. Более простая защита дешевле, но для поддержания ее в исправном состоянии требуются определенные эксплуатационные затраты. Более совершенная защита, как правило, дороже, хотя требует меньше наблюдения в процессе эксплуатации. Для выбора оптимального решения необходимо проводить технико-экономический расчет, принимая во внимание затраты на приобретение устройства, его монтаж и эксплуатацию, а также величину ущерба при отказе защиты из-за ее несовершенства.

Главным и наиболее действенным средством является электрическая защита двигателей, выполняемая в соответствии с «Правилами устройства электроустановок» (ПУЭ).

В зависимости от характера возможных повреждений и ненормальных режимов работы различают несколько основных наиболее распространенных видов электрической защиты асинхронных двигателей.

Аппараты максимальной токовой защиты. При работе электропривода может произойти замыкание электрических цепей между собой или на землю (корпус), а также увеличение тока в силовых цепях сверхдопустимого предела, вызванное, например, стопорением движения исполнительного органа рабочей машины, обрывом одной из фаз питающего напряжения, резким снижением тока возбуждения двигателей постоянного тока. Для защиты электропривода и питающей сети от появляющихся в этих случаях недопустимо больших токов (сверхтоков) предусматривается максимальная токовая защита, которая может реализовываться различными средствами: с помощью плавких предохранителей, реле максимального тока и автоматических выключателей. Плавкие предохранители FU включаются в каждую линию (фазу) питающей двигатель сети между выключателем QF напряжения сети и

контактами линейного контактора КМ. Цепи управления также могут защищаться плавкими предохранителями. [2, 3]

Выбор плавкой вставки предохранителей силовой части электропривода производится по току, который рассчитывается таким образом, чтобы при пуске двигателя она не перегорала от пускового тока. Реле максимального тока используются в основном в электроприводах средней и большой мощности. Катушки этих реле FA1 и FA2 включаются в фазы трехфазных двигателей переменного тока между выключателем QF и контактами линейного контактора КМ (рисунок 1, а). Размыкающие контакты этих реле включены в цепь катушки КМ линейного контактора (рисунок 1, б). При возникновении сверхтоков в контролируемых цепях, превышающих уставки реле FA1 и FA2, эти контакты размыкаются и силовые контакты линейного контактора КМ отключают двигатель от питающей сети.

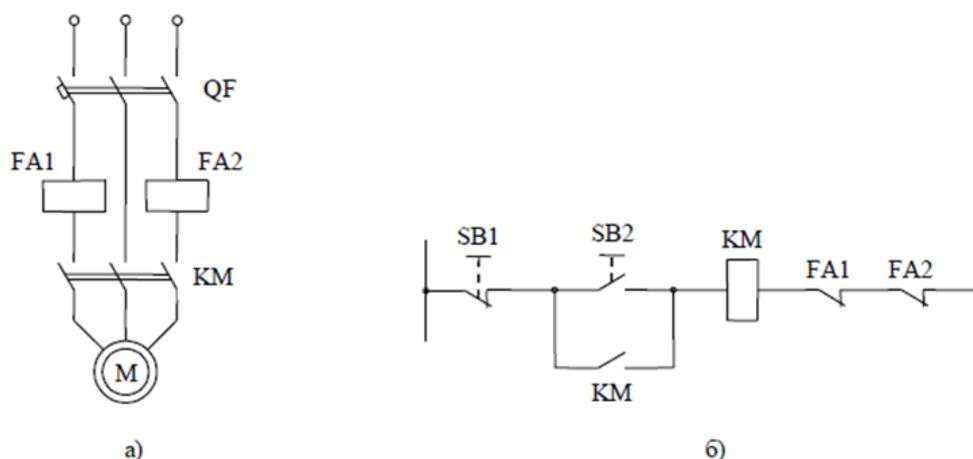


Рисунок 1 –Схемы включения реле максимального тока для защиты:

а) асинхронного двигателя; б) контактов реле в цепи управления.

Уставки реле максимального тока должны выбираться таким образом, чтобы не происходило отключения двигателей при их пуске или других переходных процессах, когда токи в силовых цепях в несколько раз превышают номинальный уровень.

Автоматические воздушные выключатели (автоматы). Эти комплексные многоцелевые аппараты обеспечивают ручное включение и

отключение двигателей и защиту от сверхтоков, перегрузок и снижения питающего напряжения. Для выполнения этих функций автомат имеет контактную систему, замыкание и размыкание которой осуществляется вручную с помощью рукоятки или кнопки, максимальное токовое реле и тепловое токовое реле. Кроме этого, некоторые типы автоматов обеспечивают защиту от снижения напряжения и дистанционное отключение двигателей. Важным устройством автомата является механизм свободного расцепления, который обеспечивает его отключение при поступлении управляющих или защитных воздействий. В общем случае отключение автомата этим механизмом может происходить при протекании токов перегрузки, короткого замыкания, снижении напряжения сети, а также при дистанционном отключении автомата.[2, 3]

Часто в автоматах применяют тепловые расцепители без нагревателя, в этом случае контролируемый ток пропускается непосредственно через биметаллическую пластину. В маломощных автоматах такой расцепитель может выполнять функции и элемента максимальной токовой защиты. Автоматические выключатели широко используются для коммутации и защиты силовых и маломощных цепей электроприводов всех видов.

Нулевая защита. При значительном снижении напряжения сети или его исчезновении эта защита обеспечивает отключение двигателей и предотвращает самопроизвольное их включение (самозапуск) после восстановления напряжения.[2, 3]

В тех случаях, когда двигатели управляются от кнопок контакторами или магнитными пускателями, нулевая защита осуществляется самими аппаратами без применения дополнительных средств. Например, если в схеме (рисунок 1, а) исчезло или сильно понизилось напряжение сети, катушка линейного контактора КМ потеряет питание, и он отключит двигатель от сети. При восстановлении напряжения двигатель может быть включен только после нажатия на кнопку управления SB2 (рисунок 1, б). При управлении электроприводом от командоконтроллера или ключа с фиксированным положением их рукояток

нулевая защита осуществляется с помощью дополнительного реле напряжения FV (рисунок 2). В этой схеме реле FV включается в нулевом положении командоконтроллера (ключа) через контакт SM0, после чего оно становится на самопитание через свой собственный контакт. При переводе рукоятки командоконтроллера (ключа) в положение пуска 1, питание всей схемы управления осуществляется через этот контакт, поэтому при исчезновении напряжения реле FV отключится, прекратится ее питание и линейный контактор KM отключит двигатель от сети. При восстановлении напряжения питания повторное включение двигателя может быть произведено лишь после установки рукоятки вновь в нулевое (среднее) положение, чем исключается возможность его самозапуска.

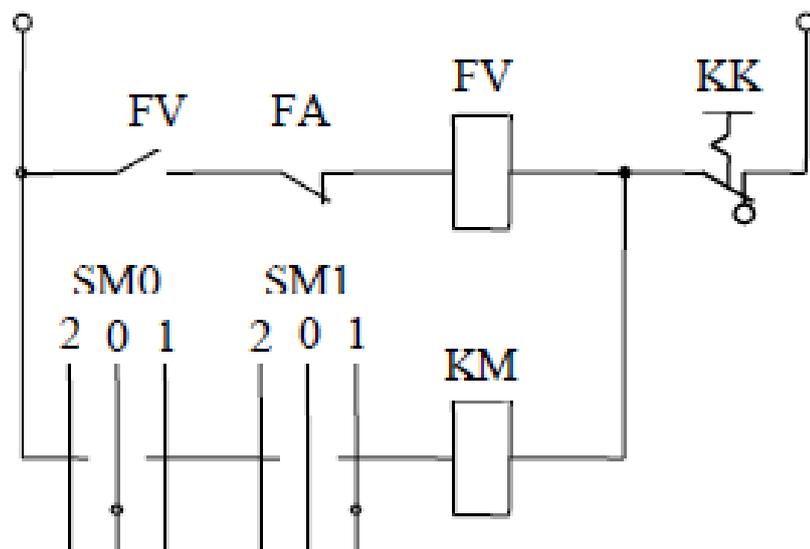


Рисунок 2 – Схема нулевой защиты

Отметим, что в схеме (рисунок 2) реле FV является исполнительным элементом еще двух защит: от токов короткого замыкания (контакты реле максимального тока FA) и тепловой (контакты теплового реле КК), что часто практикуется в схемах управления.

Тепловая защита. Эта защита отключает двигатель от источника питания, если вследствие протекания по его цепям повышенных токов имеет место более высокий нагрев его обмоток. Такая перегрузка возникает, в частности, при обрыве одной из фаз трехфазных

асинхронных двигателей. Тепловая защита двигателей может быть осуществлена с помощью тепловых, максимально – токовых реле и автоматических выключателей. Тепловые реле КК включаются в две или три фазы трехфазных двигателей переменного тока непосредственно (рисунок 3, а) или через трансформаторы тока ТА (рисунок 3, б), если ток двигателя превышает номинальный ток реле. Размыкающие контакты тепловых реле включаются или в цепи катушек главных (линейных) контакторов, или в цепь защитного реле, как это показано на рисунке 2. Номинальный ток теплового элемента реле $I_{т.э.}$ выбирают равным или несколько большим номинального тока двигателя $I_{ном}$. [2, 3]

$$I_{т.э.} = (1, 1,5)I_{ном}$$

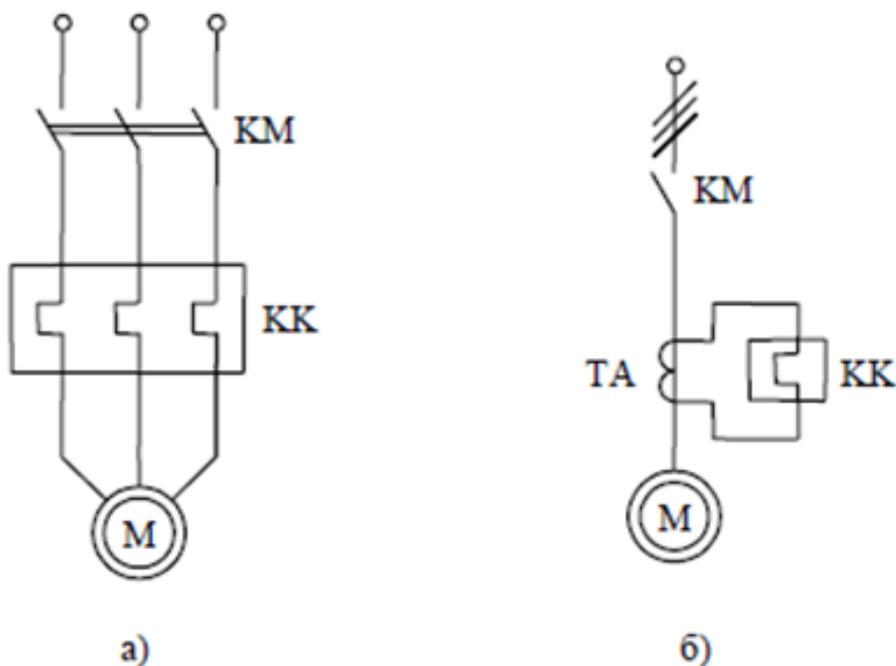


Рисунок 3 – Тепловая защита:

- а) схема включения теплового реле в цепь статора асинхронного двигателя без трансформатора тока; б) схема включения теплового реле в цепь статора асинхронного двигателя с трансформатором тока

Тепловая защита двигателей может осуществляться автоматическими выключателями и магнитными пускателями, если они имеют встроенные тепловые расцепители. При повторно – кратковременных режимах работы

электропривода, когда процессы нагрева реле и двигателя различны, защита двигателей от перегрузок осуществляется с помощью максимально – токовых реле FA1 и FA2 (рисунок 1). Токи уставок реле при этом выбираются на 20 – 30 % выше номинального тока двигателя. Так как уставки реле ниже пускового тока, то при пуске его контакты шунтируются контактами реле времени, имеющего выдержку времени, несколько большую времени пуска двигателя.

Защита от превышения скорости применяется в электроприводах рабочих машин, не допускающих превышения скорости движения своих исполнительных органов (лифты, подъемные лебедки, эскалаторы, шахтные подъемники). Для предотвращения недопустимых скоростей движения в электроприводах используется защита, которая может быть выполнена с помощью тахогенераторов или центробежных выключателей, соединенных с валом двигателя. Центробежные выключатели непосредственно воздействуют на цепь управления, а в случае применения тахогенератора это воздействие осуществляется с помощью реле напряжения, включаемого на его якорь.[2, 3]

Путевая защита обеспечивает отключение электропривода при достижении исполнительным органом рабочей машины крайних положений. Она осуществляется с помощью конечных выключателей, устанавливаемых в этих положениях исполнительного органа и размыкающих цепи реле защиты или непосредственно линейных контакторов.[2, 3]

Электрические блокировки в схемах ЭП. Они служат для обеспечения заданной последовательности операций при его управлении, предотвращения нештатных и аварийных ситуаций и неправильных действий со стороны оператора, что в итоге повышает надежность работы электропривода и технологического оборудования. Так, например, при работе двух контакторов KM1 и KM2 (рисунок 4) перекрестное включение их размыкающих контактов в цепи катушек не допускает включения одного контактора при включенном другом. Такой вид блокировки применяется в реверсивных электроприводах, где недопустимо одновременное включение двух контакторов, или в

электроприводах с электрическим торможением двигателя, где торможение может начаться только после отключения двигателя от сети.[2, 3]

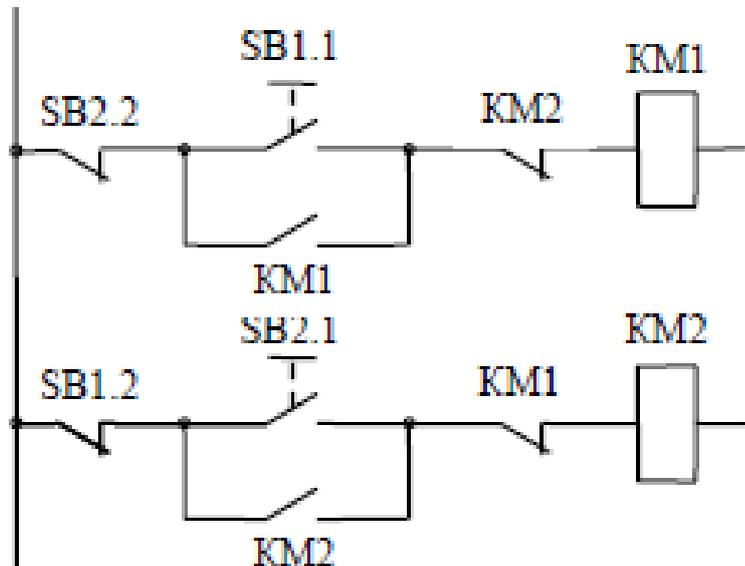


Рисунок 4 – Блокировка в схемах электропривода для предотвращения одновременного включения двух контакторов

Одновременное включение двух контакторов может быть предотвращено и с помощью использования двухцепных кнопок управления, имеющих замыкающий и размыкающий контакты.

Сигнализация в схемах управления ЭП. Для контроля за ходом технологического процесса или последовательности выполняемых операций, состояния защиты и наличия напряжения питания или какого-либо электрического сигнала применяется сигнализация, которая может быть световой (сигнальные лампы, табло), звуковой (звонок, сирена) и визуальной (указательные реле, измерительные приборы). На рисунке 5 приведен пример возможной сигнализации в схеме управления асинхронным двигателем. Лампа HL1 свидетельствует о включении контактора KM1 и вращении двигателя в направлении «Вперед», лампа HL2 – о срабатывании реле максимальной токовой защиты FA, лампа HL3 - подаче напряжения на схему, лампа HL4 – о срабатывании конечного выключателя SQ.[2, 3]

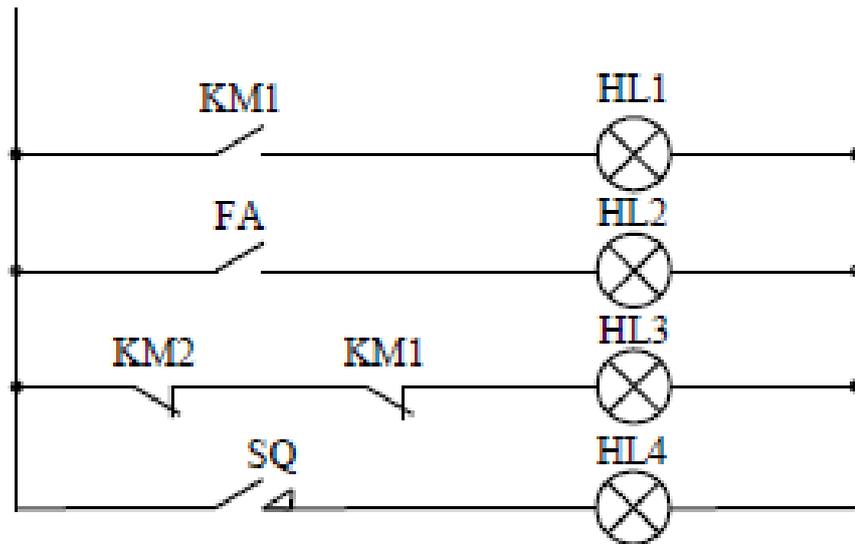


Рисунок 5 – Схема сигнализации

Важнейшей типовой функцией, возлагаемой на релейно–контакторные системы управления (РКСУ), является защита электрической и механической частей электропривода от аварийных режимов. Задача узла защиты – отключить двигатель от источника питания и остановить рабочий орган производственной машины. Аварийными режимами в электрических цепях двигателя могут быть: короткие замыкания, кратковременные и длительные перегрузки по току двигателя, перебои в электроснабжении, недопустимое снижение напряжения сети. Аварийная пауза в электроснабжении может привести после возобновления электроснабжения к самозапуску двигателя и неконтролируемому оператором движению рабочего органа. Для исключения самозапуска используется так называемая нулевая защита (нулевая блокировка), осуществляемая с помощью кнопки управления с самовозвратом или командоконтроллера с нулевым замыкающим контактом. При недопустимом уровне снижения напряжения для номинально загруженных асинхронных двигателей возникают токовые перегрузки.

Кроме того, из–за разных коэффициентов возврата аппаратов управления нарушается правильная работа РКСУ. Защита от недопустимого уровня снижения напряжения выполняется с помощью реле напряжения с высоким коэффициентом возврата.

Кроме перечисленных защит общего назначения, имеются защитные средства, учитывающие специфику производственных установок и их технологические режимы. К таким средствам относятся, например, различные защитные блокировки в лифтах, защитные устройства от отсутствия подачи смазки и охлаждающей жидкости в металлорежущих станках, от пробуксовки шкивов и барабанов в подъемно – транспортных установках.

1.3 Современные микропроцессорные средства защиты асинхронного двигателя

Для повышения эффективности и снижения стоимости конечного продукта реализуются проекты, направленные на модернизацию электропривода машин и механизмов. Наиболее рационально эти цели могут быть достигнуты применением электронных систем защиты.

Современное микропроцессорное реле РДЦ-01, созданное на ОАО «Электротехнический завод». Предназначены для комплексной защиты и управления трехфазными асинхронными двигателями напряжением $3 \times (220/380) \text{ В}$ с индикацией причин аварий, передачи информации на диспетчерские пункты, автоматическим повторным пуском и возможностью автоматического ввода резерва и дублирования. [4]

Данное реле обеспечивает защиту двигателей и имеет ряд отличительных характеристик:

- для полной защиты двигателя токи измеряются по всем трем фазам;
- реализована отстройка от значительных пусковых токов, что предохраняет от ложного отключения двигателя;
- время срабатывания токовой защиты имеет интегральную зависимость для корректной работы защиты при небольших длительных перегрузках и при значительных кратковременных;
- для предотвращения биения ротора реализовано отключение при возникновении недопустимой асимметрии токов;

- реализована защита по цепям напряжения, которая включает: защиту от повышения напряжения; защиту от понижения напряжения; от неправильного чередования фаз, асимметрии;
- защита от недогруза и перегруза.



Рисунок 6 – Микропроцессорное реле РДЦ

Монитор тока двигателя (МТД) или блок управления и защиты представляет собой микропроцессорное устройство и предназначен для измерения токов, защитного отключения электродвигателей и других электроустановок общепромышленного назначения, а также для индикации режимов работы двигателей в системах переменного тока частотой 50 Гц, напряжением 220/380В с номинальными токами нагрузки от 1 до 250 А.

Монитор имеет набор различных выходных сигналов (реле, стандартный токовый и др.), а также органов управления (кнопки, переключатели, различные интерфейсы), и может быть легко встроен в различные системы управления и автоматизации промышленного оборудования. МТД обладает рядом преимуществ. Наличие функции автоматической настройки позволяет простым и доступным способом получить высокоэффективную защиту от недогрузки или перегрузки вследствие заклинивания, обрыва ремня или цепи, сухой работы или повреждения подшипников.[3]



Рисунок 7 – Монитор тока двигателя

Простое и удобное меню позволяет запрограммировать параметры срабатывания МТД:

- перегрузка относительно номинального тока;
- недогрузка относительно номинального тока;
- время задержки перед включением двигателя в противоположном направлении (реверс);
- время задержки отключения при 4-х кратной перегрузке;
- время задержки отключения при перегрузке;
- время задержки отключения при недогрузке.

Основные свойства МТД. При активации режима автоматической настройки, обычно при первом запуске, МТД по истечении 15 секунд записывает номинальный ток двигателя и устанавливает параметры защиты. Наличие возможности установки величины перегрузки и недогрузки, а также длительности задержки срабатывания защиты при возникновении аварии позволяет реализовать в одном приборе функции монитора недогрузки и монитора перегрузки. МТД защищает электрооборудование от следующих аварийных ситуаций:

- превышение номинального тока в 4 раза;
- перегрузка;
- недогрузка;

- обрыв любой из фаз.

Программируемые интеллектуальные реле(микроконтроллеры) Siemens LOGO! Интеллектуальные реле являются одной из разновидностей программируемых логических контроллеров. Диапазон их применения весьма широк, однако чаще всего они состоят на службе в предприятиях, там, где необходимо логическое управление поступающими сигналами, иначе говоря, координация действий электрооборудования. В свою очередь в роли такого электрооборудования может выступать небольшие машины и аппараты, электродвигатели, системы освещения, аппараты поддержки уровня влажности воздуха и т.д.[5, 6]

Конструкция программируемых интеллектуальных реле чаще всего моноблочная, - в одном небольшом корпусе содержатся все узлы. Это, как правило, блок питания небольшой мощности, микроконтроллер, каналы ввода и вывода информации, клеммы для подключения исполнительных устройств. Корпуса таких устройств невелики.



Рисунок 8 - Программируемые интеллектуальные реле Siemens LOGO

В данном дипломном проекте при разработке систем защиты использовался программируемый микроконтроллер Siemens LOGO.

2. Имитационное моделирование систем защиты электроприводов переменного тока

На сегодняшний день почти все процессы и методы сначала моделируются, до их фактической реализации. Это значительно снижает количество попыток и затраты на фактическую реализацию. Эксплуатационные характеристики системы можно точно оценить с помощью соответствующих имитационных моделей. Таким образом, модели должны быть гибкими и точными, а также учитывать проблемы фактической реализации. В данный момент благодаря стремительному развитию аппаратного и программного обеспечения доступны новые более быстрые и удобные для использования пакеты программ для моделирования.

2.1 Расчет параметров схемы замещения асинхронного двигателя

В справочной литературе отсутствуют параметры схемы замещения электродвигателя. Для определения параметров воспользуемся наиболее простой и удобной T-образной схемой замещения, представленной на рисунке 9. [7]

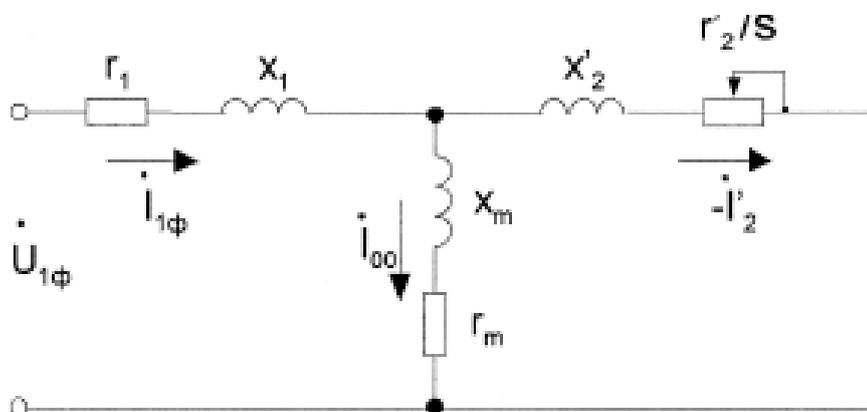


Рисунок 9 - T-образная схема замещения

Исходными данными являются каталожные данные асинхронного двигателя АИР56А4У3, представленные в таблице 1.

Таблица 1 – Каталожные данные асинхронного двигателя АИР56А4У3

P_H , кВт	U_H , В	$n_{ном}$, об/мин	$n_{макс}$, об/мин	$\eta_{ном}$	$\cos\varphi_H$	k_i	k_m	J , кг/м ²
0,12	220	1350	1500	0,57	0,66	5	2,2	0,0007

где P_H – номинальная мощность двигателя;

U_H – номинальное напряжение;

$n_{ном}$ – номинальная частота вращения;

$n_{макс}$ – максимальная частота вращения;

$\eta_{ном}$ – коэффициент полезного действия;

$\cos\varphi_H$ – коэффициент мощности;

k_i – кратность пускового тока;

k_m – кратность пускового момента;

J – момент инерции двигателя.

Расшифровка маркировки электродвигателя АИР56А4:

А – асинхронный

И – двигатель унифицированной серии по стандарту «Интерэлектро»

Р (или С) – привязка мощности к установочно-присоединительным размерам согласно стандарту РС3031-71; С: CENELEC.

56 – один из габаритов электродвигателя АИР 56А4 – высота оси вращения в мм, от центра вала до основания лап электродвигателя.

А – длина сердечника статора.

4 – в электродвигателе АИР 56А4 – четыре полюса, которые соответствует частоте вращения 1500 об/мин.

Ток холостого хода асинхронного двигателя можно найти по следующему выражению:

$$I_0 = \sqrt{\frac{I_{11}^2 - \left[\frac{P_* I_{1H} (1 - s_H)}{(1 - p_* s_H)} \right]^2}{1 - \left[\frac{p_* (1 - s_H)}{(1 - p_* s_H)} \right]^2}} = \sqrt{\frac{0,435^2 - \left[\frac{0,75 \times 0,394 \times (1 - 0,1)}{(1 - 0,75 \times 0,1)} \right]^2}{1 - \left[\frac{0,75 \times (1 - 0,1)}{(1 - 0,75 \times 0,1)} \right]^2}} = 0,449 A, \quad (1)$$

где S_H - номинальное скольжение;

$$s_H = \frac{\omega_0 - \omega_H}{\omega_0} = \frac{157,08 - 141,37}{157,08} = 0,1, \quad (2)$$

где ω_0 - скорость холостого хода, рад/с;

$$\omega_0 = \frac{2 \times p \times n_{\max}}{60} = \frac{2 \times p \times 1500}{60} = 157,08 \text{ рад / с}; \quad (3)$$

ω_H - номинальная скорость вращения, рад/с;

$$\omega_{\text{ном}} = \frac{2 \times p \times n_{\text{ном}}}{60} = \frac{2 \times p \times 1350}{60} = 141,3 \text{ рад / с}; \quad (4)$$

I_{1H} - номинальный ток статора двигателя;

$$I_{1H} = \frac{P_H}{3 \times U_H \times \cos j_H \times \eta_H} = \frac{120}{3 \times 220 \times 0,66 \times 0,57} = 0,483 \text{ A}. \quad (5)$$

I_{11} - ток статора двигателя при частичной нагрузке;

$$I_{11} = \frac{p_{\text{ж}} \times P_H}{3 \times U_{1H} \times \cos f_{p_{\text{ж}}} \times \eta_{p_{\text{ж}}}} = \frac{0,75 \times 120}{3 \times 220 \times 0,55 \times 0,53} = 0,468 \text{ A}. \quad (6)$$

Коэффициент загрузки двигателя

$$p_{\text{ж}} = \frac{P}{P_H} = 0,75 \quad (7)$$

Из формулы Клосса определяем соотношение, которое необходимо для расчета критического скольжения:

$$s_K = s_H \times \frac{k_m + \sqrt{k_m^2 - [1 - 2 \times s_H \times b \times (k_m - 1)]}}{1 - 2 \times s_H \times b \times (k_m - 1)} = 0,1 \times \frac{2,2 + \sqrt{2,2^2 - [1 - 2 \times 0,1 \times (2,2 - 1)]}}{1 - 2 \times (2,2 - 1)} = 0,577. \quad (8)$$

значение коэффициента b находится в диапазоне 0,6 – 2,5, поэтому в первом приближении принимаем $b = 1,25$.

$$C_1 = 1 + \left(\frac{I_0}{2 \times I_i \times I_{1H}} \right) = 1 + \frac{0,449}{2 \times 5 \times 0,492} = 1,093. \quad (9)$$

Активное сопротивление ротора, приведенное к обмотке статора асинхронного двигателя

$$R_2' = \frac{3 \times U_H^2 (1 - s_H)}{2 \times C_1^2 \times k_m \times P_H \times \left(b + \frac{1}{s_K} \right)} = \frac{3 \times 220^2 \times (1 - 0,1)}{2 \times 1,093^2 \times 2,2 \times 120 \times \left(1,25 + \frac{1}{0,1} \right)} = 69,465 \text{ Ом}. \quad (10)$$

Активное сопротивление статорной обмотки можно определить по следующему выражению

$$R_1 = C_1 \times R_2' \times b = 1,092 \times 9,465 \times 1 = 94,907 \text{ Ом.} \quad (11)$$

Определим параметр g , который позволит найти индуктивное сопротивление короткого замыкания $X_{кн}$:

$$g = \sqrt{\frac{1}{s_k^2} - b^2} = \sqrt{\frac{1}{0,577^2} - 1,25^2} = 1,199. \quad (12)$$

Тогда

$$X_{кн} = g \times C_1 \times R_2' = 1,199 \times 1,089 \times 9,465 = 91,069 \text{ Ом.} \quad (13)$$

Для того чтобы выделить из индуктивного сопротивления $X_{кн}$ сопротивления рассеяния фаз статора и ротора, необходимо воспользоваться соотношениями, которые справедливы для серийных асинхронных двигателей.

Индуктивное сопротивление роторной обмотки, приведенное к статорной, может быть рассчитано

$$X_{2s}' = \frac{0,58 \times X_{кн}}{C_1} = \frac{0,58 \times 91,069}{1,093} = 48,326 \text{ Ом.} \quad (14)$$

Индуктивное сопротивление статорной обмотки может быть определено по следующему выражению

$$X_{1s} = 0,42 \times X_{кн} = 0,42 \times 91,389 = 38,249 \text{ Ом.} \quad (15)$$

Согласно векторной диаграмме ЭДС ветви намагничивания E_1 , наведенная потоком воздушного зазора в обмотке статора в номинальном режиме, равна

$$\begin{aligned} E_1 &= \sqrt{(U_{1н} \cos f_{1н} - R_1 I_{1н})^2 + (U_{1н} \sin f_{1н} + X_{1н} I_{1н})^2} = \\ &= \sqrt{(220 \times 0,66 - 94,907 \times 0,492)^2 + (220 \times 0,75 - 38,249 \times 0,492)^2} = 177,242 \text{ В.} \end{aligned} \quad (16)$$

Тогда индуктивное сопротивление намагничивания

$$X_{\mu} = \frac{E_1}{I_0} = \frac{177,242}{0,449} = 394,317 \text{ Ом.} \quad (17)$$

Исходя из расчетов индуктивных сопротивлений, рассчитаем индуктивность обмотки статора, ротора, намагничивания, по формуле

$$L_1 = \frac{X_{1\sigma}}{2 \times p \times f_1} = \frac{38,249}{2 \times p \times 50} = 0,122 \text{ Гн}; \quad (18)$$

$$L_2 = \frac{X'_{2\sigma}}{2 \times p \times f_1} = \frac{48,326}{2 \times p \times 50} = 0,154 \text{ Гн}; \quad (19)$$

$$L_m = \frac{X_\mu}{2 \times p \times f_1} = \frac{394,314}{2 \times p \times 50} = 1,255 \text{ Гн}. \quad (20)$$

2.2 Расчет статических характеристик

Используя параметры схемы замещения, рассчитаем естественные механические и электромеханические характеристики.

Расчет естественной механической характеристики проводим по выражению (21).

$$M(s) = \frac{2 \times U_n^2 \times R_2'}{w_0 \times s \times X_{\text{кн}}^2 + (R_1 + \frac{R_2'}{s})^2 + (\frac{R_1 \times R_2'}{s \times X_\mu})^2}, \quad (21)$$

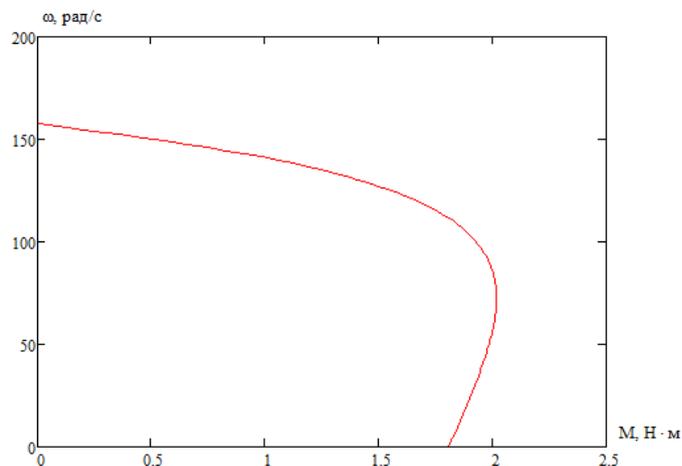


Рисунок 10 - Естественная механическая характеристика АД

Естественные электромеханические характеристики $I_1(s)$ и $I_2(s)$ электродвигателя рассчитывается для частоты $f_{1H} = 50$ Гц по выражению (22).

$$I_2'(s) = \frac{U_n^2}{\sqrt{X_{\text{кн}}^2 + (R_1 + \frac{R_2'}{s})^2 + (\frac{R_1 \times R_2'}{s \times X_m})^2}}, \quad (22)$$

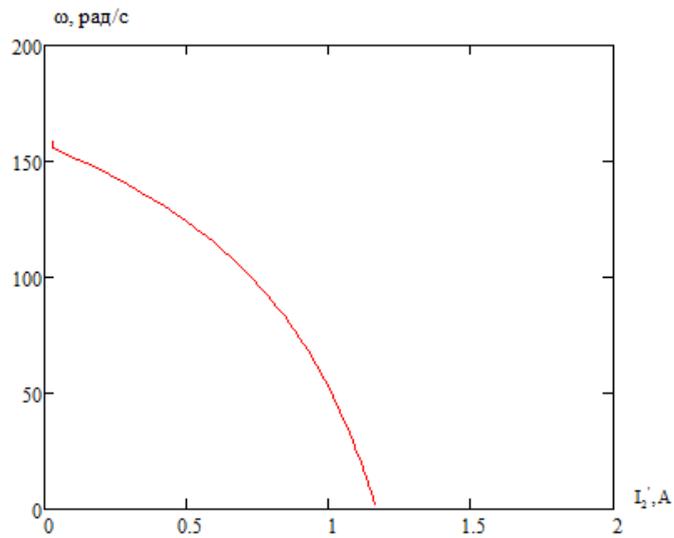


Рисунок 11 - Естественная электромеханическая характеристика АД ротора

Полагая, что ток намагничивания двигателя имеет полностью реактивный характер, выражение для электромеханической характеристики, описывающей зависимость тока статора от скольжения, запишется следующим образом

$$I_1(s) = \sqrt{I_0^2 + I_2'(s)^2 + 2X_0 X_2' \sin \varphi_2(s)}, \quad (23)$$

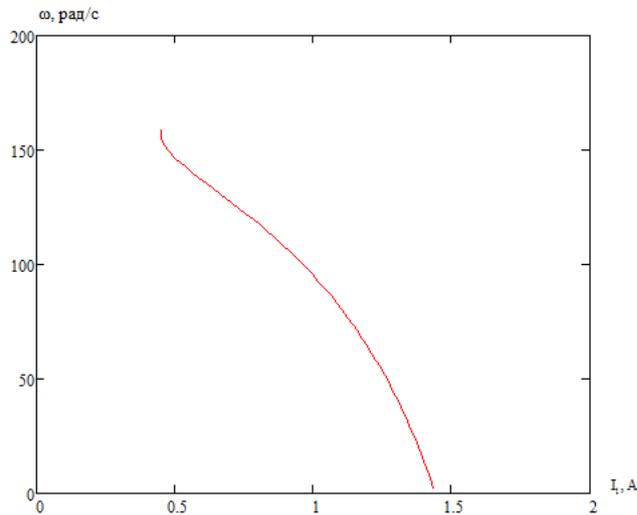


Рисунок 12 - Естественная электромеханическая характеристика АД статора

2.3 Математическое описание модели асинхронного двигателя

При построении реальных систем электропривода переменного тока в системы управления включают преобразователи фаз 3/2 и 2/3. [8].

Первый (3/2) –осуществляет преобразование трехфазных напряжений U_A , U_B , U_C (формула) в двухфазные U_α , U_β , в соответствии с выражениями (24, 25)

$$\begin{aligned} \dot{U}_A &= U_m \sin \omega t, \\ \dot{U}_B &= U_m \sin(\omega t - \frac{2\rho}{3}), \\ \dot{U}_C &= U_m \sin(\omega t + \frac{2\rho}{3}). \end{aligned} \quad ((24))$$

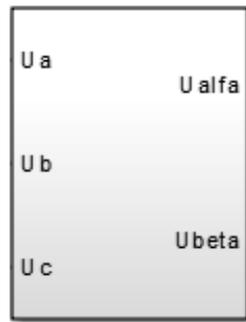
$$\begin{aligned} \dot{U}_S &= \frac{2}{3} \dot{U}_a = \frac{2}{3} (\dot{U}_A + a \dot{U}_B + a^2 \dot{U}_C), \\ a &= e^{j\frac{2\rho}{3}} = -\frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2}, \\ a^2 &= e^{-j\frac{2\rho}{3}} = -\frac{1}{2} - j\frac{\sqrt{3}}{2}. \end{aligned} \quad ((25))$$

где a – оператор поворота;

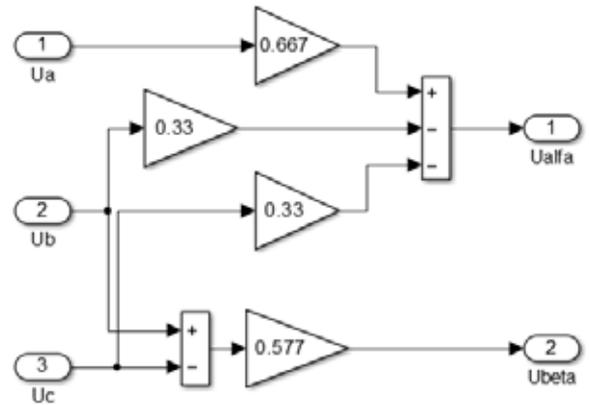
$$\dot{U}_S = U_a + jU_b = \frac{2}{3} (\dot{U}_A + a \dot{U}_B + a^2 \dot{U}_C) = \frac{2}{3} (\dot{U}_A + (-\frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2}) \dot{U}_B + (-\frac{1}{2} - j\frac{\sqrt{3}}{2}) \dot{U}_C). \quad (26)$$

После преобразования уравнения (26) получим

$$\begin{aligned} U_a &= 2[U_A - (U_B + U_C) / 2] / 3, \\ U_b &= (U_B - U_C) / \sqrt{3}. \end{aligned} \quad ((27))$$



а)



б)

Рисунок 13 – Преобразователь (3/2):

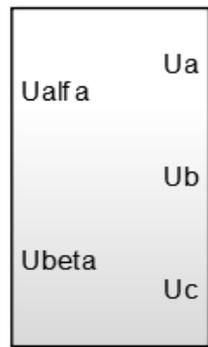
а) условное графическое обозначение преобразователя;

б) модель преобразователя в Simulink

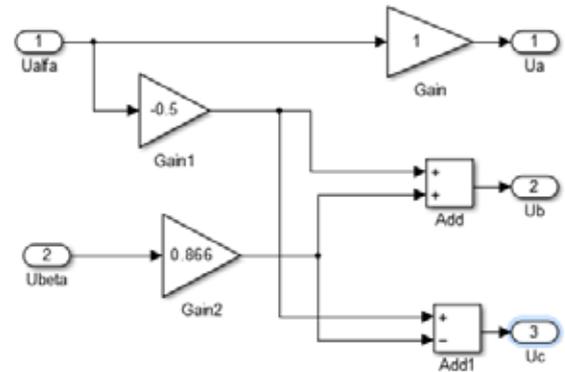
При разработке преобразователя (2/3) следует иметь в виду, что фазный вектор трехфазной системы $\dot{U}_A, \dot{U}_B, \dot{U}_C$ представляет проекцию пространственного вектора \dot{U}_s на оси А, В, С. Выражения для фазных напряжений $\dot{U}_A, \dot{U}_B, \dot{U}_C$ представляют действительную часть проекции пространственного вектора \dot{U}_s на фазные оси А, В, С.

В соответствии с этим, имеем следующую систему выражений:

$$\begin{aligned}
 \dot{U}_A &= \text{Re}(U_s) = \text{Re}(U_a + jU_b) = U_a, \\
 \dot{U}_B &= \text{Re}(\bar{a} \mathcal{X} a_s) = \text{Re}\left(-\frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2}\right)(U_a + jU_b) = -\frac{1}{2}U_a + j\frac{\sqrt{3}}{2}U_b, \\
 \dot{U}_C &= \text{Re}(\bar{a} \mathcal{X} a_s) = \text{Re}\left(-\frac{1}{2} - j\frac{\sqrt{3}}{2}\right)(U_a - jU_b) = -\frac{1}{2}U_a - j\frac{\sqrt{3}}{2}U_b,
 \end{aligned}
 \tag{28}$$



а)



б)

Рисунок 14– Преобразователь (3/2):

а) условное графическое обозначение преобразователя;

б) модель преобразователя в Simulink

Для исследования в среде Matlab используем двухфазную модель реальной трёхфазной машины в системе координат α, β . Такая замена переменных широко используется при математическом исследовании электрических машин с целью упрощения систем дифференциальных уравнений электрического равновесия статорных и роторных цепей.

Обобщенная система уравнений для описания асинхронной двигателя с короткозамкнутым ротором имеет вид:

$$\begin{cases}
 \dot{\bar{u}}_s = R_s \bar{i}_s + \frac{d\bar{y}_s}{dt} \\
 0 = R_r \bar{i}_r + \frac{d\bar{y}_r}{dt} - j p \omega \bar{y}_r \\
 \bar{y}_s = x_s \bar{i}_s + x_m \bar{i}_r \\
 \bar{y}_r = x_r \bar{i}_r + x_m \bar{i}_s \\
 M_e = \frac{3}{2} p k (\bar{y}_i \bar{i}_k) \\
 J \frac{d\omega}{dt} = M_e - M_c
 \end{cases} \quad (29)$$

Подставив уравнения потокосцеплений в уравнения напряжений получим:

$$\bar{u}_s = R_s \bar{i}_s + x_s \frac{d\bar{i}_s}{dt} + x_m \frac{d\bar{i}_r}{dt} \quad (30)$$

$$0 = R_R \bar{i}_R + x_R \frac{d\bar{i}_R}{dt} + x_m \frac{d\bar{i}_s}{dt} - jp\omega \bar{y}_R \quad (31)$$

Выразим из (31) $\frac{d\bar{i}_R}{dt}$:

$$\frac{d\bar{i}_R}{dt} = -\frac{R_R \bar{i}_R}{x_R} - \frac{x_m}{x_R} \frac{d\bar{i}_s}{dt} + jp\omega \frac{1}{x_R} \bar{y}_R \quad (32)$$

Выразим ток ротора из четвертого уравнения системы:

$$\bar{i}_R = \frac{1}{x_R} \bar{y}_R - \frac{x_m}{x_R} \bar{i}_s \quad (33)$$

Подставим выражение (33) в уравнение (32), и результат помножим на x_m в соответствии с уравнением (30):

$$x_m \frac{d\bar{i}_R}{dt} = -\frac{R_R \bar{i}_R}{x_R} \bar{y}_R + \frac{x_m^2 R_R}{x_R^2} \bar{i}_s - \frac{x_m^2}{x_R} \frac{d\bar{i}_s}{dt} + jp\omega \frac{x_m}{x_R} \bar{y}_R \quad (34)$$

Подставим (11) и (10) в (7):

$$\bar{u}_s = R_s \bar{i}_s + \frac{x_m^2 R_R}{x_R^2} \bar{i}_s + x_s \frac{d\bar{i}_s}{dt} - \frac{x_m^2}{x_R} \frac{d\bar{i}_s}{dt} - \frac{x_m R_R}{x_R^2} \bar{y}_R + jp\omega \frac{x_m}{x_R} \bar{y}_R \quad (35)$$

Перепишем полученное уравнение равновесия вектора напряжения

статора с учетом новых параметров: $R = R_s + k_R^2 R_R$, $k_R = \frac{x_m}{x_R}$, $x_s' = x_s - \frac{x_m^2}{x_R}$, $\bar{T}_R = \frac{x_m}{x_R} \bar{y}_R$ в виде:

$$\bar{u}_s = R \bar{i}_s + x_s' \frac{d\bar{i}_s}{dt} - \frac{k_R}{\bar{T}_R} \bar{y}_R + jp\omega k_R \bar{y}_R \quad (36)$$

Основное уравнение равновесия напряжений для цепи ротора получим при подстановке соотношения (33) во второе уравнение системы:

$$0 = \frac{1}{\bar{T}_R} \bar{y}_R + \frac{d\bar{y}_R}{dt} - k_R R_R \bar{i}_s - jp\omega \bar{y}_R \quad (37)$$

Распишем векторное произведение в выражении для момента двигателя:

$$M_e = \frac{3}{2} p \bar{k} (\bar{y}_i \bar{i}_k) = \frac{3}{2} p \bar{k} (\bar{y}_{sa} \bar{i}_{sb} - \bar{y}_{sb} \bar{i}_{sa}) \quad (38)$$

Подставим выражение (33) третье уравнение системы:

$$\bar{y}_s = x_s \bar{i}_s + x_m \left(\frac{1}{x_R} \bar{y}_R - \frac{x_m}{x_R} \bar{i}_s \right) = x_s' \bar{i}_s + k_R \bar{y}_R \quad (39)$$

Распишем уравнение (39) через составляющие по осям α и β :

$$\begin{aligned}\bar{y}_{sa} &= x_s \bar{i}_{sa} + k_R \bar{y}_{Ra}; \\ \bar{y}_{sb} &= x_s \bar{i}_{sb} + k_R \bar{y}_{Rb}.\end{aligned}\quad (40)$$

Подставим это выражение в (37), тогда:

$$M_e = \frac{3}{2} p \bar{k} (\bar{y}_{Ra} \bar{i}_{sb} - \bar{y}_{Rb} \bar{i}_{sa}) \quad (41)$$

Система уравнений (29) после всех преобразований принимает вид:

$$\begin{aligned}\dot{\bar{u}}_s &= R \bar{i}_s + x_s \frac{d\bar{i}_s}{dt} - \frac{k_R}{T_R} \bar{y}_R - j p \omega k_R \bar{y}_R \\ 0 &= \frac{1}{T_R} \bar{y}_R + \frac{d\bar{y}_R}{dt} - k_R R_R \bar{i}_s + j p \omega \bar{y}_R \\ M_e &= \frac{3}{2} p k_R (\bar{y}_{Ra} \bar{i}_{sb} - \bar{y}_{Rb} \bar{i}_{sa}) \\ J \frac{d\omega}{dt} &= M_e - M_c\end{aligned}\quad (42)$$

Разработаем структуру асинхронного двигателя. В неподвижной системе координат. Пространственные векторы в этом случае раскладываются по осям α и β :

$$\begin{aligned}\dot{u}_{sa} &= R i_{sa} + x_s \frac{di_{sa}}{dt} - \frac{k_R}{T_R} y_{Ra} - p \omega k_R y_{Rb} \\ \dot{u}_{sb} &= R i_{sb} + x_s \frac{di_{sb}}{dt} - \frac{k_R}{T_R} y_{Rb} + p \omega k_R y_{Ra} \\ 0 &= \frac{1}{T_R} y_{Ra} + \frac{dy_{Ra}}{dt} - k_R R_R i_{sa} + p \omega y_{Rb} \\ 0 &= \frac{1}{T_R} y_{Rb} + \frac{dy_{Rb}}{dt} - k_R R_R i_{sb} - p \omega y_{Ra} \\ M_e &= \frac{3}{2} p k_R (y_{Ra} i_{sb} - y_{Rb} i_{sa}) \\ J \frac{d\omega}{dt} &= M_e - M_L\end{aligned}\quad (43)$$

Система дифференциальных уравнений первого порядка (43) в операторной форме примет вид:

$$\begin{aligned}
\dot{i}_{sa} &= (1 + T_s) Ri_{sa} - \frac{k_R}{T_R} y_{Ra} - p w k_R y_{Rb} \\
\dot{i}_{sb} &= (1 + T_s) Ri_{sb} - \frac{k_R}{T_R} y_{Rb} + p w k_R y_{Ra} \\
0 &= \frac{1 + T_R s}{T_R} y_{Ra} - k_R R i_{sa} + p w y_{Rb} \\
0 &= \frac{1 + T_R s}{T_R} y_{Rb} - k_R R i_{sb} - p w y_{Ra} \\
M_e &= \frac{3}{2} p k_R (y_{Ra} i_{sb} - y_{Rb} i_{sa}) \\
J_S w &= M_e - M_L
\end{aligned} \tag{44}$$

Дополнительно введена переменная $T_s = \frac{x_s}{R}$.

Для разработки модели представим систему (44) в следующем виде:

$$\begin{aligned}
\dot{i}_{sa} &= \left(u_{sa} + \frac{k_R}{T_R} y_{Ra} + p w k_R y_{Rb} \right) \frac{1/R}{1 + T_s} \\
\dot{i}_{sb} &= \left(u_{sb} + \frac{k_R}{T_R} y_{Rb} - p w k_R y_{Ra} \right) \frac{1/R}{1 + T_s} \\
y_{Ra} &= \left(k_R R i_{sa} - p w y_{Rb} \right) \frac{T_R}{1 + T_R s} \\
y_{Rb} &= \left(k_R R i_{sb} + p w y_{Ra} \right) \frac{T_R}{1 + T_R s} \\
M_e &= \frac{3}{2} p k_R (y_{Ra} i_{sb} - y_{Rb} i_{sa}) \\
w &= \frac{M_e - M_L}{J_S}
\end{aligned} \tag{45}$$

Данной системе уравнений соответствует модель в Matlab Simulink, представленная на рисунке 15. [8].

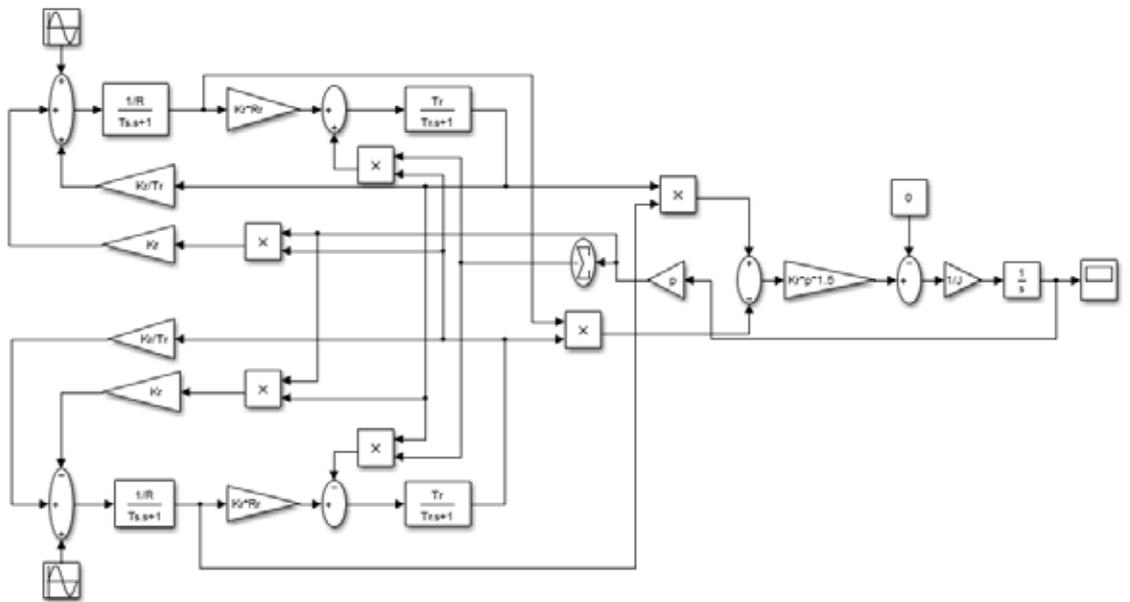


Рисунок 15 – Имитационная модель асинхронного двигателя с активной нагрузкой в MatlabSimulink

2.4 Максимально-токовая защита асинхронного двигателя

Силовой канал реализован с помощью виртуальных блоков специализированного пакета расширения SimPowerSystem, а управляющий и информационный каналы построены на основе блоков основного пакета Simulink.

Модель МТЗ содержит источник питания, блок преобразователя (3/2), блок электрической машины, блок преобразователя (2/3), измерительные блоки.

Имитационная схема максимальной токовой защиты асинхронного двигателя представлена на рисунке 16. Для построения графиков переходных процессов использован блок «Score».

2.5 Автоматическое включение резервного асинхронного двигателя

Схема автоматического включения резервного двигателя представлена на рисунке 17. В данном примере два двигателя находятся на одном валу, питание от разных источников. [9]

Для построения графиков переходных процессов использован блок «Score».

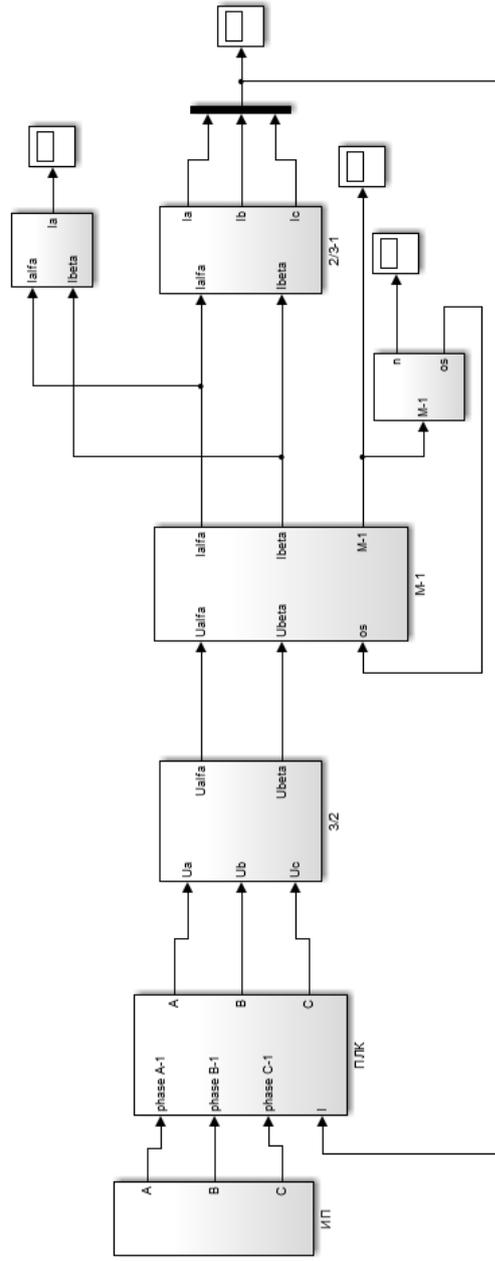


Рисунок 16 - Имитационная модель максимально-токовой защиты асинхронного двигателя

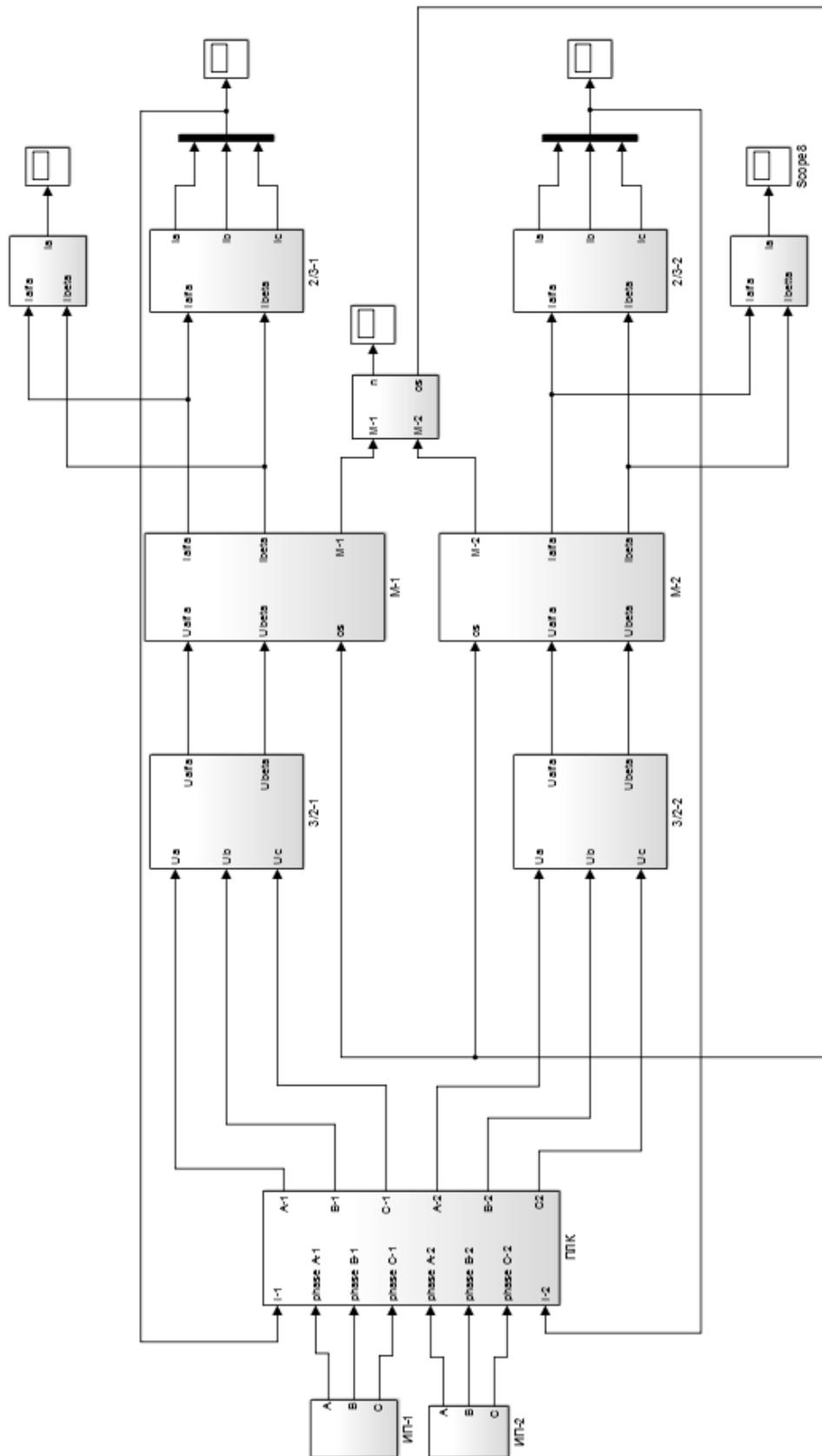


Рисунок 17 – Имитационная модель автоматического включения резервного асинхронного Двигателя

3. Разработка систем защиты асинхронного двигателя на основе программируемого контроллера LOGO

Трехфазный асинхронный двигатель используется повсеместно в системах автоматизации, поэтому схемы защиты асинхронного двигателя должны быть изучены досконально.

В данном пункте приводится описание стенда, на котором проводились эксперименты; описание контроллера; а также разработка схем с помощью программных продуктов LOGO! SoftComfort.

3.1 Описание лабораторного стенда «Электрический привод»

Аппаратная часть комплекта выполнена по блочному (модульному) принципу и содержит:

- лабораторный стол с двухсекционным контейнером и двухуровневой рамой, для хранения проводников, рамами для установки необходимых в эксперименте функциональных блоков, выкатной полкой для клавиатуры компьютера и подставкой для системного блока последнего;
- трансформаторы и элементы электрических цепей;
- источники питания;
- персональный IBM-совместимый компьютер со встроенной платой ввода/вывода данных фирмы National Instruments;
- измерительные преобразователи и приборы.

Питание комплекса осуществляется от трехфазной электрической сети напряжением 380 В с нейтральным и защитным проводниками.

Параметры стенда приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Параметры стенда

Потребляемая мощность, В·А, не более	50
Электропитание: - от однофазной сети переменного тока с рабочим нулевым и защитным проводниками напряжением, В - частота, Гц	220 ± 22 50 ± 0,5
Класс защиты от поражения электрическим током	I
Габаритные размеры, мм, не более - длина (по фронту) - ширина (ортогонально фронту) - высота	920 350 800
Масса, кг, не более	20

Перечень функциональных блоков:

- Трехфазный источник питания.

Предназначен для питания комплекта трехфазным переменным напряжением. Включается вручную. Имеет защиту от перегрузок, устройство защитного отключения, кнопку аварийного отключения и ключ от несанкционированного включения.

- Источник питания машины постоянного тока.

Предназначен для питания обмоток якоря и возбуждения постоянным током. Включается вручную или дистанционно/автоматически (от ПЭВМ). Якорное напряжение регулируется вручную или дистанционно. Напряжение возбуждения нерегулируемое.

- Трехполюсный выключатель.

Предназначен для защиты электродвигателя от перегрузки и коротких замыканий.

- Блок световой сигнализации.

Предназначен для визуального наблюдения о готовности узлов защиты и автоматики схем электроснабжения к работе.

- Блок измерительных трансформаторов тока и напряжения.

Предназначен для преобразования электрических сигналов в сигнал нагрузки.

- Контакттор.

Предназначен для управления электрическими цепями, моделирующими токовые защиты и системы автоматического включения схем электроснабжения.

- Блок мультиметров.

Предназначен для измерения токов, напряжений, омических сопротивлений. Цифровой с жидкокристаллическим дисплеем.

- Указатель частоты вращения.

Предназначен для отображения частоты вращения электрических машин в электромашинном агрегате в аналоговой форме.

- Электромашинный агрегат.

Предназначен для электромеханического преобразования энергии постоянного или переменного тока, получения сигналов, определяющих частоту вращения и угловое положение подвижных частей агрегата. Он включает сочлененные между собой и установленные на едином основании машину постоянного тока, машину переменного тока, маховик и преобразователь угловых перемещений.

Исследуемая машина переменного тока (асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором).

Нагрузочная машина постоянного тока (двигатель постоянного тока с независимым возбуждением).

Исследуемая и нагрузочная машины жестко соединены между собой и представлены в виде электромашинного агрегата, дополненного маховиком и преобразователем угловых перемещений.

- Блок коннектор.

Предназначен для подключения и выполняет соединительно-записывающую функцию с датчика на компьютер.

- Блок программируемого контроллера.

Предназначен для программирования параметров токовых защит и систем автоматического включения схем электроснабжения. Управление лабораторным комплексом и отображение информации на нем.

3.2 Описание контроллера LOGO

Логические модули LOGO! являются компактными функционально законченными универсальными изделиями, предназначенными для построения простейших устройств автоматики с логической обработкой информации. Алгоритм функционирования модулей задается программой, составленной из набора встроенных функций. Программирование модулей LOGO! может производиться как со встроенной клавиатуры, так и с помощью программного обеспечения.

Программирование реле с помощью, установленного на ПК программного обеспечения(ПО) Logo! SoftComfort. [5, 6]

Подключение модулей реле Logo! Basic к компьютеру с помощью кабеля(шнура) PC-LOGO с RS232/D-SUB-разъемом или USB-разъемом.

Система ввода-вывода: 8 входов(дискретные, аналоговые), 4 выхода(релейные, транзисторные) с возможностью дополнения модулями расширения дискретных и аналоговых входов/выходов.

Встроенные часы реального времени(до 80 часов).

Модули памяти LOGO! для долговременного хранения программ и данных, переноса программ с одного на другой модули и сохранения данных при перебоях в питании.

Степень защиты корпуса IP20.

Монтаж: установка на DIN-рейку 35мм или на плоскую поверхность.



Рисунок 18– Основные характеристики и особенности логических модулей Siemens LOGO

3.3 Разработка функциональных схем защит асинхронного двигателя

В данном разделе рассмотрены принципы проектирования и работы программно-технического комплекса, основными целями которого являются: автоматическое включение/отключение двигателя, автоматическое определение факта перегрузки (обрыва фазы), отключение двигателя при перегрузках, диспетчеризация. Основная идея алгоритма работы системы состоит в измерении тока двигателя и его анализе в моменты пуска и работы. При аварийном останове одного двигателя должны обеспечиваться пуск и работа другого.

3.3.1 Максимально-токовая защита

Максимальная токовая защита (рисунок 19) срабатывает при увеличении тока защищаемого элемента сверх установленного тока срабатывания (уставки), т.е. отключает двигатель от сети при появлении в

главной цепи или в цепи управления токов короткого замыкания или ненормально большого тока. [10]

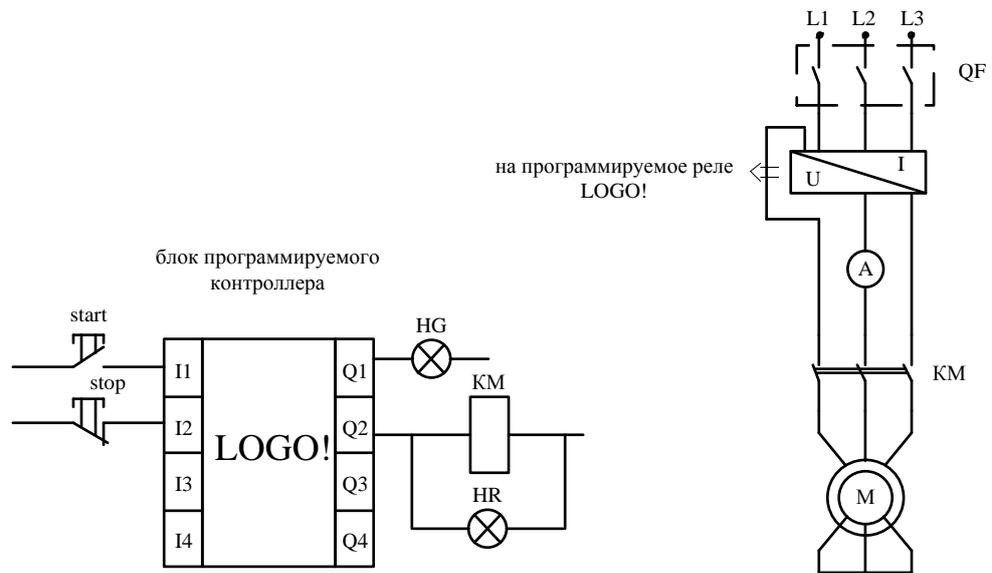


Рисунок 19 - Функциональная схема максимально-токовой защиты асинхронного двигателя

В соответствии с алгоритмом работы в текущий момент времени включен один двигатель. Поэтому в системе достаточно иметь трехканальный (для каждой фазы) модуль преобразования переменного тока в нормированный сигнал по току с гальваноразвязкой. Факт подачи напряжения на двигатель определяется по замыканию трехполюсного выключателя QF. Включение двигателя осуществляется по команде контроллера контактом KM1. Двигатель постоянного тока нагружает асинхронный, что ведет к увеличению тока, а значит, к срабатыванию защиты.

Логическая схема собрана в программе LOGO!SoftComfort и представлена на рисунке 20.

Описание блоков логической схемы:

Блок AI1 – аналоговый вход - обрабатывает аналоговые сигналы. В данном случае на аналоговый вход поступает значение тока. [11]

Блок SF001 – аналоговый пороговый выключатель - выход устанавливается или сбрасывается с учетом двух конфигурируемых пороговых значений. Используется как токовое реле на включение защиты.

Блок SF003 – ПИ-регулятор - представляет собой регулятор пропорционального и интегрального действия. С помощью данного блока получаем график изменения тока в режиме реального времени.

Блок T005 – задержка включения и отключения - блок функции задержки включения и выключения используется для установки выхода после истечения заданного времени задержки включения и его сброса после завершения второго запрограммированного значения времени.

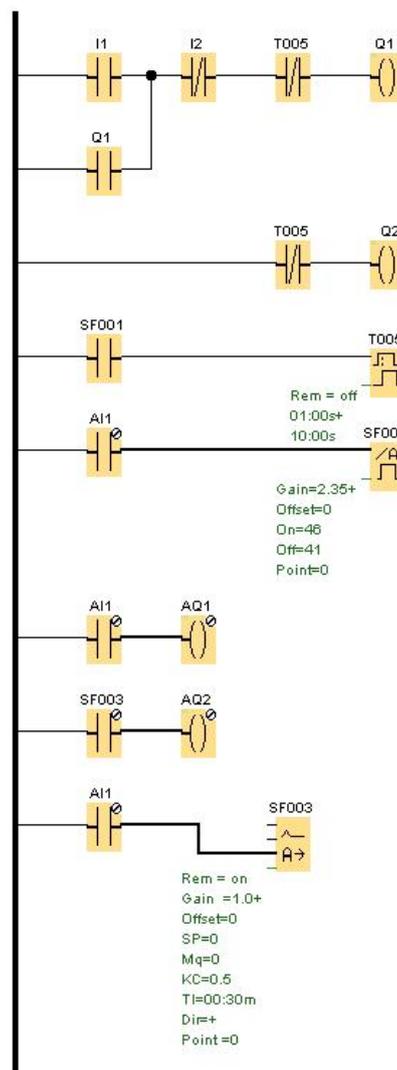


Рисунок 20- Схема управлением асинхронным двигателем в LOGO! SoftComfort

Блок T005 – задержка включения и отключения - блок функции задержки включения и выключения используется для установки выхода после

истечения заданного времени задержки включения и его сброса после завершения второго запрограммированного значения времени.

Блок Q1 – представляет собой выходную клемму лампы, сигнализирующей о подаче напряжения на двигатель.

Блок Q2 – представляет собой выходную клемму на контактор асинхронного двигателя.

Функциональная схема, поясняющая принцип действия логической схемы, представлена на рисунке 21.

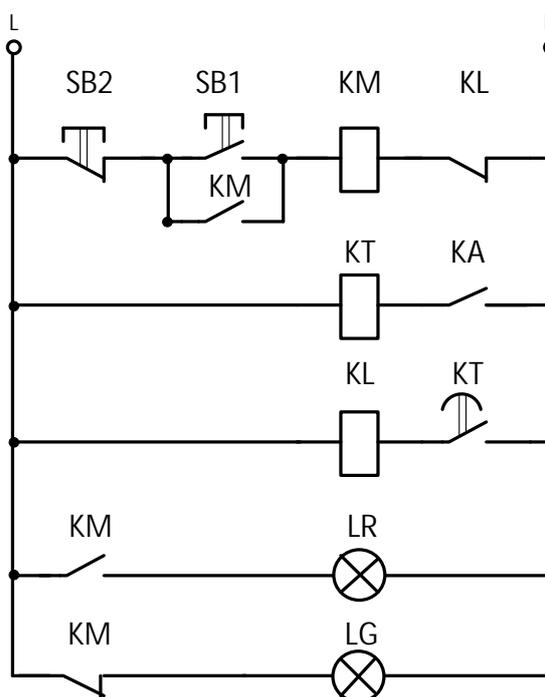


Рисунок 21- Функциональная схема, поясняющая принцип действия логической схемы

При подаче напряжения на схему загорается зеленая сигнальная лампа LG. При нажатии на кнопку включения SB1 включается контактор KM и на защищаемый двигатель подается напряжение. Загорается красная сигнальная лампа LR1, получая питание через контакт KM1. Зеленая сигнальная лампа LG гаснет. При отпускании кнопки SB1 обмотка контактора KM получает питание через нормально разомкнутый контакт.

При нажатии на кнопку SB2 контактор КМ отключится. Напряжение с линий снимается. Красная сигнальная лампа гаснет, зеленая - загорается.

При обрыве одной фаз контакт КА токового реле замыкается, подавая питание на обмотку реле времени КТ. Контакт КТ, замыкаясь с выдержкой времени, подает питание на обмотку промежуточного реле КЛ, которое своим контактом КЛ размыкает цепь питания контактора КМ.

При исчезновении напряжения питающей сети контактор КМ отключается. При восстановлении напряжения в сети контактор остается отключенными (самовозврата схемы не происходит).

С помощью схем (рисунок 19, 20, 21) были смоделированы следующие опыты:

- Пуск асинхронного двигателя на холостом ходу;
- Обрыв фазы.

3.3.2 Модель автоматического резервирования асинхронного двигателя

Автоматическое резервирование двигателя – это способ включения резервного двигателя при выходе из строя основного двигателя. В данной работе рассмотрен пример резервирования при обрыве фазы (рисунок 22).

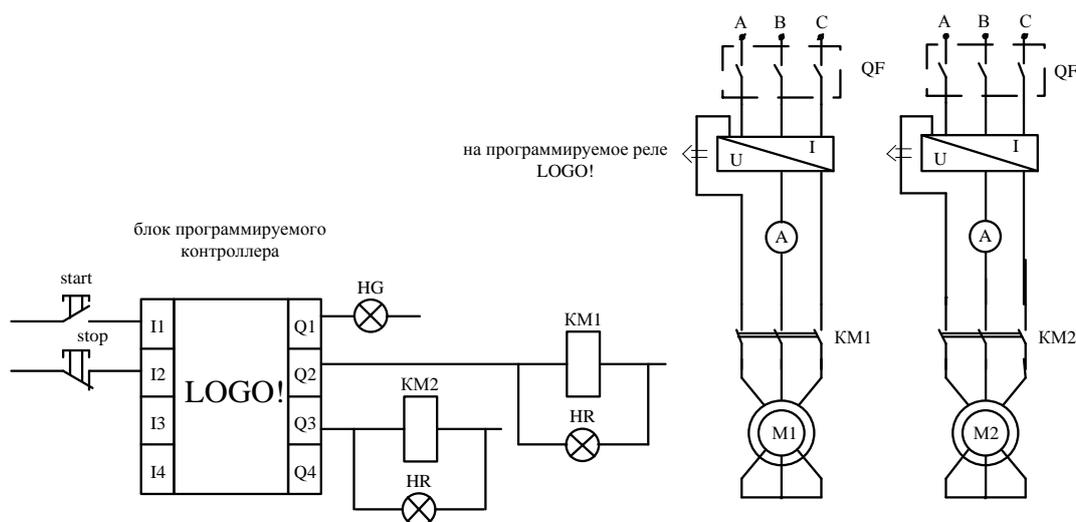


Рисунок 22 - Функциональная схема автоматического резервирования асинхронного двигателя

В соответствии с алгоритмом работы в текущий момент времени включен один двигатель. Поэтому в системе достаточно иметь трехканальный (для каждой фазы) модуль преобразования переменного тока в нормированный сигнал по току с гальваноразвязкой. Факт подачи напряжения на двигатель определяется по замыканию трехполюсного выключателя QF. Включение двигателя M1 осуществляется по команде контроллера контактом KM1; двигатель M2 является резервным, включение по команде KM2.

Логическая схема создана в программе LOGO!SoftComfort и представлена на рисунке 23.

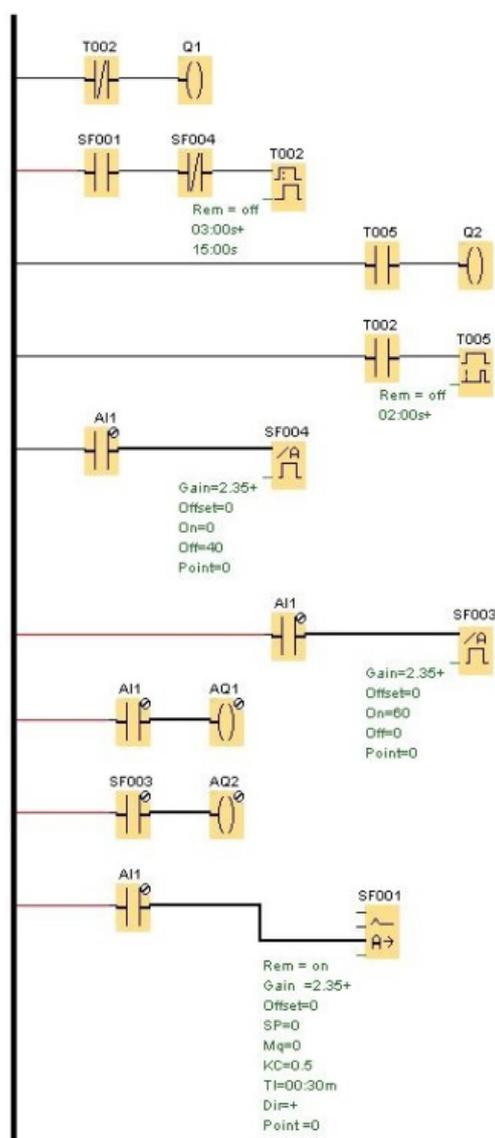


Рисунок 23 - Схема управления асинхронным двигателем в LOGO!SoftComfort

Описание блоков логической схемы:

Блок AI1 – аналоговый вход - обрабатывает аналоговые сигналы. В данном случае на аналоговый вход поступает значение тока.[11]

Блок SF001 – аналоговый пороговый выключатель - выход устанавливается или сбрасывается с учетом двух конфигурируемых пороговых значений. Используется как токовое реле на включение защиты.

Блок SF003 – ПИ-регулятор - представляет собой регулятор пропорционального и интегрального действия. С помощью данного блока получаем график изменения тока в режиме реального времени.

Блок T002 – задержка включения и отключения - блок функции задержки включения и выключения используется для установки выхода после истечения заданного времени задержки включения и его сброса после завершения второго запрограммированного значения времени.

Блок T005 – задержка включения - выход не включается до истечения заданного интервала задержки.

Блок Q1 – представляет собой выходную клемму на контактор асинхронного двигателя M1.

Блок Q2 – представляет собой выходную клемму на контактор асинхронного двигателя M2.

Структурная схема, поясняющая принцип действия логической схемы, представлена на рисунке 24.

При нажатии на кнопку включения SB1 включается контактор KM1 и на защищаемую линию L1 подается напряжение. Загорается красная сигнальная лампа LR1, получая питание через контакт KM1. При отпускании кнопки SB1 обмотка контактора KM1 получает питание через нормально разомкнутый контакт.

При нажатии на кнопку SB2 контакторы KM1 и KM2 отключаются. Напряжение с линий снимается. Красная сигнальная лампа гаснет, зеленая - загорается.

При обрыве одной фаз контакт КА токового реле замыкается, подавая питание на обмотку реле времени КТ1. Контакт КТ1, замыкаясь с выдержкой времени, подает питание на обмотку промежуточного реле КЛ, которое своим контактом КЛ размыкает цепь питания контактора КМ1. В это же время контакт промежуточного реле КЛ замыкает цепь обмотки реле времени КТ2. Контакт КТ2, замыкаясь с выдержкой времени, подает питание на обмотку реле КМ2, тем самым запуская резервный двигатель.

При исчезновении напряжения питающей сети контактор КМ1 или КМ2 отключаются. При восстановлении напряжения в сети контакторы остаются отключенными (самовозврата схемы не происходит).

При исчезновении напряжения питающей сети контактор КМ1 или КМ2 отключаются. При восстановлении напряжения в сети контакторы остаются отключенными (самовозврата схемы не происходит).

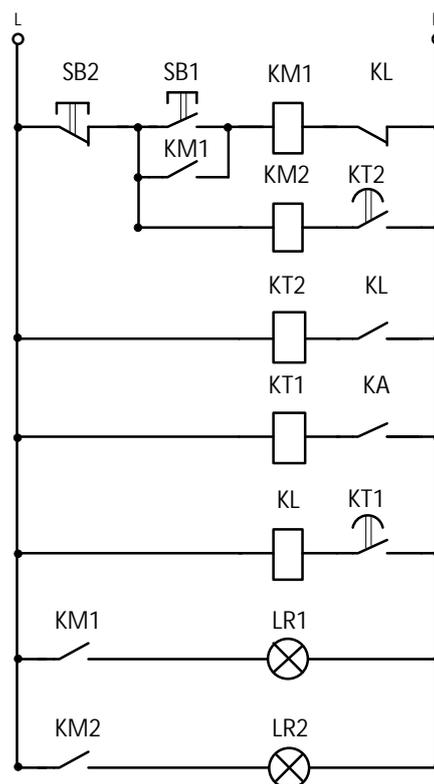


Рисунок 24 -Функциональная схема, поясняющая принцип действия логической схемы

С помощью схем (рисунок 22, 23, 24) были смоделирован опыт «Обрыв фазы и включение резервного двигателя».

4. Экспериментальные исследования на лабораторном стенде

4.1 Проверка адекватности имитационной модели

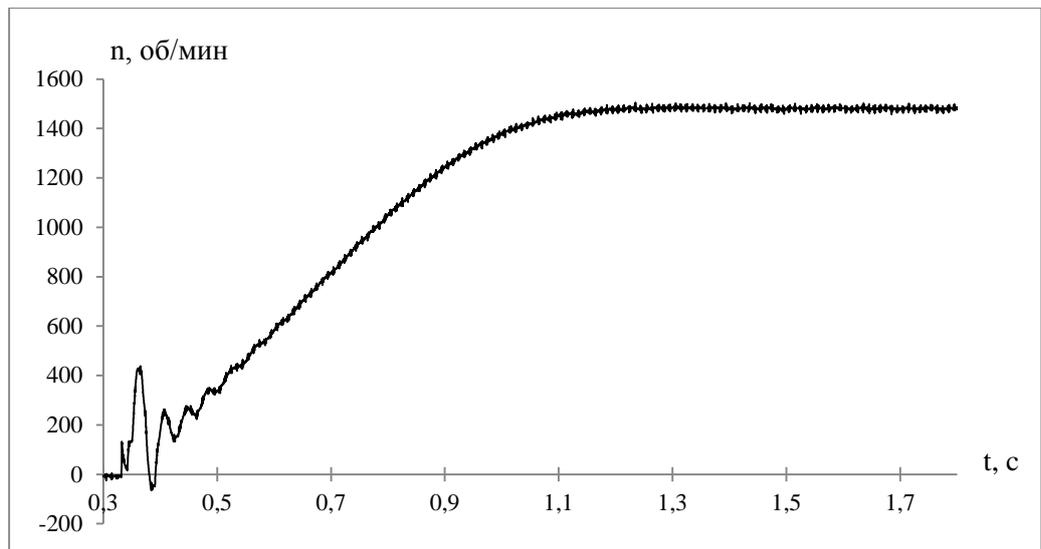
В настоящее время в мировой практике повсеместно распространено использование различных методов компьютерного моделирования для исследования сложных электромеханических систем, в частности, автоматизированных электроприводов. Во всех случаях существует проблема оценки адекватности получаемых результатов компьютерного моделирования характеристикам реальной физической системы электропривода.

Данный пункт посвящен исследованию прямого пуска электропривода переменного тока. Одним из способов решения этой проблемы может быть сравнение по основным показателям динамики и статики поведения реальной системы электропривода с соответствующими показателями, полученными на физическом стенде с компьютерным аналогом на основе имитационной виртуальной модели.

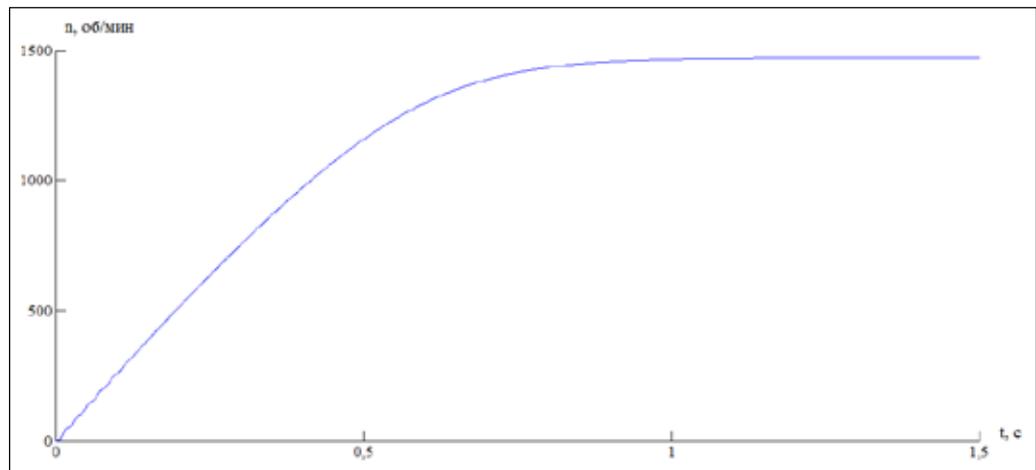
Физическая система содержит следующие базовые элементы: асинхронный электродвигатель с короткозамкнутым ротором марки АИР56А4У3 и программируемое реле LOGO. Имитационная модель синтезирована в среде Matlab.

Для обеспечения максимального соответствия физической системы и имитационной модели, в качестве параметров для виртуальных блоков взяты паспортные данные элементов физической модели.

Для обоих объектов были сняты переходные характеристики при прямом пуске системы, изображенные на рисунке 25.



а)

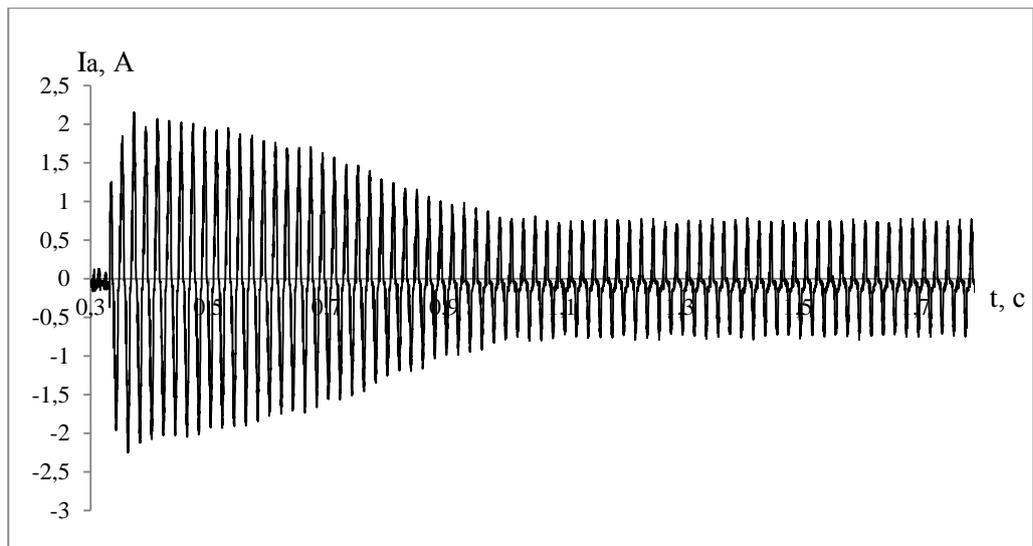


б)

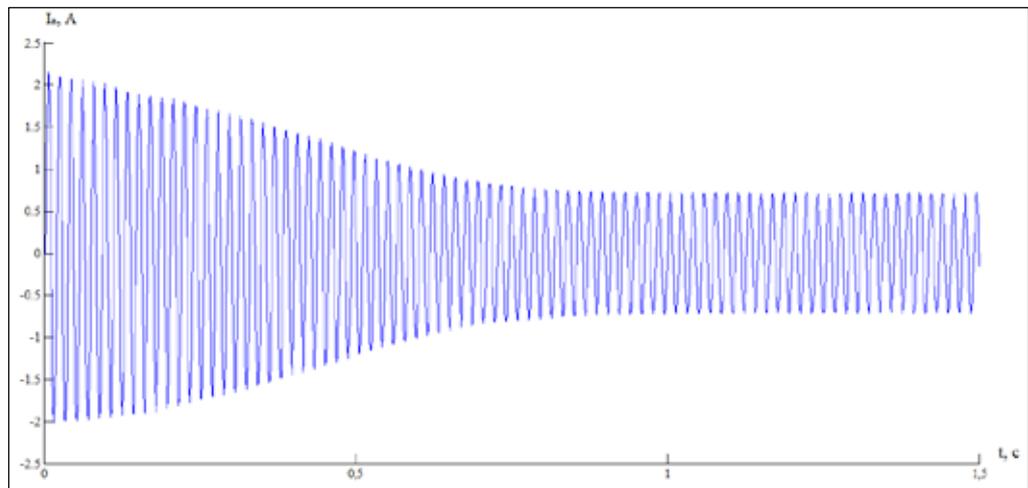
Рисунок 25 –Переходная характеристика $n=f(t)$ асинхронного двигателя при прямом пуске:

а) физическая система; б) имитационная система

Анализ переходных характеристик по скорости (рисунок 25) для различных систем показывает, что скорость холостого хода одинакова и равна $n_0=1480$ рад/с. Время разгона двигателя в обоих случаях составляет 1с.



а)



б)

Рисунок 26 – График зависимости $I_a=f(t)$ при прямом пуске:

а) физическая система; б) имитационная система

Анализ переходных характеристик по току в фазе А (рисунок 26) для различных систем показывает, что величина пускового тока в первый момент времени одинакова и равна 2,1А. Затем ток начинает постепенно уменьшаться и через $t=0,7с$ значение тока будет равно установившемуся значению 0,52А.

На основании приведенного материала можно сделать следующие основные выводы:

1. Имитационная модель, созданная с применением виртуальных блоков, адекватно отражает процессы в реальных системах электропривода;

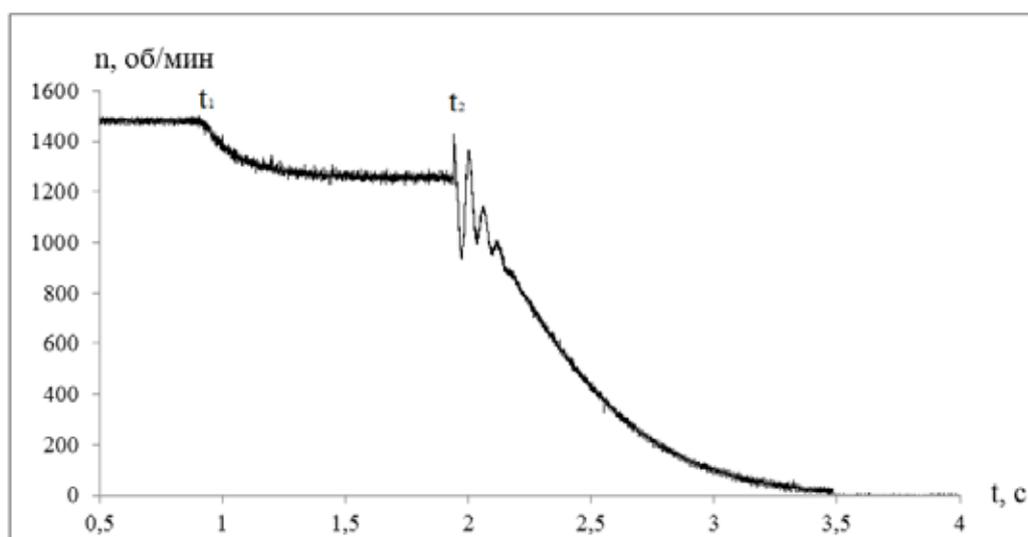
2. Использование имитационных виртуальных моделей дает возможность исследовать электромеханические системы практически любой сложности.

4.2 Максимально-токовая защита

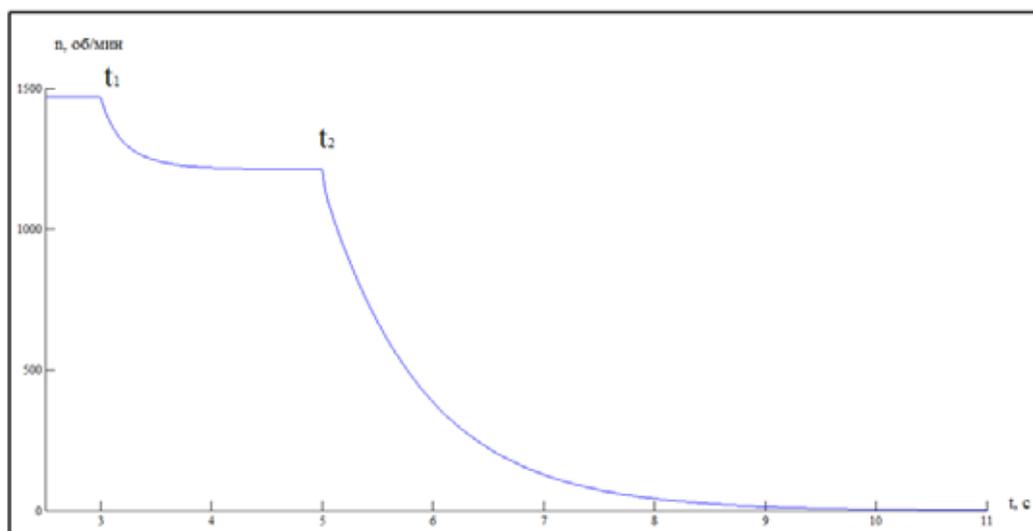
Исследование МТЗ проводилось в соответствии со схемами, представленными на рисунках 16, 19, 20, 21.

В качестве аварийного режима и для проверки работоспособности релейной защиты на исследуемый двигатель подключалась нагрузка больше номинальной.

Анализ переходных характеристик по скорости (рисунок 27) для различных систем показывает, что скорость холостого хода одинакова и равна $n_0=1480$ рад/с. В момент времени t_1 на двигатель подается нагрузка больше номинальной. Релейная защита сработает в момент времени t_2 , отключая тем самым двигатель от сети. Время торможения физической системы составляет 1,5с; имитационной модели – 6с. Такое расхождение по времени можно объяснить тем, что в имитационной модели не учитываются силы на трения в подшипниках, на трение вращающихся частей о воздух (вентиляционные потери).



а)

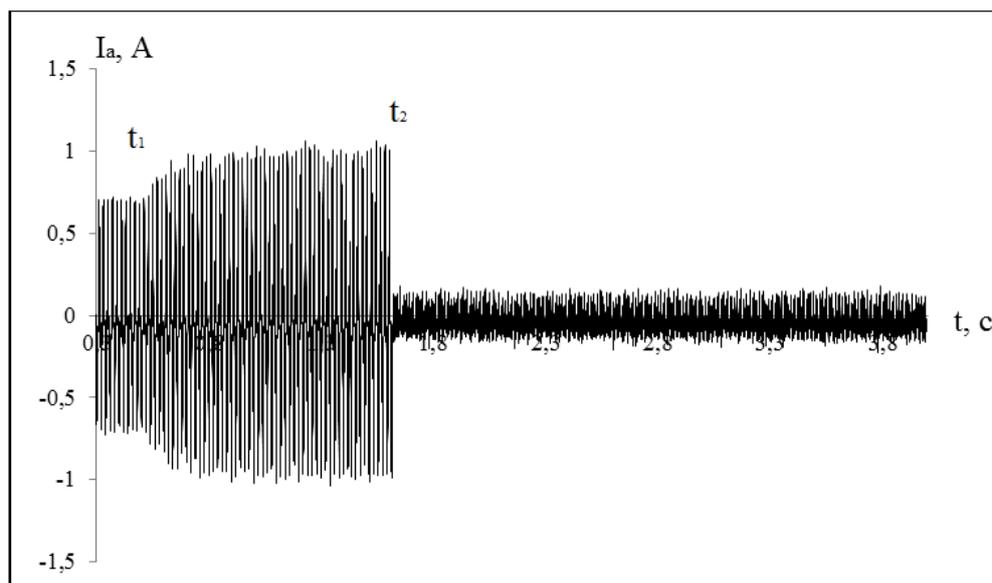


б)

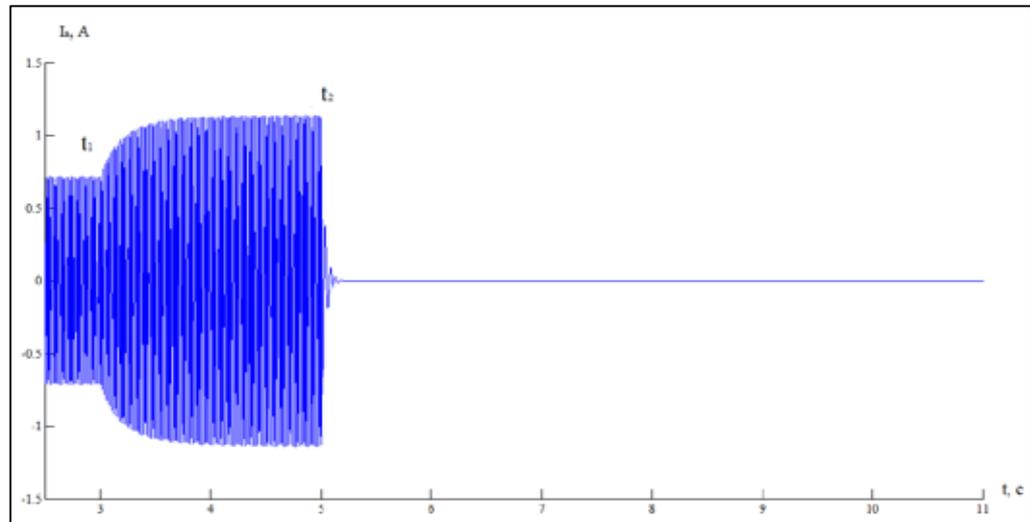
Рисунок 27 – График зависимости $n=f(t)$ при моделировании
максимально-токовой защиты:

а) физическая система; б) имитационная система

Анализ переходных характеристик по току (рисунок 28) для различных систем показывает, что в момент времени t_1 при подаче на двигатель нагрузки больше номинальной, ток начинает возрастать, обусловлено возрастанием потерь в меди обмоток. Наличие тока в физической системе после отключения питания объясняется неисправным датчиком, плохим соединением проводов, неисправностью аналого-цифрового преобразователя.



а)



б)

Рисунок 28—График зависимости $I_a=f(t)$ при моделировании
максимально-токовой защиты:

а) физическая система; б) имитационная система

4.3 Использование резервного двигателя

Исследование резервирования проводилось в соответствии со схемами, представленными на рисунках 17, 22, 23, 24.

В качестве аварийного режима и для проверки работоспособности релейной защиты был смоделирован обрыв фазы С.

Анализ переходных характеристик по скорости (рисунок 29) для различных систем проведем по участкам:

Участок 1 – участок работы электродвигателя на холостом ходу, установившийся режим работы. Частота вращения равна $n=1500$ об/мин.

Участок 2 – свидетельствуют об обрыве фазы. Данное явление заметно при рассмотрении физической модели. Таким образом, можно сделать вывод, что при работе двигателя на холостом ходу скорость не чувствительная к обрывам фаз. Время работы на этом участке равно 2с.

Участок 3 – через две секунды срабатывает релейная защита на отключение двигателя М1. На пульт управления подается сигнал об аварии.

Участок 4 – через две секунды после срабатывания релейной защиты включается резервный двигатель М2. Данный участок соответствует разгону двигателя.

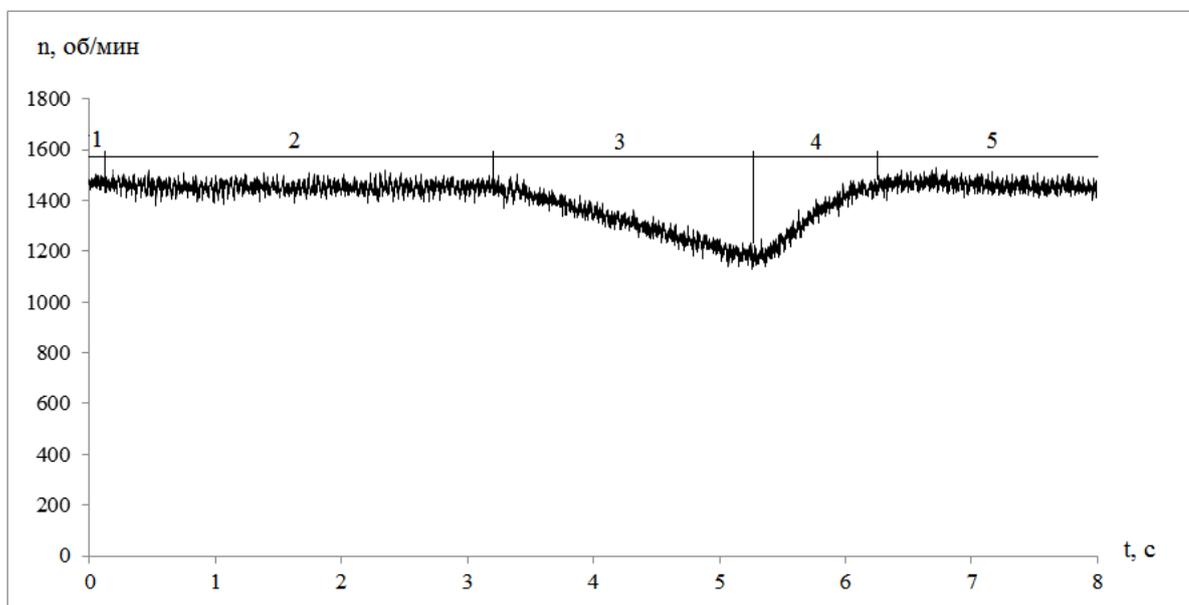
Участок 5 – резервный двигатель работает в установившемся режиме, на холостом ходу.

Анализ переходных характеристик току (рисунок 30) для различных систем проведем по участкам:

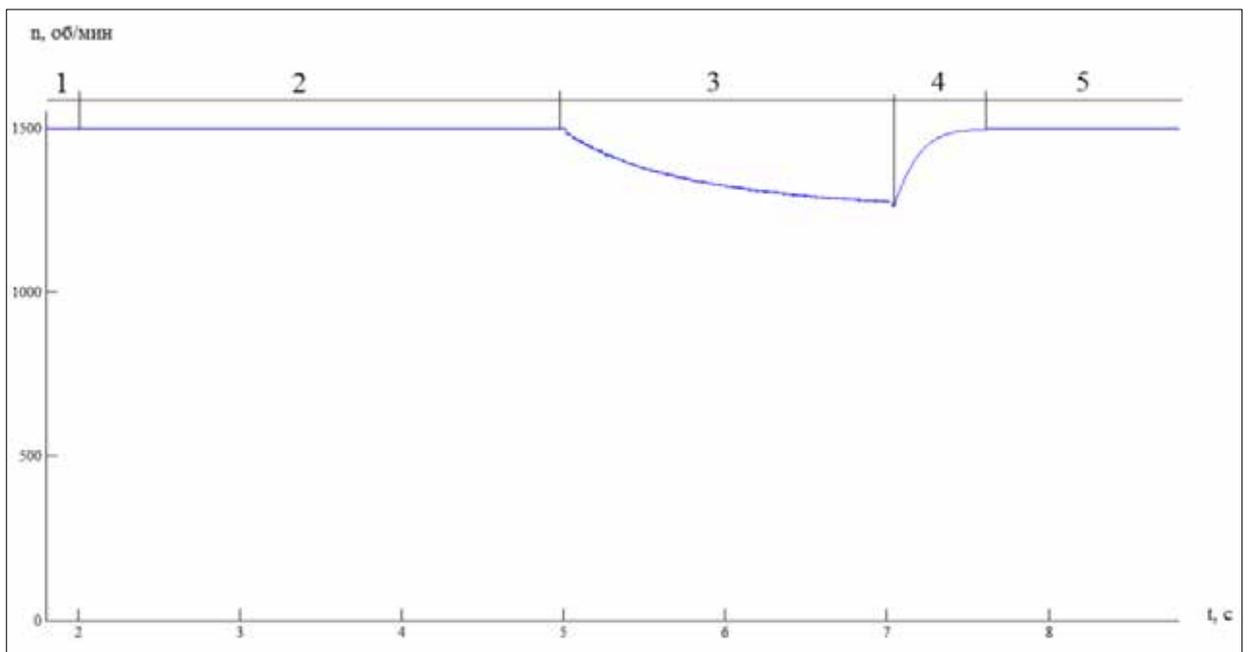
Участок 1 – участок работы электродвигателя на холостом ходу, установившийся режим работы.

Участок 2 – свидетельствуют об обрыве фазы С. Ток в фазе С равен нулю, в фазе А возрастает. Наличие тока в физической системе при обрыве фазы и отключении питания объясняется неисправным датчиком, плохим соединением проводов, неисправностью аналого-цифрового преобразователя.

Участок 3 – через две секунды срабатывает релейная защита на отключение двигателя М1. На пульт управления подается сигнал об аварии.



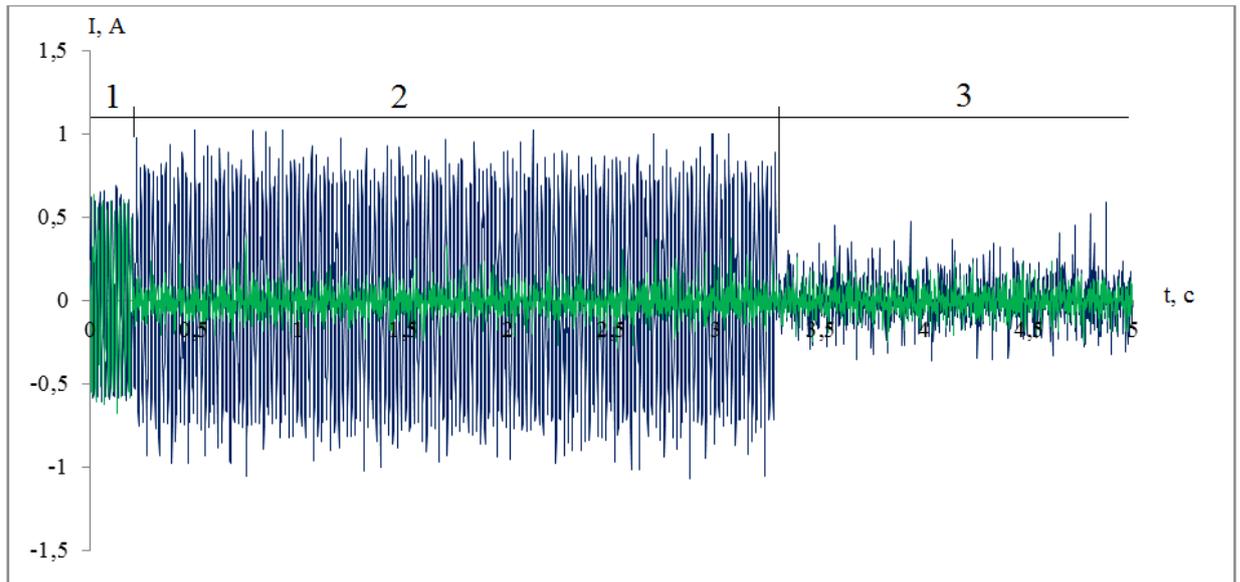
а)



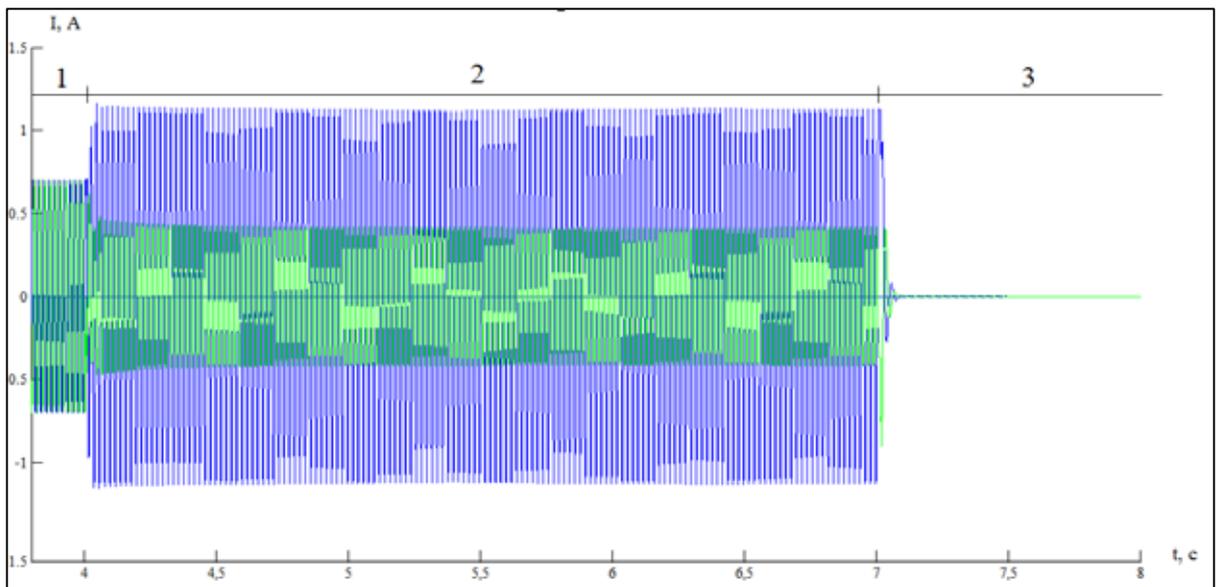
б)

Рисунок 29 – График зависимости $n=f(t)$ при резервировании двигателя:

а) физическая система; б) имитационная система



а)



б)

Рисунок 30 – График зависимости $I=f(t)$ при резервировании двигателя:

а) физическая система; б) имитационная система

**ЗАДАНИЯ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСО-
СБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
3-5Г4А1	Федорова Софья Сергеевна

Школа	Инженерная школа энергетики(ИШЭ)	Отделение	Электропривода и электрооборудования (ЭПЭО)
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	13.03.02 Электроэнергетика и электротехника (ЭЭО)

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

1. Стоимость затрат технического проекта (ТП):	"Положению об оплате труда ТПУ". Приказ 25.05.2016 №5994
2. Продолжительность выполнения ТП	По приблизительной оценке, продолжительность ТП составляет 98 рабочих дней.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка потенциала и перспективности реализации технического проекта (ТП) с позиции ресурсоэффективности	Потенциал и перспективность реализации ТП оценивается проведением SWOT-анализа, а ресурсоэффективность ТП с помощью интегральной оценки ресурсоэффективности.
2. Планирование графика работ по реализации ТП	При использовании графика работ по реализации ТП используется оценка трудоёмкости работ для каждого исполнителя. По полученным данным составляется ленточная диаграмма Ганта.
3. Составление сметы ТП	При составлении сметы ТП используется следующая группировка затрат по статьям; - материальные затраты - полная заработная плата исполнителей - отчисления во внебюджетные страховые фонды - накладные расходы

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Диаграмма Ганта

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент, отделение социально-гуманитарных наук	Мелик-Гайказян Мария Вигеновна	к.э.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5Г4А1	Федорова Софья Сергеевна		

5. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Целью данного раздела является определение перспективности и успешности технического проекта, выполняемого в рамках выпускной квалификационной работы, при этом рассматриваются планово-временные и материальные показатели процесса проектирования.

Достижение цели обеспечивается решением задач:
оценка технологического проекта при помощи SWOT-анализа;
планирование проектно-конструкторских работ;
расчет затрат на проведение проектной работы;
определение ресурсосберегающей эффективности проекта.

5.1 SWOT-анализ электропривода приемного рольганга

SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта [1].

Согласно проекту по разработке электропривода, SWOT-анализ даст возможность проанализировать сильные и слабые стороны проекта.

Для проведения SWOT-анализа составляется матрица SWOT, в которую записываются слабые и сильные стороны проекта, а также возможности и угрозы. При составлении матрицы SWOT удобно использовать следующие обозначения:

С – сильные стороны проекта;
Сл – слабые стороны проекта;
В – возможности;
У – угрозы.

При построении интерактивных матриц используются следующие обозначения:

«+» – сильное соответствие;
«-» – слабое соответствие.

Сильные стороны – это факторы, характеризующие конкурентоспособную сторону научно-исследовательского проекта.

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

Возможности – 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.

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

Матрица SWOT – анализ приведена ниже в таблице 3.

Таблица 3 – Матрица SWOT-анализ

	Сильные стороны: С1.Высокое быстродействие. С2. Повышенная перегрузочная способность. С3Электродинамическое торможение. С4. Дистанционное управление электроприводом. С5. Защита оборудования в аварийных режимах.	Слабые стороны: Сл1. Трудность решения задач программирования Сл2. Дороговизна оборудования Сл3.Сложность эксплуатации электрооборудования
--	--	---

<p>Возможности:</p> <p>В1. Экономия мощности энергоблоков</p> <p>В2. Уменьшение себестоимости путем усовершенствование новых технологий.</p> <p>В3. Добавочное питание электропривода.</p> <p>В4. Увеличение стоимости конкурентоспособных систем.</p>	<p>В1С1С2С3С4;</p> <p>В2С1С2С4С5;</p> <p>В3С1С4С5;</p> <p>В4С1С2С5.</p>	<p>В1Сл2;</p> <p>В2Сл1;</p> <p>В3Сл2.</p>
<p>Угрозы:</p> <p>У1. Исчезновение энергии электропривода.</p> <p>У2. Критические изменения в отношениях с поставщиками.</p> <p>У3. Ввод специальных государственных правил к стандартизации и сертификации изделий.</p> <p>У4. Нехватка финансового обеспечения со стороны государства.</p>	<p>У1С1С3;</p> <p>У2С5;</p> <p>У3С1;</p> <p>У4С3.</p>	<p>У1Сл3;</p> <p>У2Сл2;</p> <p>У3Сл2.</p>

Кроме того, нужно выявить соответствие сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды для определения необходимости стратегических изменений. Для этого необходимо построить матрицы проекта, таблица 4.

Таблица 4 – Интерактивная матрица возможностей

Возможности	Сильные стороны проекта				
	С1	С2	С3	С4	С5
В1	+	+	+	+	-
В2	+	+	-	+	+
В3	+	-	-	+	+
В4	+	+	-	-	+
	Слабые стороны проекта				
	Сл1	Сл2	Сл3		
В1	-	+	-		
В2	+	-	-		
В3	-	-	-		
В4	-	+	-		

Следующий шаг при анализе проекта: выявление сильных/слабых сторон и угроз таблица 5.

Таблица 5 – Интерактивная матрица угроз

Угрозы	Сильные стороны проекта				
	С1	С2	С3	С4	С5
У1	-	-	-	-	-
У2	+	-	+	-	-
У3	-	-	+	-	+
У4	+	-	-	-	-
	Слабые стороны проекта				
	Сл1	Сл2		Сл3	
У1	-	+		-	
У2	-	-		+	
У3	-	+		-	
У4	-	-		-	

Из результатов анализа интерактивных матриц, которые приведены в таблицах 2 и 3, видно, сильной стороной проекта являются надежность, плавность пуска и торможения механизмов, а также производительность. Кроме того, значительная экономия потребляемой электрической энергии и добавочное питание электропривода представляют перспективность проекта в целом. Угрозы имеют низкие вероятности, что говорит о высокой надежности проекта.

5.2 Планирование и формирование графика работ по реализации технического проекта

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

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

Одной из важных частей данного проекта является составление графика проведения ТП, который предназначен для распределения обязанностей по выполнению работ.

Для выполнения проектирования формируется рабочая группа, в состав которой входят научный руководитель и дипломник. Каждый вид запланированных работ закреплен за соответствующим исполнителем. Весь комплекс работ разобьем на 10 этапов. Номера этапов соответствуют следующие виды выполняемых работ, представленные в таблице 4.

№1 – составление и утверждение технического задания(ТЗ) – включает в себя формулировку требований к техническому проекту, изучение первичной информации об объекте , составление задания и плана на работу;

№2 – изучение литературы – ознакомление с предметом работы, изучение различных источников, касающихся различных сторон технического проекта;

№3 – сбор исходных данных – сбор параметров для логического модуля Siemens LOGO, нагрузок, графиков режимов работы оборудования;

№4 – Расчет параметров, выбор двигателя и преобразователя частоты - Выбор приводного электродвигателя. Расчет параметров электродвигателя. Определение параметров схемы замещения. Расчет механических и электро-механических характеристик электродвигателя. Выбор элементов электроавтоматики. Разработка электрической схемы привода.

№5 – Моделирование в среде MatLabSimulink, разработка программы для управления технологическим процессом в LOGO!Soft Comfort. - Разработка имитационной модели электропривода со скалярным управлением. Исследование нелинейной САУ ЭП в заданных режимах работы.

№6 – Составление раздела "Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение" - SWOT-анализ технического проекта. Планирование работ технического проекта. Составление сметы технического проекта. Определение ресурсоэффективности технического проекта.

№7 – Составление раздела "Социальная ответственность" - Анализ опасных и вредных факторов. Техника безопасности. Производственная санитария. Пожарная безопасность. Охрана окружающей среды.

№8 – Оформление пояснительной записки - Объединение, систематизация и оформление согласованных и утвержденных разделов ВКР в пояснительную записку. Оформление пояснительной записки, окончательная проверка руководителем, устранение замечаний.

№9 – Проверка и утверждение ВКР - Размещение пояснительной записки на ЭБС-ресурсе ТПУ для проверки, утверждение руководителем.

№10 – дача проекта - Подготовка к защите, защита ВКР.

Таблица 6 – Перечень этапов работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ работы	Содержание работ	Исполнитель
Составление технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель
Выбор направления технического проектирования	2	Подбор и изучение материалов по теме	Дипломник
Теоретические и экспериментальные исследования	3	Сбор исходных данных	Дипломник
	4	Расчет параметров, выбор двигателя и преобразователя частоты	Дипломник
	5	Разработка имитационной модели	Руководитель Дипломник
Оформление отчета по техническому проектированию и защита ВКР	6	Составление раздела "Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение"	Дипломник
	7	Составление раздела "Социальная ответственность»	Дипломник
	8	Оформление пояснительной записки	Руководитель Дипломник
	9	Проверка и утверждение ВКР	Руководитель Дипломник
	10	Проверка выпускной квалификационной работы руководителем. Подготовка к защите ВКР	Руководитель, Дипломник

5.1.1 Определение трудоемкости выполнения ТП

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

Трудоемкость выполнения технического проекта оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ожі}$ используется следующая формула [16]:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5}, \quad (1)$$

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

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

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

Результаты продолжительности выполнения работ приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Расчет продолжительности работ, раб.-дн.

Наименование работ	Исполнитель	t_{\min} , дн.	t_{\max} , дн.	Ожидаемая трудоемкость выполнения
1. Составление и утверждение технического задания	Руководитель	1	1	1
2. Подбор и изучение материалов по теме	Дипломник	14	29	20
3. Сбор исходных данных	Дипломник	9	14	10
4. Расчет параметров, выбор двигателя и преобразователя частоты	Дипломник	9	14	10
	Руководитель	1	1	1
5. Моделирование в среде MatLabSimulink, разработка	Дипломник	11	19	15

программы для управления технологическим процессом в LOGO!Soft Comfort.	Руководитель	1	1	1
6. Составление раздела "Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение"	Дипломник	8	13	10
7. Составление раздела "Социальная ответственность"	Дипломник	7	12	10
8. Оформление пояснительной записки	Дипломник	14	29	20
9. Проверка и утверждение ВКР	Дипломник	3	8	5
	Руководитель	2	4	3
10. Сдача проекта	Дипломник	2	5	3
	Руководитель	1	1	1

5.2.3. Разработка графика проведения технического проекта

В рамках планирования технического проекта необходимо построить ленточный график проекта.

Диаграмма Ганта – представляет собой ленточную диаграмму, которая имеет две шкалы: шкала выполняемых задач и временная шкала. В соответствии со сроком, отведенным по проекту каждой задаче, он откладывается на временной шкале.

В результате построения ленточного графика проведения технического проекта в диаграмме Ганта (Рисунок 1), был наглядно и детально представлен перечень этапов, работ и распределение обязанностей между исполнителями проекта. Данный ленточный график достаточно удобен в построении, прост в прочтении и наглядно отражает затраченное время на этапы работы. Исходя из составленной диаграммы, можно сделать вывод, что продолжительность работ занимает 12 декад, начиная со второй декады февраля и заканчивая первой декадой июня. Учитывая вероятностный характер оценки трудоемкости, реальная продолжительность работ может быть как меньше (при благоприятном стечении обстоятельств), так и несколько превысить указанную продолжительность (при неблагоприятном стечении обстоятельств).

Продолжительность выполнения технического проекта составила 99 рабочих дней. Из них: 98 дней – продолжительность выполнения работ дипломником; 5 дней – продолжительность выполнения работ научным руководителем.

5.3. Расчёт затрат на осуществление технического проекта

При планировании сметы технического проекта (ТП) должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением. В процессе формирования сметы ТП используется группировка затрат по следующим статьям:

- стоимость комплектующих и оборудования;
- стоимость вспомогательных материалов;
- затраты на основную заработную плату;
- затраты на дополнительную заработную плату;
- затраты на отчисления в социальные фонды;
- накладные расходы.

№ этапа работ	Вид работ	Исполнители	T_{pi} , раб. дн.	Продолжительность выполнения работ												
				Февр.		Март			Апрель			Май			Июнь	
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	
1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель	1	-												
2	Подбор и изучение материалов по теме	Дипломник	20	—	—											
3	Сбор исходных данных	Дипломник	10		—	—										
4	Расчет параметров, выбор двигателя и преобразователя частоты	Руководитель Дипломник	1 10				-									
5	Разработка имитационной модели	Руководитель Дипломник	1 15				-	—								
6	Составление раздела "Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение"	Дипломник	10						—							
7	Составление раздела "Социальная ответственность»	Дипломник	10							—						
8	Оформление пояснительной записки	Дипломник	20								—	—				
9	Проверка и утверждение ВКР	Руководитель Дипломник	5 2											—	—	
10	Проверка выпускной квалификационной работы руководителем. Подготовка к защите ВКР	Руководитель Дипломник	3 1												—	—

Рисунок 31 – Диаграмма Ганта

5.3.1. Расчет материальных затрат

В материальные затраты включаются затраты на канцелярские принадлежности, информационные носители (флеш-карты), картриджи и т.п.

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = \sum_{i=1}^m C_i \times N_{расхi}, \quad (2)$$

где m – количество видов материальных ресурсов;

$N_{расхi}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию (натур.ед.);

C_i – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./натур.ед.);

Значения цен на материальные ресурсы установлены по данным, размещенным на сайте канцелярского магазина ТД „Канцелярский мир”.

Привлечение сторонней организации „Ресчат 24” для типографических работ.

Таблица 8 – Материальные затраты

Наименование	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, руб.
Бумага	1	320	320
Ручка	1	12	12
Брошюровка	1	50	50
Калькулятор	1	220	220
Линейка	1	40	40
Печать	200	1.7	340
USB накопитель	1	218	218
Итого			1200

5.3.2 Полная заработная плата исполнителей темы

В этом разделе рассчитывается основная и дополнительная заработная плата всех исполнителей, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок.

Полная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{полн}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}, \quad (3)$$

где $Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата, руб.;

$Z_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата, руб.

Основная заработная плата исполнителей рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_{\text{р}}, \quad (4)$$

где $Z_{\text{дн}}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.;

$T_{\text{р}}$ – продолжительность работ, выполняемых работником, раб. дн.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{тс}} + Z_{\text{р.к.}}}{F_{\text{д}}}, \quad (5)$$

где $Z_{\text{тс}}$ – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$Z_{\text{р.к.}}$ – доплата с учетом районного коэффициента (30 %), руб.;

$F_{\text{д}}$ – количество рабочих дней в месяце (26 при 6 – дневной рабочей неделе), раб. дн.

Расчет основной заработной платы приведен в таблице 9.

Таблица 9 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	Оклад, руб.	Районная доплата, руб.	Месячная зарплата, руб.	Среднедневная заработная плата, руб.	Кол-во дней	Основная заработная плата руб.
Руководитель	33 664	10 099	43 763	1 683	5	8415
Дипломник	12 300	3 690	15 990	615	98	60 270

Дополнительная заработная плата составляет 12 – 15% от основной, расчет дополнительной и полной заработной платы приведен в таблице 10.

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}} \quad (6)$$

Таблица 10 – Расчет дополнительной и полной заработной платы

Исполнители	Коэф. доплаты	Основная заработная плата руб	Дополнительная заработная плата руб	Полной заработной плата, руб.
Руководитель	0,15	8 415	1 262	9 700
Дипломник	0,12	60 270	7 306	67 500
Итого		68 685	8 568	77 200

5.3.3 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

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

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \quad (7)$$

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

В соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30 %.

Отчисления во внебюджетные страховые фонды составят:

$$Z_{\text{внеб}} = 0,30 \cdot 77,8 = 23,5 \text{ тыс. руб.}$$

5.3.4. Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не включенные в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д.

Величина коэффициента накладных расходов принимается в размере 16%, от общей суммы затрат.

5.3.5. Формирование сметы затрат технического проекта

Рассчитанная величина затрат технического проекта является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при заключении договора с заказчиком защищается организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку технической продукции.

Определение бюджета затрат на технический проект приведен в таблице 11.

Таблица 11 – Стоимость комплектующих и оборудования

Наименование статьи	Сумма, тыс.руб.	Структура затрат %
1. Материальные затраты ТП	1,2	1,0
2. Затраты по полной заработной плате исполнителей темы	77,8	63,8
3. Отчисления во внебюджетные фонды	23,4	19,2
4. Накладные расходы	19,5	15,6
5. Итого	121,9	100,0

В ходе выполнения данного параграфа была рассчитана продолжительность выполнения технического проекта, которая составляет 98 рабочих дней для дипломника и 5 для руководителя. Составлен календарный график выполнения работ. Смета затрат на разработку технического проекта составляет 122 тыс.руб, из которых более половины (63%) составляют затраты на оплату труда. Все результаты проекта оказались ожидаемы и могут быть реализованы.

5.3.6. Определение ресурсоэффективности проекта

Определение ресурсоэффективности проекта можно оценить с помощью интегрального критерия ресурсоэффективности [16]:

$$I_{pi} = \sum a_i \times b_i \quad (8)$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности;

a_i - весовой коэффициент разработки;

b_i - балльная оценка разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

Для оценки ресурсоэффективности проекта были подобраны критерии эффективности такие как:

- повышение производительности труда пользователя осуществляется путем автоматизации технологического процесса;

- удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей) – возможность диспетчеризации позволяет сократить количество осмотров системы за период эксплуатации;

- энергоэкономичность – применение частотно-регулируемого электропривода дает возможность использовать плавный пуск приемного рольганга ;

- надежность – отсутствие ударов при переключении на другие скорости;

- уровень шума – применение частотно-регулируемого электропривода значительно снижает уровень шума приемного рольганга;

- безопасность – нет необходимости постоянного присутствия обслуживающего персонала, так как управление и мониторинг за работой приемного рольганга осуществляется дистанционно.

Критерии ресурсоэффективности и их количественные характеристики приведены в таблице 12.

Таблица 12 – Сравнительная оценка характеристик проекта

Критерии	Весовой коэффициент	Балльная оценка разработки
1. Надежность	0,25	5
2. Энергосбережение	0,20	4
3. Материалоемкость	0,15	5
4. Помехоустойчивость	0,15	5
5. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,15	5
6. Способствует росту производительности труда пользователя	0,10	5
Итого:	1,00	

Интегральный показатель ресурсоэффективности технического проекта:

$$I_{pi} = 4 \cdot 0.2 + 5 \cdot 0.15 + 5 \cdot 0.15 + 5 \cdot 0.15 + 5 \cdot 0.1 + 5 \cdot 0.25 = 4.8$$

Показатель ресурсоэффективности проекта имеет высокое значение (по 5-балльной шкале). Высокие баллы надежности и энергосбережению позволяют оценивать о надежности системы.

В результате выполнения поставленных задач по данному разделу, можно сделать следующие выводы:

- в результате проведения SWOT-анализа, что сильных сторон у проекта гораздо больше, чем слабых, а это показывает о перспективности проекта в це-

лом. Установлено, что технический проект имеет несколько важных преимуществ, обеспечивающих повышение производительности, безопасности и экономичности технического производства.

- при планировании технических работ был разработан график занятости для исполнителей, составлена ленточная диаграмма Ганта, позволяющая оптимально скоординировать работу исполнителя.

- составление сметы технического проекта позволило оценить первоначальную сумму затрат на реализацию технического проекта.

- оценка ресурсоэффективности проекта, проведенная по интегральному показателю, дала высокий результат (4,8 по 5-балльной шкале), что свидетельствует о надежности технического проекта.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Группа	ФИО
3-5Г4А1	Федорова Софья Сергеевна

Школа	Инженерная школа энергетика	Отделение	Энергетики и электротехники
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

Тема: «Система управления и защиты для асинхронного двигателя на основе логического модуля Siemens LOGO»

<p>1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения</p>	<p>Объектом исследования является рабочее место, оборудованное ПК и используемое для разработки системы управления и защиты для асинхронного двигателя на основе логического модуля Siemens LOGO</p>
---	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p>	<ul style="list-style-type: none"> - специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; - организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.
<p>2. Производственная безопасность</p> <p>2.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности.</p> <p>2.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности.</p>	<p>Анализ выявления вредных факторов:</p> <ul style="list-style-type: none"> - повышенная или пониженная влажность воздуха; микроклимат. - повышенный уровень статического электричества; - отсутствие или недостаток освещения; - психофизиологические факторы <p>Анализ выявления опасных факторов:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Поражение электрическим током; - Механические травмы в результате нарушения правил техники безопасности.
<p>3. Экологическая безопасность:</p>	<p>Анализ воздействия на литосферу: образование отходов и методы их утилизации.</p>

	<ul style="list-style-type: none"> - защита селитебной зоны - анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); - анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); - анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); <p>разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.</p>
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	<p>Разработка мер по предупреждению ЧС и действий при ее возникновении, а также ликвидации для следующей ЧС:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Пожар.

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Сотникова Анна Александровна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
З-5Г4А1	Федорова Софья Сергеевна		

Введение

Программируемые интеллектуальные реле (микроконтроллеры) Siemens LOGO. Интеллектуальные реле являются одной из разновидностей программируемых логических контроллеров. Диапазон их применения весьма широк, однако чаще всего они состоят на службе в предприятиях, там, где необходимо логическое управление поступающими сигналами, иначе говоря, координация действий электрооборудования. В свою очередь в роли такого электрооборудования может выступать небольшие машины и аппараты, электродвигатели, системы освещения, аппараты поддержки уровня влажности воздуха и т.д. Конструкция программируемых интеллектуальных реле чаще всего моноблочная, в одном небольшом корпусе содержатся все узлы. Это, как правило, блок питания небольшой мощности, микроконтроллер, каналы ввода и вывода информации, клеммы для подключения исполнительных устройств. Корпуса таких устройств невелики. В данном дипломном проекте при разработке систем защиты асинхронного двигателя использовался программируемый микроконтроллер Siemens LOGO.



Программируемые интеллектуальные реле Siemens LOGO

6.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Трудовые отношения регулируются "Трудовым кодексом Российской Федерации"[23], коллективным договором данного предприятия, приказами, инструкциями и иными локальными нормативными актами.

В соответствии с коллективным договором и правилами внутреннего распорядка рабочим считается время, в течение которого работник обязан находиться на рабочем месте и выполнять свои трудовые обязанности.

Для работников, занятых на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, установлена сокращенная продолжительность рабочего

времени, максимально допустимая продолжительность ежедневной работы (смены) не может превышать: при 36-часовой рабочей неделе - 8 часов.

На предприятии организован непрерывный трудовой процесс в три смены [23]:

I смена — с 7 часов утра до 15 часов;

II смена — с 15 часов до 23 часов;

III смена — с 23 часов до 7 часов утра.

Учетным периодом при суммированном учете рабочего времени является календарный месяц. Ночной сменой при указанном режиме признается III смена, а вечерней — II смена.

Ежегодный основной оплачиваемый отпуск продолжительность 28 календарных дней предоставляется работникам в соответствии со ст. 115 ТК РФ[23]. Людям, работающим по совместительству, ежегодные оплачиваемые отпуска предоставляются одновременно с отпуском по основной работе (ст. 286 Трудового кодекса РФ)[23]. Если на работе по совместительству работник не отработал 6 месяцев, отпуск предоставляется авансом. По соглашению между работником и работодателем ежегодный оплачиваемый отпуск может быть разделен на части. При этом хотя бы одна из частей этого отпуска должна быть не менее 14 календарных дней (ст. 125 Трудового кодекса РФ)[23].

На работах с вредными условиями труда, а также на работах, связанных с загрязнением, работникам выдается бесплатно по установленным нормам специальная одежда, специальная обувь и другие средства индивидуальной защиты. В соответствии со статьей 222 Трудового кодекса Российской Федерации на работах с вредными условиями труда предоставляется бесплатно по установленным нормам лечебно-профилактическое питание.

6.2 Производственная безопасность

Табл.13. Возможные опасные и вредные факторы согласно ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разработка	Изготовление	Эксплуатация	
Повышенная или пониженная влажность воздуха (микроклимат);		+	+	ГОСТ 12.0.003-74 Опасные и вредные производственные Факторы;
Повышенный уровень статического электричества;			+	ГОСТ 12.0.003-74 Опасные и вредные производственные факторы;
Отсутствие или недостаток освещения;	+	+	+	Требуемая норма освещения Е _{нор} =200 ЛК. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95[28].
Психофизиологические факторы;	+	+	+	ГОСТ 12.0.003-74 Опасные и вредные производственные факторы.
Акустические колебания в производственной среде (шум);			+	СН 2.2.4/2.1.8.562–96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки; СП 51.13330.2011. Защита от шума. [20]
Механические колебания твердых тел и их поверхностей (вибрация).			+	Допустимый уровень вибрации по ГОСТ 12.1.003-83-99 ССБТ [24] цеху обогашения –90дБ.
Поражение электрическим током;			+	ГОСТ ИЕС 61140-2012 Защита от поражения электрическим током.
Механические травмы.			+	ГОСТ 12.4.280-2014 Система стандартов безопасности труда

6.2.1 Анализ вредных и опасных производственных факторов

Повышенная или пониженная влажность воздуха

В помещении осуществляется естественная вентиляция посредством наличия легко открываемого оконного проема (форточки), а также дверного проема. По зоне действия такая вентиляция является общеобменной. Основным недостатком - приточный воздух поступает в помещение без предварительной очистки и нагревания. Согласно [18] объем воздуха необходимый на одного человека в помещении без дополнительной вентиляции должен быть более 40м³.

Влияние микроклимата на самочувствие человека значимо и существенно, а переносимость температуры во многом зависит от скорости движения и влажности окружающего воздуха - чем выше показатель относительной влажности, тем быстрее наступает перегрев организма.

Недостаточная влажность, в свою очередь, может негативно отражаться на организме, становясь причиной пересыхания и растрескивания кожи и слизистой, а также последующего заражения болезнетворными микроорганизмами.

Длительное воздействие высокой температуры при повышенной влажности может привести к гипертермии, или накоплению теплоты и перегреву организма, а пониженные показатели температуры, особенно при повышенной влажности воздуха, могут быть причиной гипотермии, или переохлаждения. Экспериментальные исследования проводились в теплое время года, согласно [18], оптимальная температура равна 22...24°С, относительная влажность при этом до 60...40 %, скорость движения воздуха 0,1 м/с.

Проанализируем микроклимат в помещении, где находится рабочее место.

В таблице 14 приведены параметры микроклимата по ГОСТ

Таблица 14 Оптимальные и допустимые значения характеристик микроклимата

Период года	Температура, С	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холод-	23-25	40-60	0,1
Тёплый	20-22	40	0,1

Повышенный уровень статического электричества

Большинство явлений статического электричества в повседневной жизни человек просто не замечает. Незначительные неприятности могут возникнуть при использовании одежды из шерсти или синтетики. Величины токов в этом случае очень небольшие и не оставляют травм. На бытовом уровне это вполне безопасно. Сложности появляются, когда речь заходит о промышленном производстве, предприятиях перерабатывающей отрасли или машиностроения. В больших количествах электростатические заряды присутствуют на производстве.

Если таких факторов много, образуется электрическое поле с высокими показателями напряженности. В этой обстановке находится не только некомфортно, но и опасно для здоровья. Главная причина для беспокойства в условиях опасного производства — пожарная опасность статического напряжения. На поверхности оборудования или одежды может накопиться большой заряд.

Психофизиологические факторы

Психофизиологические проявления состояния свидетельствуют о пониженной психофизиологической активности человека и заключаются в следующем:

- снижении уровня бодрствования (изменение альфа-ритма ЭЭГ);
- снижении тонуса симпатического отдела вегетативной нервной системы (урежение частоты пульса, снижение артериального давления, увеличение аритмии пульса и др.);
- снижении тонуса скелетной мускулатуры;
- также ухудшением рабочих действий, замедлением их и увеличением ошибок в работе.

Для повышения работоспособности в условиях монотонности:

- целесообразно введение частых (через 60 - 120 мин.), но коротких (5 - 10 мин.) регламентированных перерывов;
- устраивать физкультурные минутки (по 1,5 - 3 мин.), которые проводятся самостоятельно 3 - 5 раз за рабочую смену в микропаузы между трудовыми операциями.

Акустические колебания в производственной среде (шум)

Из наиболее распространенных в производстве вредных факторов являются шум и вибрации. Они создаются работающим оборудованием, преобразователями напряжения, работающими осветительными приборами дневного света, а также проникает извне. Шум и вибрация вызывают головную боль, быструю утомляемость, бессонницу или сонливость, ослабляет внимание, ухудшается память, снижается реакция.

Основными источниками шума в лаборатории являются работающие двигатели и вентиляторы охлаждения ЭВМ. По [17, 20] при выполнении основной работы уровень звука на рабочем месте не должен превышать 50дБА.

Динамические колебания в производственной среде (вибрации)

Источником динамических вибрации является работающий электромашинный агрегат. По [19] при проектировании уровень вибрации не должен превышать 77 дБ.

В результате исследований установлено, что шум и вибрация ухудшают условия труда, оказывают вредное воздействие на организм человека. Действие шума различно: затрудняет разборчивость речи, вызывает снижение работоспособности, повышает утомляемость, вызывает необратимые изменения в органах слуха человека. Шум воздействует не только на органы слуха, но и на весь организм человека через центральную нервную систему. Ослабляет внимание,

ухудшается память, снижается реакция, увеличивается число ошибок при работе.

Отсутствие или недостаток освещения

Безопасность на производстве в значительной мере зависит от освещения. Свет влияет на физиологическое состояние человека, правильно организованное освещение стимулирует протекание процессов высшей нервной деятельности и повышает работоспособность. При недостаточном освещении человек работает менее продуктивно, быстро устает, растет вероятность ошибочных действий, что может привести к травматизму.

Освещённость на рабочем месте должна соответствовать характеру зрительной работы. В данном случае работы относятся к разряду IV Г [17]. Требуемая норма освещения $E_{нор}=200$ ЛК. Для создания $E_{нор}$ применяется совмещенное освещение: естественное и общее люминесцентное освещение.

Для создания рациональных условий освещения большое значение имеет тщательный и регулярный уход за установками естественного и искусственного освещения.

Средством защиты от отраженного света и бликов, будет многослойный защитный фильтр и если использовать его должным образом, то можно избавиться от стрессов и усталости, а так же от воздействия электромагнитного поля.

Меры защиты от вредных факторов производства:

- 1 Защита от вибраций:
Ограничение контакта работника с вибрацией.
- 2 Защита от шума:
Применение ушных пробок.
- 3 Защита от внешнего облучения:
регламентированные перерывы;

6.2.2 Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения

Поражение электрическим током

К опасным факторам можно отнести наличие в помещении большого количества аппаратуры, использующей однофазный электрический ток напряжением 220 В и частотой 50Гц. По опасности электропоражения помещение с повышенной опасностью, характеризующиеся наличием следующих условий: токопроводящей пылью и возможности одновременного прикосновения человека к соединенным с землей металлическим частям зданий, технологических аппаратов, механизмов, с одной стороны, и к металлическим корпусам электрооборудования — с другой. [23]

Поражение человека электрическим током может произойти в следующих случаях:

- прикосновение к токоведущим частям, оголенным проводам, контактам электроприборов, рубильников, ламповых патронов, предохранителей, находящихся под напряжением;
- прикосновение к частям электрооборудования, металлическим конструкциям сооружений и т.п., в обычном состоянии не находящихся, но в результате повреждения (пробоя) изоляции оказавшихся под напряжением;
- нахождение вблизи места соединения с землей оборванного провода электросети;
- несогласованные и ошибочные действия персонала (подача напряжения на установку, где работают люди; оставление установки под напряжением без надзора; допуск к работам на отключенном электрооборудовании без проверки отсутствия напряжения и т.д.).

Основными мероприятиями по обеспечению электробезопасности являются:

- изолирование (ограждение) токоведущих частей, исключающее возможность случайного прикосновения к ним;
- установки защитного заземления;
- наличие общего рубильника;
- своевременный осмотр технического оборудования, изоляции. [23]

Механические травмы

В качестве механических опасностей обозначаются все физические факторы, которые могут привести к травмам от механического движения деталей машины. Основными видами механических опасностей являются: прижатие или раздавливание; порезы; разрезание или разрубание; защемление или наматывание; втягивание; попадание под удар; поверхностное повреждение или существенное сдирание наружных тканей под действием трения. Средствами защиты могут служить:

1. Обеспечение недоступности опасной зоны;

2. Уменьшение опасности при помощи специальных приспособлений к которым относятся:

- ограждения (кожухи, козырьки, дверцы, экраны, щиты, барьеры и т. д.);
- предохранительные – блокировочные устройства (механические, электрические, электронные, пневматические, гидравлические и т. д.);
- тормозные устройства (рабочие, стояночные, экстренного торможения);
- сигнальные устройства (звуковые, световые), которые могут встраиваться в оборудование или быть составными элементами. [19]

Инженер работает с электроприборами: электрооборудованием и компьютером В данном случае существует опасность электропоражения:

- при непосредственном прикосновении к токоведущим частям во время ремонта электрооборудования задвижки или ЭВМ;

- при прикосновении к нетоковедущим частям, оказавшимся под напряжением (в случае нарушения изоляции токоведущих частей);
- при соприкосновении с полом, стенами, оказавшимися под напряжением;
- имеется опасность короткого замыкания в высоковольтных блоках.

В зависимости от условий в помещении опасность поражения человека электрическим током увеличивается или уменьшается. По "Межотраслевым правилам по охране труда" все помещения делятся на:

- помещения с повышенной опасностью;
- особо опасные помещения;
- помещения без повышенной опасности.

По опасности электропоражения помещение, в котором ведется работа, относится к помещениям без повышенной опасности, т.е. оно не характеризуется наличием повышенной влажности (относительная влажность не превышает 75%), высокой температуры (более 35⁰С), токопроводящих пыли и пола.

При работе в помещении обязательны следующие меры предосторожности:

- перед началом работы нужно убедиться, что выключатели и розетка закреплены и не имеют оголённых токоведущих частей;
- при обнаружении неисправности оборудования и приборов необходимо не делая никаких самостоятельных исправлений сообщить ответственному за оборудование;
- запрещается загромождать рабочее место лишними предметами.

При возникновении несчастного случая следует немедленно освободить пострадавшего от действия электрического тока и, вызвав врача, оказать ему необходимую помощь.

Для защиты от поражения электрическим током все токоведущие части должны быть защищены от случайных прикосновений кожухами (ПУЭ

1.1.32), корпус устройства должен быть заземлен. Заземление выполняется изолированным медным проводом сечением 1.5 мм² (ПУЭ 1.7.78), который присоединяется к общей шине заземления с общим сечением 54 мм² при помощи сварки. Общая шина присоединяется к заземлению, сопротивление которого не должно превышать 4 Ом (ПУЭ 1.7.65). Питание устройства должно осуществляться от силового щита через автоматический предохранитель, который срабатывает при коротком замыкании нагрузки.

6.3. Экологическая безопасность

После окончания срока службы устройство подлежит демонтажу и утилизации. Временное складирование и транспортировка отходов производства и потребления определяется проектом развития промышленного предприятия или самостоятельным проектом обращения с отходами.

Временное складирование отходов производства и потребления допускается:

- на производственной территории основных производителей (изготовителей) отходов,
- на приемных пунктах сбора вторичного сырья,
- на территории и в помещениях специализированных предприятий по переработке и обезвреживанию токсичных отходов,
- на открытых, специально оборудованных для этого площадках.

Временное хранение отходов на производственной территории предназначается:

- для селективного сбора и накопления отдельных разновидностей отходов;
- для использования отходов в последующем технологическом процессе с целью обезвреживания (нейтрализации), частичной или полной переработки и утилизации на вспомогательных производствах.

В зависимости от технологической и физико-химической характеристики отходов допускается их временно хранить:

- в производственных или вспомогательных помещениях;

- в нестационарных складских сооружениях (под надувными, ажурными и навесными конструкциями);
- в резервуарах, накопителях, танках и прочих наземных и заглубленных специально оборудованных емкостях;
- в вагонах, цистернах, вагонетках, на платформах и прочих передвижных средствах;
- на открытых, приспособленных для хранения отходов площадках.

При этом хранение твердых промышленных отходов I класса разрешается исключительно в герметичных оборотных (сменных) емкостях (контейнеры, бочки, цистерны); II - в надежно закрытой таре (полиэтиленовых мешках, пластиковых пакетах); III - в бумажных мешках и ларях, хлопчатобумажных мешках, текстильных мешках; IV - навалом, насыпью, в виде гряд.

Малоопасные (IV класса) отходы могут складироваться как на территории предприятия, так и за его пределами в виде специально отведенных отвалов и хранилищ.

При наличии в составе отходов разного класса опасности расчет предельного их количества для единовременного хранения должен определяться наличием и удельным содержанием наиболее опасных веществ (I-II класса).

Предельное количество отходов при открытом хранении определяется по мере накопления массы отходов в установленном порядке.

Предельное количество накопления отходов на промышленных территориях не нормируется:

- для твердых отходов, концентрированных жидких и пастообразных отходов I класса опасности, упакованных в полностью герметичную тару в закрытом помещении, исключающем доступ посторонних лиц;
- для твердых сыпучих и комковатых отходов II и III классов, хранящихся в соответствующей надежной металлической, пластиковой, деревянной и бумажной таре.

Участок для размещения полигона отходов должен располагаться на территориях с уровнем залегания подземных вод на глубине более 20 метров с коэффициентом фильтрации подстилающих пород не более 10(-6) см/с; на расстоянии не менее 2 метров от земель сельскохозяйственного назначения, используемых для выращивания технических культур, не используемых для производства продуктов питания.

Размер участка определяется производительностью, видом и классом опасности отходов, технологией переработки, расчетным сроком эксплуатации на 20-25 лет и последующей возможностью использования отходов.

6.4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях

По типу ЧС относится к техногенной локальной ситуации. В данном технологическом процессе может возникнуть пожар из-за короткого замыкания и перегрузок при некорректной работе или полной неисправности программируемого логического контроллера Siemens LOGO.

На рабочем месте каждый электропривод оборудования должен быть оснащен защищенной аппаратурой. Должна быть предусмотрена блокировка и защита на случай короткого замыкания и перегрузок.

1. Защита электрооборудования от короткого замыкания и перегрузок;

Защита электрооборудования и электрических сетей от токов короткого замыкания и значительных по величине и продолжительных перегрузок осуществляется предохранителями с плавкими вставками и автоматическими выключателями. При выборе аппаратов защиты должны быть соблюдены следующие условия:

– номинальное напряжение предохранителя должно быть равно или больше номинального напряжения сети

– плавкая вставка предохранителя не должна плавиться при расчетном токе

– плавкая вставка не должна расплавляться при пиковых токах

2. Воспламенения изоляции в следствии повышения температуры

С физической точки зрения, источниками загорания, проявляющимися при описанных аварийных электрических режимах, являются:

а) сильное тепловыделение при прохождении тока. Это может происходить по причине несоответствия величины протекающего тока и сечения проводника – либо за счет того, что ток слишком велик для данного штатного проводника (перегрузка) или микроканала, по которому проходит ток утечки (нагрев при не полном коротком замыкании)

б) искры, возникающие при больших переходных сопротивлениях, а также работе коммутационных устройств другого искрящего «электрооборудования»;

в) макродуги, возникающие при коротком замыкании;

г) раскаленные частицы и капли расплавленного металла, образующиеся при коротком замыкании

При анализе версий обычно учитывают, что источники загорания как правило проявляют себя не поодиночке, а в комплексе. И при коротком замыкании, и при перегрузке, и больших переходных сопротивлениях часто имеет место сочетание последовательно или параллельно протекающих физических процессов и в каждом из них в ходе развития может проявиться несколько указанных факторов:

- при металлическом коротком замыкании – электрическая дуга с присутствующими «опасными факторами», но, плюс к этому, может проявиться и перегрузка за счет прохождения по электрической цепи тока короткого замыкания

- при неметаллическом коротком замыкании – утечка тока, нагрев изоляции, и ее карбонизация, разложение (если она представляет собой органический материал), но, в конечном счете, дело может закончиться пробоем и электрической дугой, опять же, с присутствующими ей «опасными факторами» и характерными следами (дуговыми оплавлениями)

- при перегрузке – нагрев проводников на протяженном участке и более сильный – в локальных зонах БПС. Если последние присутствуют в электрической цепи, то горение при перегрузке, скорее всего, возникнет в зоне их нахождения, если там имеются соответствующие горючие материалы. Если нет, то изоляция перегруженного провода может загореться в любом другом месте. Закончиться же все может, как и в предыдущих случаях, электрической дугой и дуговыми оплавлениями

Заключение

В данной выпускной квалификационной работе была разработана система управления и защиты для асинхронного двигателя на основе логического модуля LOGO.

Для этого был проведен обзор аварийных режимов работы и соответствующих им способов защиты асинхронного двигателя.

Произведен расчет параметров схемы замещения, построены статические характеристики, построена математическая модель асинхронного двигателя АИР56А4У3. На основе полученного материала были смоделированы максимально-токовая защита и автоматическое резервирование.

На лабораторном стенде «Электрический привод» при использовании микроконтроллера LOGO и программного продукта LOGO!SoftComfort, была создана физическая модель системы защиты.

Проведены экспериментальные исследования, которые подтвердили адекватность имитационной модели и работоспособность разработанных систем защиты.

В разделе «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» выполнен технический проект и решены следующие задачи:

- в результате проведения SWOT-анализа были выявлены сильные и слабые стороны выбора технического проекта. Установлено, что технический проект имеет несколько важных преимуществ, обеспечивающих повышение производительности, безопасности экономичности технического производства.

- при планировании технических работ был разработан график занятости для двух исполнителей, составлена ленточная диаграмма Ганта, позволяющая оптимально скоординировать работу исполнителя.

- составление сметы технического проекта позволило оценить первоначальную сумму затрат на реализацию технического проекта.

- оценка ресурсоэффективности проекта, проведенная по интегральному показателю, дала высокий результат (4,6 по 5-балльной шкале), что говорит об эффективности реализации технического проекта.

Реализация данного технического проекта, позволяет увеличить эффективность производства участка путем улучшения энергоэффективности, энергосбережения при внедрении более универсального оборудования, требующего меньше затрат при эксплуатации.

В разделе «Социальная ответственность» определены и проанализированы вредные, опасные факторы, негативные воздействия на окружающую среду, чрезвычайные ситуации, которые могли возникнуть при выполнении работы.

По результатам проделанной работы можно сказать, что программируемое реле LOGO удовлетворяет высоким технологическим требованиям, а именно, его можно запрограммировать на срабатывание при различных аварийных режимах, что увеличивает функциональные возможности, повышает эффективность, снижает затраты.

Список используемой литературы

1. Виды электрической защиты асинхронных электродвигателей // НТЦ Энерго-Ресурс [Электронный ресурс] – 2012. – Режим доступа: <http://www.induction.ru> – Загл. с экрана.
2. Андреев В.А. Релейная защита и автоматика систем электроснабжения: Учебник для вузов – 4-е изд. перераб. и доп. – М.: Высш.шк., 2006 – 639 с.
3. Чернышев И. А., Чернышева Т.А. Монтаж, наладка, эксплуатация и ремонт систем электроснабжения промышленных предприятий: методические указания. – Томск: Изд-во ТПУ, 2010. – 120с.
4. Модельный ряд микропроцессорных защит электродвигателей РДЦ// РЕЛСiС [Электронный ресурс] – 2013. – Режим доступа: <http://www.relsis.ua> – Загл. с экрана.
5. Программируемые интеллектуальные реле(микроконтроллеры) Siemens LOGO!// LLC "ProgressAvtomatika" [Электронный ресурс] – 2013. – Режим доступа: <http://progressavtomatika.ru> – Загл. с экрана.
6. Чернышев А.Ю., Кояин Н.В. Проектирование электрических приводов. Учебно-методическое пособие. Томск, 2005 г.
7. Терехин В.Б. Моделирование систем электропривода в Simulink (Matlab 7.0.1): учебное пособие. - Томск: Изд-во ТПУ, 2010. - 290с.
8. Rolf Iserman, Fault-tolerant. Drive-by-Wire Systems. IEEE Control Systems Magazine. October 2002.
9. Электрическая защита асинхронных электродвигателей// Электрика на производстве и в доме [Электронный ресурс] – 201. – Режим доступа: <http://faza.ru> – Загл. с экрана.
10. LOGO! Soft Comfort ver.6 // Инженерное оборудование [Электронный ресурс] – 201. – Режим доступа: <http://www.eneq.ru> – Загл. с экрана.
11. Карпеш М.А., Красногорцев И.Л., Сенигов П.Н. Силовая электроника. Руководство по выполнению базовых экспериментов. СЭ.001 РБЭ (911). - Челябинск: ООО «Учебная техника», 2003. - 172 с.

12. Конюхова Е.А. Электроснабжение объектов. Москва, 2001, стр.320.
13. Коршунова Л. А., Кузьмина Н. Г. Технико-экономическое обоснование инновационного проекта. Методические указания по выполнению экономического раздела ВКР для студентов энергетических специальностей всех форм обучения. – Томск: Изд-во ТПУ, 2012.
14. Коршунова Л.А., Кузьмина Н.Г. Экономика предприятия и отрасли (в электроэнергетике): учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2010.
15. Непомнящий Е.Г. Инвестиционное проектирование: учебное пособие. – Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2003.
16. Коршунова Л. А., Кузьмина Н. Г. Технико-экономическое обоснование инновационного проекта. Методические указания по выполнению экономического раздела ВКР для студентов энергетических специальностей всех форм обучения. – Томск: Изд-во ТПУ, 2012.
17. Гигиенические требования к электронно-вычислительным машинам и организации работы. Санитарные правила и нормы 2.2.2 2.4.1340 – 03. – М., 2003.
18. Гигиенические нормативы на параметры микроклимата в рабочей зоне. ГОСТ 12.1.005 — 76 и СанПиН 2.2.4.548-96 от 1 октября 1996 года.
19. ГОСТ 54321-2011. Машины и оборудование для пищевой промышленности.
20. Инструкция по охране труда для операторов и пользователей персональных электронно-вычислительных машин и работников, занятых эксплуатацией ПЭВМ и видеодисплейных терминалов. ТОИ Р 01-00-01-96 .
21. Основы противопожарной защиты предприятий ГОСТ 12.1.004 и ГОСТ 12.1.010 – 76.
22. Охрана окружающей среды. Под ред. С.В. Белова. – М.: Высшая школа, 1991.
23. Правила устройства электроустановок. Минэнерго СССР, 6-е издание – Энергоатомиздат, 1996. – 640с.
24. Трудовой кодекс Российской Федерации, 2014 г.