

Школа ИШЭ
 Направление подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника
 Отделение школы (НОЦ) электроэнергетики и электротехники

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Исследование режимов работы синхронного электропривода для регулирующей трубопроводной арматуры

УДК 62-83:621.646

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5А6К	Шишкин Артем Владимирович		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Однокопылов Иван Георгиевич	К.Т.Н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Подопригора Игнат Валерьевич	К.Э.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Мезенцева Ирина Леонидовна			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
13.03.02 Электроэнергетика и электротехника	Тютеева Полина Васильевна	К.Т.Н.		

Результаты обучения по направлению

13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

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>

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

Школа ИШЭ
 Направление подготовки (специальность) 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника
 Отделение школы (НОЦ) электроэнергетики и электротехники

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП
Тютева П.В.
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

бакалаврской работы

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

Студенту:

Группа	ФИО
5А6К	Шишкин Артем Владимирович

Тема работы:

Исследование режимов работы синхронного электропривода для регулирующей трубопроводной арматуры	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	28.02.2020 №59-78/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:

	29.05.2020
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе</p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Материалы преддипломной практики, техническая литература, техническая документация.</p>
---	--

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>Введение, описание технологического процесса, обоснование и выбор системы электропривода, выбор элементов и расчет параметров электропривода, разработка и исследование имитационной модели электропривода, разработка раздела «финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение», разработка раздела «социальная ответственность», заключение</p>
--	--

<p>Перечень графического материала</p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Имитационная модель электропривода, динамические характеристики электропривода.</p>
--	--

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы
(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
Социальная ответственность	Мезенцева Ирина Леонидовна
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Кандидат экономических наук Подопригора Игнат Валерьевич

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

Все разделы выпускной квалификационной работы написаны на русском языке.

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	20.02.2020
--	------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Однокопылов Иван Георгиевич	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5А6К	Шишкин Артем Владимирович		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
5А6К	Шишкин А.В.

Школа	ИШЭ	Отделение школы (НОЦ)	
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

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

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

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<i>1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	Анализ конкурентных технических решений. Оценки перспективности проекта по технологии QuaD.
<i>2. Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	Формирование плана и графика разработки:
<i>3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	-определение структуры работ; -определение трудоемкости работ; -разработка графика Ганта. Формирование бюджета затрат на научное исследование: -материальные затраты; -заработная плата (основная и дополнительная); -отчисления на социальные цели; -амортизация; -накладные расходы.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Оценочная карта QuaD
3. Матрица SWOT
4. Альтернативы проведения НИ

5. График проведения и бюджет НИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5А6К	Шишкин А.В.		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
5А6К	Шишкин Артем Владимирович

Школа	ИШЭ	Отделение (НОЦ)	Электроэнергетики и электротехники
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	13.03.02«Электроэнергетика и электротехника»

Тема ВКР:

Исследование режимов работы синхронного электропривода для регулирующей трубопроводной арматуры	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объект исследования – синхронный электропривод. Область применения – регулирующая трубопроводная арматура
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. 	<ul style="list-style-type: none"> – ТК РФ. Глава 15. Рабочее время. Общие положения; – ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности; – ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление; – ГОСТ 12.1.002-84 Электрические поля промышленной частоты. Допустимые уровни напряженности и требования к проведению контроля на рабочих местах – СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы. – СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение.
<p>2. Производственная безопасность:</p> <p>2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов</p> <p>2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Отклонение показателей микроклимата 2. Превышение уровня шума 3. Превышение уровня вибрации 4. Недостаток естественного света 5. Недостаточная освещенность рабочей зоны 6. Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека

3. Экологическая безопасность:	Отходы, образующиеся в ходе жизненного цикла электрических машин .Бытовые отходы.
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	Наиболее вероятная ЧС в здании - пожар

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ООД	Мезенцева И.Л.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5А6К	Шишкин А.В.		

РЕФЕРАТ

Настоящая выпускная квалификационная работа содержит: 87 страниц, 36 рисунка, 21 таблицу.

Ключевые слова: электропривод, синхронный двигатель с постоянными магнитами, регулирующая трубопроводная арматура, векторное управление.

Объект исследования – режимы работы синхронного электропривода для регулирующей трубопроводной арматуры

Предмет исследования – синхронный двигатель с постоянными магнитами.

В данной выпускной квалификационной работе произведен синтез параметров регуляторов синхронного электропривода переменного тока. Электропривод выполнен на основе синхронного двигателя с постоянными магнитами.

Исследования электропривода произведены в программной среде MathLab Simulink. Полученные результаты соответствуют требованиям технического задания.

В работе также были рассмотрены вопросы техники безопасности и экологичности проекта, проведено технико-экономическое обоснование выполненного проекта.

При оформлении дипломного проекта были использованы программы:

- Microsoft Office Word;
- Microsoft Office PowerPoint;
- Microsoft Office Visio.

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ.....	13
1. ОБЗОР ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ ТРУБОПРОВОДНОЙ АРМАТУРЫ	14
1.1. Типы трубопроводной арматуры.....	14
1.1.1. Задвижки	14
1.1.1.1. Клиновые задвижки.....	16
1.1.1.2. Параллельные задвижки	17
1.1.2. Клапаны.....	17
1.1.3. Краны.....	19
1.1.4. Затворы.....	22
1.2. Выбор электропривода	24
1.3. Выбор редуктора	26
2. РАСЧЕТ СИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА	29
2.1. Математическое описание синхронного двигателя с постоянными магнитами	29
2.1.1. Особенности синхронного двигателя с постоянными магнитами.....	29
2.1.2. Векторная диаграмма и структурная схема синхронного двигателя с постоянными магнитами.....	31
2.2. Параметры силовой части электропривода	34
2.3. Оптимизация контура тока.....	35
2.4. Оптимизация контура скорости.....	36
2.5. Оптимизация контура положения	37
3. ИММИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ТРУБОПРОВОДНОЙ АРМАТУРЫ	38
3.1. Исследование основных режимов работы электропривода	40
3.2. Исследование режима «уплотнение» электропривода.....	48
4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ	51
4.1. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	51
4.1.1. Потенциальные потребители результатов исследования	51
4.1.2. Технология QuaD	52
4.1.3. SWOT-анализ.....	54

4.2.	Определение возможных альтернатив проведения научных исследований	59
4.3.	Планирование научно-исследовательских работ	60
4.3.1.	Структура работ в рамках научного исследования	60
4.3.2.	Определение трудоемкости выполнения работ	61
4.3.3.	Разработка графика проведения научного исследования	62
4.4.	Бюджет затрат на проектирования	66
4.4.1.	Основная заработная плата исполнителей темы	66
4.4.2.	Дополнительная заработная плата исполнителей темы	69
4.4.3.	Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)	70
4.4.4.	Амортизация	71
4.4.5.	Накладные расходы	71
4.4.6.	Формирование бюджета затрат на проектирование	72
4.4.7.	Определение ресурсоэффективности проекта	72
4.5.	Выводы по разделу «Финансовый менеджмент ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	73
5.	СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ	74
5.1.	Введение	74
5.2.	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	74
5.3.	Производственная безопасность	76
5.4.	Анализ опасных и вредных производственных факторов	77
5.4.1.	Отклонение показателей микроклимата	77
5.4.2.	Превышение уровня шума	78
5.4.3.	Превышение уровня вибрации	79
5.4.4.	Недостаток естественного света	80
5.4.5.	Недостаточная освещенность рабочей зоны	81
5.4.6.	Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	82
5.5.	Экологическая безопасность	82
5.6.	Безопасность в чрезвычайных ситуациях	84
5.7.	Выводы по разделу	85
	Заключение	86
	Список используемой литературы	87

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время электропривод - это один из ведущих компонентов во многих областях технической цивилизации. В современных системах электропривода большое применение имеют различные типы электродвигателей и силовых преобразователей.

В области транспортирующей газовое топливо электроприводы используются для привода перекачивающих компрессорных агрегатов. При транспортировке газовых потоков применяются для привода регулирующей арматуры. Также могут использоваться и для других вспомогательных нужд.

От надежности, быстроты и точности в работе электропривода регулирующей арматуры напрямую зависит безопасность и эффективность работы всего комплекса. Именно поэтому так важно исследование режимов работы электропривода. Результаты, полученные в ходе исследования, помогут правильно и точно настроить работу системы.

Для синхронного электропривода регулирующей трубопроводной арматуры будет рассмотрена синхронная машина с возбуждением от постоянных магнитов. Здесь, за счет отсутствия обмотки возбуждения, системы управления током возбуждения, простота конструкции двигателя на постоянных магнитах, а также постоянное удешевление и оптимизация технологии частотно-регулируемого пуска, удешевление технологии производства высококоэрцитивных магнитов делает такой двигатель наиболее экономически выгодным вариантом, особенно если необходима точная частота вращения, а также возможность работы в двигательном генераторном режиме.

1. ОБЗОР ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ ТРУБОПРОВОДНОЙ АРМАТУРЫ

1.1. Типы трубопроводной арматуры

Трубопроводная арматура – устройство, устанавливаемое на трубопроводах, агрегатах, сосудах и предназначенное для управления (отключения, распределения, регулирования, сброса, смешивания, фазоразделения) потоками рабочих сред (жидкой, газообразной, газожидкостной, порошкообразной, суспензии и т.п.) путем изменения площади проходного сечения.

Выделяют четыре типа трубопроводной арматуры: задвижки, клапаны, краны, затворы. Принадлежность к каждому из них определяется конструктивными особенностями, выраженными в направлении перемещения запирающего или регулирующего элемента относительно потока рабочей среды.[1].

1.1.1. Задвижки

Задвижка – это промышленная трубопроводная арматура, запорный орган которой перемещается возвратно-поступательно перпендикулярно оси потока рабочей среды [2]. Задвижки широко применяют во многих областях промышленности для перекрытия потоков газообразных или жидких сред в трубопроводах с диаметрами условных проходов от 50 до 2000 мм при рабочих давлениях 0,4 - 20 МПа и температурах среды до 450°C. Иногда задвижки изготовляют и на более высокие давления. Запирающий элемент обычно находится в крайних положениях «открыто» и «закрыто». Также возможно применение задвижек для двухпозиционного (дискретного) регулирования потока рабочей среды. Перекрытие рабочего потока в задвижках осуществляется за счет запорного элемента, перегораживающего поток. Принципиальная схема задвижки представлена на рисунке 1 [1].

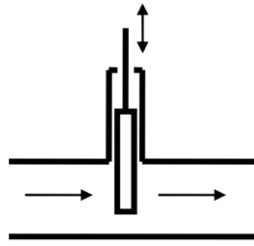


Рисунок 1 – Принципиальная схема задвижки

Задвижки устанавливаются на прямых участках трубопровода, разобщая трубопровод на две части.

По конструкции затвора задвижки могут быть квалифицированы два основных типа:

1) Клиновые задвижки: с цельным (жестким) клином, упругим или составным клином (двухдисковые);

2) Параллельные задвижки, однодисковые, двухдисковые, шиберные. По сравнению с другими видами запорной арматуры задвижки имеют следующие преимущества и недостатки:

Преимущества задвижек:

- незначительное гидравлическое сопротивление при полностью открытом проходе;

- возможность применения для перекрытия потоков среды большой вязкости;

- отсутствие поворотов потока рабочей среды;

- относительно небольшая строительная длина;

- невозможность применения задвижек для рабочих сред с кристаллизующимися включениями;

- сравнительно небольшой допускаемый перепад давлений на затворе;

- невысокая скорость срабатывания;

- возможность подачи рабочей среды в любом направлении. К недостаткам задвижек следует отнести:

- опасность получения гидравлического удара в конце хода;

- трудности ремонта изношенных уплотнительных поверхностей затвора при эксплуатации.

1.1.1.1. Клиновые задвижки

К клиновым относятся задвижки с запорным элементом, который имеет вид клина. В клиновых задвижках седла и их уплотнительные поверхности параллельны уплотнительным поверхностям затвора и расположены под некоторым углом к направлению перемещения затвора. Конструкция клиновой задвижки представлена на рисунке 2 [2].

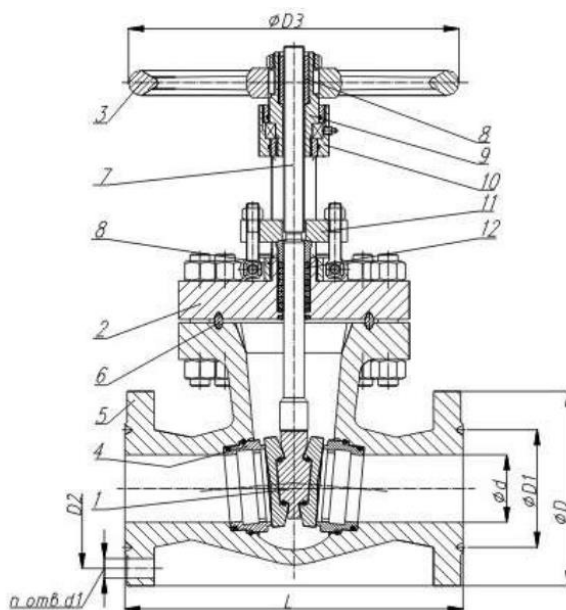


Рисунок 2 – Задвижка клиновая. 1 – клин, 2 – крышка, 3 – маховик, 4 седло, 5 – корпус, 6 – кольцо уплотнительное, 7 – шпиндель, 8 – втулка резьбовая, 9 – втулка, 10 – стойка, 11 – фланец сальника, 12- сальниковое уплотнение из терморасширенного графита

Преимущества клиновых задвижек: повышенная герметичность в закрытом положении. Для обеспечения уплотнения необходимо приложить относительно небольшую величину усилия. Угол между направлением усилия привода и усилиями, которые действуют на уплотнительные поверхности затвора, близок к 90° . Поэтому даже небольшая сила, передаваемая приводом шпинделю, может вызвать значительные усилия в уплотнении.

Недостатками этого типа задвижек являются необходимость использования направляющих для перемещения затвора, повышенные износ уплотнительных поверхностей затвора и технологических трудностей, связанных с получением герметичности в затворе.

1.1.1.2. Параллельные задвижки

Параллельная задвижка – задвижка, у которой уплотнительные поверхности элементов затвора взаимно параллельны и расположены перпендикулярно к направлению потока рабочей среды. Затвор в таких задвижках обычно имеет вид диска, шибера или ножа. На всем пути движения затвора трения уплотнительных поверхностей не, что позволяет уплотнить проход с помощью эластичных колец в двухдисковых задвижках. Кольца монтируются на дисках затвора [2].

Преимуществами параллельной конструкции являются легкость сборки и ремонта, простота изготовления затвора, отсутствие заедания затвора в полностью закрытом положении.

Параллельные задвижки имеют весомые недостатки: на всем пути движения привод преодолевает трение между уплотнительными поверхностями седел и затвора, из-за этого необходим большой расход энергии для того чтобы закрыть и открыть затвор. Из этого вытекает следующий недостаток, значительный износ уплотнительных поверхностей.

1.1.2. Клапаны

Клапан - промышленная трубопроводная арматура, запорный или регулирующий орган которой перемещается возвратно-поступательно параллельно оси потока рабочей среды. Затвор имеет вид плоской или конусной тарелки. В некоторых конструкция затвор может двигаться по дуге. Принципиальная схема клапана представлена на рисунке 3 [1].

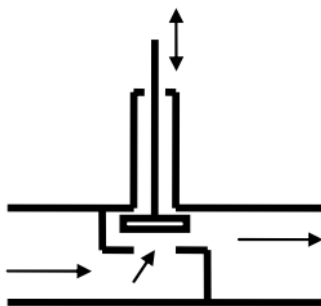


Рисунок 3 - Принципиальная схема клапана

Клапаны используются для создания перепада давления (дроссельные), для предотвращения обратного потока жидкости (обратные), для частичного выпуска рабочей среды при повышении давления сверх установленного уровня

(предохранительные), для понижения давления и поддержания его постоянным (редукционные), для регулирования расхода потока (регулирующие). Также клапаны могут использоваться в качестве запорной арматуры для герметичного отключения трубопроводов, технологических аппаратов, энергетических установок и др.

Достоинства клапанов:

- простота конструкции, обслуживания и ремонта в условиях эксплуатации;
- возможность работы при высоких перепадах давлений на запорном органе и при больших значениях рабочих давлений;
- для полного перекрытия прохода необходим небольшой ход запорного органа (0,25 D);
- относительно небольшие габаритные размеры и масса;
- возможность установки на трубопроводе в любом пространственном положении.
- возможность использования в качестве регулирующей арматуры;

Недостатки клапанов:

- подача рабочей среды возможна только в одном направлении. Это обусловлено конструкцией клапана
- высокое гидравлическое сопротивление, возникающее из-за двукратного изменения направления движения рабочего потока внутри корпуса. Еще одной причиной является проходное сечение седла меньше чем у задвижек;
- невозможность применения при работе с сильно загрязненными рабочими средами и средами с высокой вязкостью;

По назначению клапана: предохранительные; обратные; смешивающие; поплавковые - для контроля и регулирования уровня жидкостей емкостях; регулирующие; балансировочные - для присоединения импульсной трубки к обратному трубопроводу.

По конструкции запорного элемента запорные клапана можно разделить: мембранные (диафрагмовые) и золотниковые.

Мембранные клапаны. Затвор представляет из себя упругую гибкую мембрану, которая под действием приложенного усилия прогибается в направлении, перпендикулярном оси движения потока [2]. Седло представляет из себя край перегородки, стоящую поперек канала для протока рабочей среды. При прогибе мембрана плотно примыкает к краю перегородки и перекрывает свободное сечение для прохода потока. Данный тип клапанов предназначен для перекрывания потоков рабочих сред при невысоких температурах и невысоких рабочих давлениях. Преимущество мембранных клапанов, отсутствие «застойных» зон и полная герметизация.

Золотниковые клапана. Основной частью такого клапана является золотник. Он может быть различной формы: тарельчатым, игольчатым, поршневым (цилиндрическим), сферическим. Форма золотникового клапана зависит от конструктивного исполнения уплотнительных поверхностей – конусные, плоские, сферические [2].

Золотник находится в цилиндрическом канале и при своем перемещении открывает или закрывает своей боковой поверхностью отверстия, которые имеются в цилиндрическом канале. Перемещение золотника может осуществляться сжатым воздухом, поступающим к торцу золотника, или механическими тягами. Возврат золотника в начальное положение обычно осуществляется пружиной [3].

1.1.3. Краны

Кран - промышленная трубопроводная арматура, в которой запорный или регулирующий орган имеет форму тела вращения, который поворачивается вокруг собственной оси, перпендикулярно направлению оси потока рабочей среды. Тело вращения (затвор) имеет отверстие для пропуска потока рабочей среды. Затвор часто называют пробкой [2].

Кран находится в открытом положении, если ось отверстия затвор совпадает с осью трубопровода. Поток может протекать через отверстие. Если же затвор повернуть на 90°, то ось отверстия станет перпендикулярна оси трубопровода и кран закроется. Поэтому для того чтобы открыть или закрыть кран,

требуется совершить всего один поворот затвора на 90°. Поэтому краны, как правило, снабжают рукояткой. Любой кран состоит из двух основных деталей: неподвижный (корпус) и подвижный, вращающийся затвор. Принципиальная схема крана представлена на рисунке 4 [1].

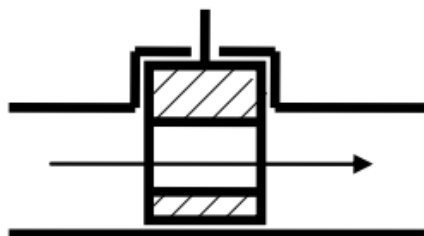


Рисунок 4 - Принципиальная схема крана

Классифицировать краны можно следующим образом [2]:

В зависимости от характера движения пробки:

- краны с вращением пробки без подъема;
- краны с вращением пробки и с её подъемом (отжимом) перед поворотом и последующим опусканием (прижимом) после поворота.

Корпуса и пробки кранов изготавливают из различных материалов: бронзовые, латунные, цинковоалюминиевые чугунные, стальные, титановые, 30 пластмассовые, керамические, графитовые и др. Уплотнительные поверхности изготавливают из металлических, пластмассовых, графитовых материалов. По конструкции корпуса различают краны с разъемом параллельным, перпендикулярным или наклонным к оси трубопровода и с цельным корпусом (без разъема).

Область применения кранов ограничивается давлением в виду наличия скользящих рабочих элементов.

В зависимости от геометрической формы уплотнительных поверхностей пробки и затвора краны разделяют на три основных типа:

- шаровые или сферический затвор, рисунок
- цилиндрические, рисунок
- конусный, рисунок

Типы кранов представлены на рисунке 5.

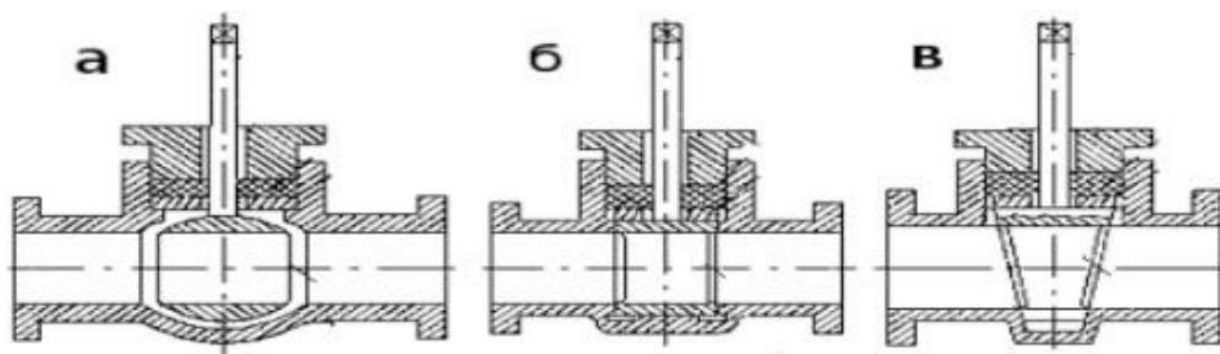


Рисунок 5 – Краны – а шаровой, б – цилиндрический, в – конический.

Достоинства кранов:

- малое время открытия и закрытия (для открытия/закрытия достаточно повернуть маховик на 90°);
- незначительная величина гидравлическое сопротивление; • небольшая строительная высота и длина;
- полнопроходность, в шаровых кранах, допускающая возможность механизированной очистки трубопровода;
- простота конструкции и управления;
- возможность применения при работе с вязкими или загрязнёнными средами;
- универсальность (возможность использования в качестве запорного или регулирующего устройства).

Недостатки кранов:

- для управления кранами с большими условными диаметрами прохода, необходимы большие значения крутящих моментов;
- снижение герметичности в конусных кранах, из – за неравномерного износа по высоте пробок;
- необходимость применения (для некоторых разновидностей) неметаллических уплотнительных элементов;

1.1.4. Затворы

Затвор – промышленная трубопроводная арматура, в которой запорный или регулирующий орган поворачивается вокруг оси, не являющейся его собственной осью. Это определение взято из недействительного ГОСТа 24856- 81. В новом ГОСТе в трубопроводной арматуре осталось определение только дискового затвора [2].

Дисковый затвор – тип трубопроводной арматуры, в котором запирающий или регулирующий элемент имеет форму диска, поворачивающегося вокруг оси, расположенный перпендикулярно или под углом к направлению потока рабочей среды. Не рекомендуется употреблять термин заслонка, запорная заслонка, поворотный затвор. Не правильно откидной клапан, поворотный клапан, поворотно-дисковый клапан, клапан баттерфляй, дроссельный клапан.

Ходом дискового затвора, является вращательное перемещение запирающего (регулирующего) элемента (затвора). Управление такими затворами может осуществляться с помощью электропривода или вручную. В промышленности такой тип арматуры используется в следующих вариантах:

- Запорно-регулирующая арматура в вентиляции (дроссельные заслонки). Дроссельная заслонка (рисунок 6) типа КР 150 используемая в вентиляции для контроля над потоком воздуха. Для предотвращения распространения продуктов горения из одного помещения в другое и огня по воздуховодам применяются противопожарные клапаны (рисунок 7);

- Запорная арматура при работе с сыпучими материалами (рисунок 8). Эта арматура служит для дозирования, транспортировки и обработке сыпучих материалов;

- Запорно-регулирующая арматура применяется в различных областях промышленности;

- Обратный затвор (недопустимо - обратный клапан), рисунок 9. Обратный затвор препятствует обратному течению рабочей жидкости при порыве трубопровода. Главное различие обратного затвора и обратного клапан кроется в их конструкции, а именно в конструкции запорного элемента. Как было отмечено ранее, у клапана запорный элемент представлен в виде золотника, а у затвора

используется круглый диск, который часто называют захлопкой. Еще одним различием является направление потока рабочей среды, обратные клапаны выполняются проходными (направление потока в них не изменяется) и угловыми (направление потока меняется на 90°), а обратные затворы – только проходными;

• Дискový затвор применяется в качестве запорно-регулирующего устройства на трубопроводах для регулирования (транспортировки) газ, воды, пара, нефти, масел, жидких неагрессивных нефтепродуктов. Затворы широко применяются в газоперерабатывающей, нефтяной, химической, металлургической и энергетической промышленности.



Рисунок 6 – Дроссельная круглая заслонка типа КР 150



Рисунок 7 – Клапан противопожарный систем вентиляции КЛОП-1



Рисунок 8 – Внешний вид затворов: а – откидной типа ТКВ; б – затвор для открытых резервуаров



Рисунок 9 – Обратный затвор

1.2. Выбор электропривода

В регулирующей арматуре наибольшее применение получили электроприводы, сочетающие в себе ряд достоинств: общедоступный вид энергии, компактность, возможность создания требуемого крутящего момента, стабильный момент во время движения, а также фиксирующий момент после его остановки и необходимой величины хода, простоту коммуникаций и возможность дистанционного управления. Такими свойствами обладают электродвигатели постоянного тока с независимым возбуждением, но они зачастую выходят из строя, в связи с износом и искрением щеточного контакта.

Поэтому для трубопроводной арматуры ведущие фирмы используют асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором. Недостатками этого двигателя являются небольшой момент и сильный бросок пускового тока и затягивание задвижки.

Синхронный двигатель несколько сложнее, чем асинхронный двигатель, но обладает рядом преимуществ. Основным его достоинством является получение лучшего режима по реактивной энергии. При $\cos\varphi = 1$ синхронный двигатель нагружается только активным током в то время как асинхронный нагружается активным и реактивным током, поэтому при одинаковой номинальной мощности его обмотка статора и габариты меньше, а КПД выше, чем у асинхронных двигателей. Синхронные двигатели менее чувствительны к колебаниям напряжения сети, скорость вращения остается неизменной при изменении нагрузки, имеют высокую перегрузочную способность.

Следовательно, для гарантии длительной работы электропривод арматуры должен обладать следующими характеристиками:

- Обеспечивать нужный момент, но его величина не должна превышать пределы прочности арматуры. При этом момент синхронного двигателя должен быть достаточен для гарантированного получения герметичности уплотнения в затворе, а также гарантированного срыва затвора задвижки из уплотненного состояния.
- Обеспечивать необходимую скорость вращения.
- Обеспечивать высокую точность положения.

– Предоставлять возможность ручного управления задвижкой для регулирования в аварийном режиме.

Анализируя вышеперечисленное, выбираем двигатель Калужского электромеханического завода ДСМ–0,25–1500–1–Т–Д–У2, он имеет все характеристики необходимые для управления трубопроводной арматурой. Технические характеристики данного двигателя представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Основные технические данные

Наименование показателя	Значение
Марка двигателя	ДСМ–0,25–1500–1–Т–Д–У2 IM3681 IC40 220В
Полезная мощность, кВт	0,25
Номинальная частота вращения вала, об/мин	1500
Номинальный вращающий момент, Нм	1,6
Амплитудное/действующие напряжение, В	380/220
Амплитудный/действующий фазный ток, А	1,7/1,2
Частота питающей сети, Гц	200,00
Число фаз	3
Соединение фаз	Y – «Звезда»
Число пар полюсов	8
КПД, %	92
Коэффициент мощности cosφ	0,93
Габаритные размеры (ШхВхД), мм, не более	116x116x60
Крепление	IM3681
Масса, кг	3,8

1.3. Выбор редуктора

Существуют различные типы и виды редукторов для трубопроводной арматуры. Прежде всего, они классифицируются по существенным конструкционным особенностям. В зависимости от способа передачи крутящего момента выделяют следующие типы редукторов для арматуры:

- Конические редукторы – оси ведущего и ведомого валов пересекаются под углом. Для передачи крутящего момента используются зубчатые шестерни с круговыми зубьями.

- Цилиндрические редукторы – оси валов находятся параллельно друг другу.

- Планетарные редукторы – имеют особое расположение зубчатых колес. В центре системы находится так называемое солнечное колесо, вокруг которого располагаются колеса–сателлиты. Одно из трех колес зафиксировано неподвижно, второе выступает в качестве ведущего, а третье – ведомого.

- Червячные редукторы – в таких редукторах для арматуры вместо зубчатых колес используется так называемая червячная передача. В основе этой конструкции лежит одно зубчатое колесо, которое передает крутящий момент червяку – цилиндрической детали с винтовой насечкой, соответствующей зубьям колеса.

- Волновой редуктор с промежуточными телами качения – этот редуктор состоит из приводного вала с эксцентриком (генератор волны), подшипника качения, сепаратора, тел качения и профильного венца кулачковых секторов.

Для синхронного двигателя с постоянными магнитами выбираем волновой редуктор с промежуточными телами качения. Волновая передача с промежуточными звеньями (ВППЗ) является передовой разработкой в области силовых зацеплений и обладает большими передаточными числами, высоким ресурсом работы, высоким КПД и обеспечивает передачу высоких крутящих моментов при малых габаритах, обладает плавностью и бесшумностью работы.

Основные технические особенности и преимущества ВППЗ:

- 1) Высокое передаточное число

2) Высокие крутящие моменты на выходном звене, большие перегрузочные резервы и высокая жесткость кинематических звеньев.

В конструкции ВППЗ нагрузка передается с помощью шариков или роликов с углом зацепления от $\pi/2$ до π . То есть при передаточном отношении на одной ступени – 30, в зацеплении одновременно находится до 15 тел качения, что позволяет передавать крутящие моменты в 5-10 раз большие относительно зубчатых передач с многократной кратковременной перегрузкой и практически без упругих деформаций, при равных массогабаритных показателях.

3) Компактность.

По сравнению с зубчатой передачей, при равных передаточных числах и крутящих моментах, ВППЗ меньше по габаритам в 2-6 раз в зависимости от типоразмера.

4) Высокий КПД.

КПД ВППЗ составляет 0,8-0,9, а в специальной конструкции передачи КПД составляет 0,97.

5) Малый угловой зазор.

За счет большой жесткости кинематических звеньев ВППЗ при номинальных нагрузках, общий угловой зазор (люфт) составляет, град: особо точные – до 0,05; повышенной точности – до 0,12; нормальной точности – до 0,8.

6) Малая вибрация.

Конструкция редукторов ВППЗ состоит из волновых модулей, смещенных по отношению друг к другу на π или на $2\pi/3$, что обеспечивает абсолютное уравнивание масс и уменьшает влияние погрешностей изготовления и монтажа.

7) Высокая надежность и продолжительный срок службы.

Волновая передача с промежуточными звеньями обладает простой компоновкой, прочной конструкцией и обладает длительным сроком службы. Применение пластичной смазки в конструкции не требует контроля за уровнем смазки и значительно уменьшает затраты на техническое обслуживание. При применении перманентной смазки, имеется возможность создания специальных необслуживаемых механизмов, со сроком службы до 15 лет.

Волновая передача с промежуточными звеньями доказала свою надежность и эффективность, безотказно эксплуатируется уже более десяти лет в самых различных отраслях промышленности.

Волновые редукторы с промежуточными звеньями от военной и космической техники получили широкое применение в нефтегазовой промышленности во многом из-за схожих требований к оборудованию. Тяжелейшие нагрузочные и климатические условия работы является нормой для работы этого оборудования. С одной стороны, механизмы должны обеспечивать высокую надежность, с другой стороны быть легкими, малогабаритными и мобильными, так как удаленность месторождений от транспортных линий и ремонтных баз существенно усложняет доставку и ремонт оборудования. Требования становятся все более актуальными в связи с интенсивным освоением в последнее время труднодоступных месторождений в районах крайнего севера и шельфовых зон. [4]

2. РАСЧЕТ СИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА

2.1. Математическое описание синхронного двигателя с постоянными магнитами

2.1.1. Особенности синхронного двигателя с постоянными магнитами

Статор СДПМ выполняется из шихтованной электротехнической стали с тремя обмотками, которые сдвинуты на 120 градусов, также как и у статора асинхронного двигателя. К обмоткам статора подключается трехфазное синусоидальное напряжение сети или преобразователя переменного тока. Схема включения обмоток синхронного двигателя представлена на рисунке 10 [1].

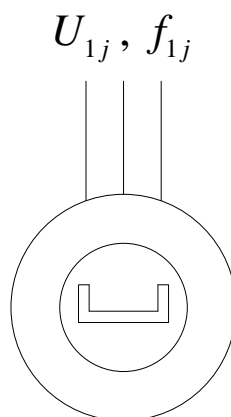


Рисунок 10 – Условное графическое обозначение синхронного трехфазного двигателя с возбуждением от постоянных магнитов

Ротор такого двигателя представляет собой постоянный магнит. Ток, протекающий по обмоткам статора, создает вращающееся магнитное поле из-за которого происходит движение ротора: магнитные полюса поля притягивают противоположные магнитные полюса ротора, вследствие чего возникает момент, вращающий ротор за полем статора (рисунок 2) [2].

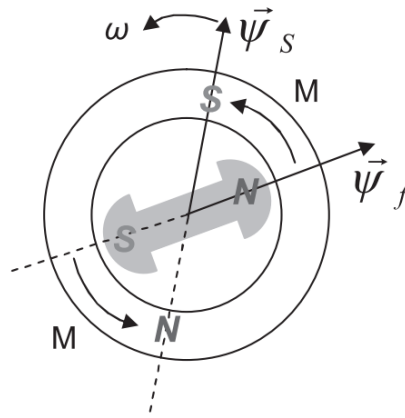


Рисунок 11 – Принцип работы синхронного двигателя с постоянными магнитами

Синхронным двигателям с постоянными магнитами характерен большой воздушный зазор, а также низкая степень насыщения. Поэтому нелинейность магнитной цепи не учитывается.

В модель двигателя без учета магнитной цепи вводятся некоторые допущения:

1. Потери в стали отсутствуют;
2. У магнито-мягкого материала магнитопровода бесконечная магнитная проницаемость;
3. Запасенная магнитная энергия, которая используется для описания электрической машины, рассматривается как энергия статического магнитного поля;

Магнитная проницаемость воздушного зазора представляется в виде произведения магнитной проницаемости статора и ротора [3].

2.1.2. Векторная диаграмма и структурная схема синхронного двигателя с постоянными магнитами

На рисунке 3 представлена векторная диаграмма, поясняющая процессы, которые происходят в двигателе [2].

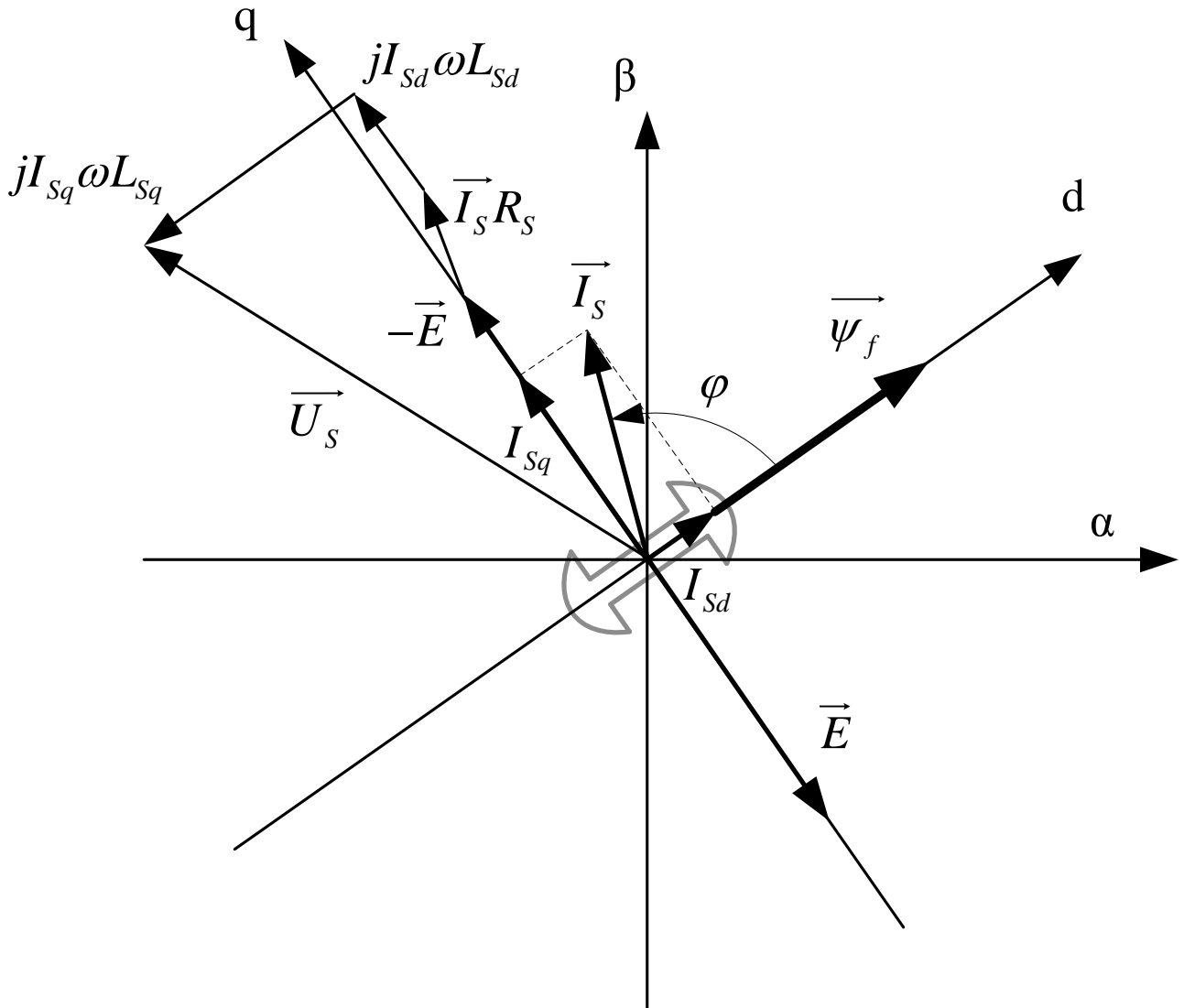


Рисунок 12 – Векторная диаграмма СДПМ

Ротор двигателя создает потокосцепление Ψ_f , равное произведению числа витков обмотки статора на поток ротора. Вектор этого потокосцепления направлен по оси ротора d от положительного полюса к отрицательному и отстает от вектора тока на угол скручивания φ .

Постоянный поток вращающегося ротора создает в обмотках статора вектор ЭДС, который направлен под прямым углом к потоку. Амплитуду этого вектора можно определить через следующее выражение:

$$E = \psi_f \omega,$$

где ω – электрическая скорость вращения, определяющаяся по формуле:

$$\omega = Z_p \omega_R,$$

где ω_R – скорость вращения ротора, рад/с;

Z_p – число пар полюсов двигателя.

Из рисунка 3 можно записать следующее векторное соотношение:

$$\vec{U}_S = -\vec{E} + \vec{I}_S R_S + j\omega(\vec{I}_{Sd} L_{Sd} + \vec{I}_{Sq} L_{Sq}),$$

где \vec{U}_S – вектор напряжения статора, В;

\vec{I}_S – вектор тока статора, а \vec{I}_{Sd} и \vec{I}_{Sq} его осевые составляющие, А;

L_{Sq} и L_{Sd} – индуктивность статора по осям d и q, Гн;

R_S – активное сопротивление статора, Ом.

Статорное напряжение уравновешивается ЭДС и падением напряжения на активном и реактивном сопротивлениях статорной обмотки.

Момент двигателя создается взаимодействием тока и потокосцепления статор. Учитывая фазность и число пар полюсов, он равен произведению этих векторов.

Для трехфазного двигателя справедливо следующее выражение:

$$\vec{M} = \frac{3}{2} Z_p \vec{I}_S \times \vec{\psi}_S.$$

В осях dq:

$$M = \frac{3}{2} Z_p (I_{Sq} \psi_d - I_{Sd} \psi_q),$$

где ψ_d и ψ_q – потокосцепление статора по осям d и q соответственно, Вб.

Выражения для этих потокосцеплений:

$$\psi_d = L_{sd} I_{sd} + \psi_f,$$

$$\psi_q = L_{sq} I_{sq}.$$

С учетом этих выражений перепишем уравнение для момента в следующем виде:

$$M = \frac{3}{2} Z_p (I_{sq} \psi_f + I_{sd} I_{sq} (L_{sd} - L_{sq})).$$

Пренебрегая магнитными потерями, уравнения равновесия статора синхронного двигателя во вращающейся системе координат dq имеет следующий вид:

$$\begin{cases} U_{sd} = L_{sd} \frac{dI_{sd}}{dt} + R_s I_{sd} - \omega L_{sq} I_{sq}, \\ U_{sq} = L_{sq} \frac{dI_{sq}}{dt} + R_s I_{sq} - \omega L_{sd} I_{sd} + \omega \psi_f. \end{cases}$$

Условие механического равновесия описывается выражением:

$$J \frac{d\omega}{dt} = M - M_c.$$

На основе полученных уравнений можно построить структурную схему синхронного двигателя с постоянными магнитами (рисунок 13).

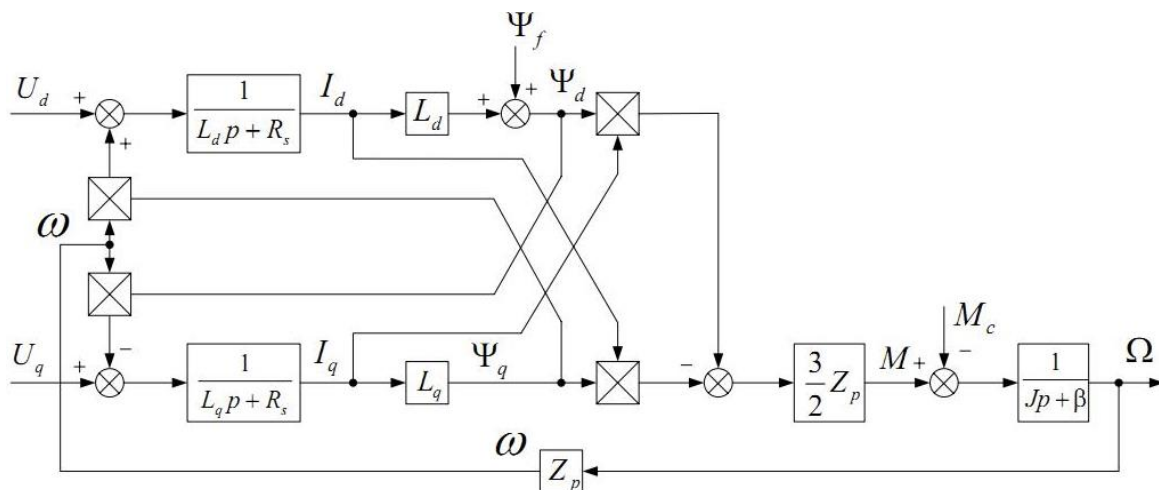


Рисунок 13 – Структурная схема СДПМ во вращающейся системе координат

2.2. Параметры силовой части электропривода

Редуктор, описанный в пункте 1.3., имеет передаточное отношение $i = 48$. Зная это отношение и значение момента входного звена, можно определить момент на выходном звене по следующей формуле:

$$M_{\text{вых}} = i \cdot M_{\text{вх}} \eta_{\text{ред}} = 48 \cdot 1,6 \cdot 0,9 = 69,12 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Между током и моментом двигателя есть коэффициент, связывающий эти величины:

$$c = \frac{M_{\text{н}}}{I_{\text{н}}} = \frac{1,6}{1,2} = 1,333.$$

Для двигателя задан максимальный ток $I_{\text{max}} = 4 \text{ А}$. С помощью коэффициента полученного выше можно найти максимальный момент входного звена:

$$M_{\text{max вх}} = c \cdot I_{\text{max}} = 5,333 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Определим максимальный момент выходного звена:

$$M_{\text{max вых}} = i \cdot M_{\text{max вх}} \cdot \eta_{\text{ред}} = 48 \cdot 5,333 \cdot 0,9 = 230,4 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Зная значение максимального и номинального момента, найдем значение перегрузочной способности:

$$K_m = \frac{M_{\text{max}}}{M_{\text{н}}} = \frac{5,333}{1,6} = 3,33.$$

Для синхронного двигателя с постоянными магнитами справедливо соотношение:

$$\frac{I_{\text{max}}}{I_{\text{н}}} = \frac{P_{\text{max}}}{P_{\text{н}}}$$

Исходя из этого, определим максимальную мощность двигателя:

$$P_{\text{max}} = \frac{P_{\text{н}} \cdot I_{\text{max}}}{I_{\text{н}}} = \frac{250 \cdot 4}{1,2} = 833,33 \text{ Вт}.$$

2.3. Оптимизация контура тока

Структурная схема контура тока приведена на рисунке 10. Контуров I_d, I_q одинаковые. Оптимизацию проведем на примере контура I_q .

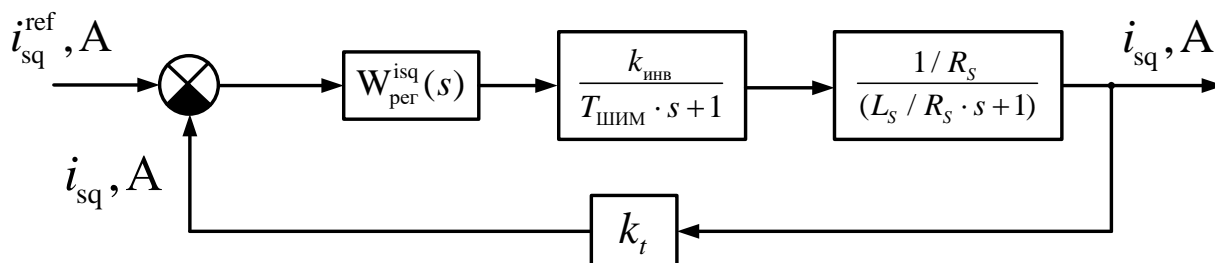


Рисунок 14 – Структурная схема контура тока

Оптимизация проводится без учёта влияния обратной связи по ЭДС двигателя и влияния изменения угла между вектором потока от постоянных магнитов и вектором напряжений.

Учитывая, что динамические свойства датчика тока определяются пропорциональным звеном, запишем передаточную функцию разомкнутого контура тока:

$$W_{кт}(s) = W_{пт}(s) \frac{K_{инв} k_t}{\frac{R_s}{(T_{шим} s + 1)(T_s s + 1)}}.$$

Коэффициент передачи датчика тока примем $k_t = 1$.

Частота широтно-импульсной модуляции: $f_{шим} = 5 \text{ кГц}$.

Постоянная времени инвертора: $T_{шим} = \frac{1}{f_{шим}} = \frac{1}{5000} = 0,0002 \text{ сек}$.

$K_{инв} = 155$ – коэффициент усиления инвертора, при питающем напряжении стороны постоянного тока.

Постоянная времени инвертора ($T_{шим}$) относится к малой постоянной времени. Электромагнитная постоянная времени (T_s) подлежит компенсации. Поэтому для настройки контура тока на модульный оптим следует выбрать ПИ-регулятор с передаточной функцией:

$$W_{пт}(s) = \frac{K_{пт}(T_{пт} s + 1)}{T_{пт} s}.$$

$$\text{Постоянная времени регулятора тока: } T_{\text{пр}} = T_{\text{э}} = \frac{L_s}{R_s} = \frac{0,041}{33,6} = 0,00122,$$

где L_s – индуктивность обмотки статора;

R_s – сопротивление обмотки статора.

2.4. Оптимизация контура скорости

Настройку контура скорости произведём на симметричный оптимум.

Структурная схема контура тока приведена на рисунке 11.

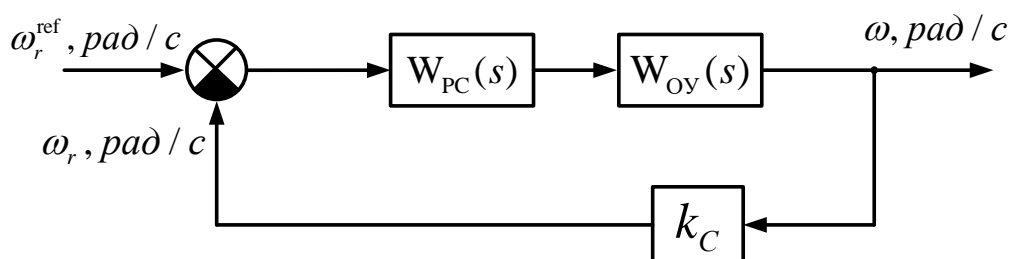


Рисунок 15 – Структурная схема контура скорости

Передаточная функция разомкнутого контура скорости, оптимизированного на симметричный оптимум, имеет вид:

$$W_{\text{ПК}}^{\text{CO}}(s) = W_{\text{PC}}(s) \cdot W_{\text{OY}}(s) \cdot k_C,$$

где $W_{\text{PC}}(s)$ – передаточная функция регулятора скорости;

$$W_{\text{OY}}(s) = W_{\text{ЗРТ}}^{\text{MO}}(s) \cdot \Phi_0 \cdot \frac{3}{2} z_p \cdot \frac{1}{J_{\Sigma} \cdot s} \cdot k_C - \text{передаточная функция объекта управления.}$$

Коэффициент обратной связи по скорости k_C примем равным единице.

Передаточная функция регулятора скорости:

$$W_{\text{PC}}(s) = k_{\text{PC}} \frac{T_{\text{PC}}s + 1}{T_{\text{PC}}s}$$

Коэффициент пропорциональности контура скорости:

$$k_{\text{PC}} = \frac{J_{\text{ДВ}}}{2 \cdot T_{\text{КС}} \cdot \Phi_0 \cdot 1,5 \cdot z_p \cdot k_C \cdot L_s} = \frac{0,0015}{2 \cdot 0,0004 \cdot 0,2 \cdot 1,5 \cdot 8 \cdot 0,041} = 19,05,$$

где $T_{\text{КС}} = 2 \cdot T_{\text{ШИМ}} = 2 \cdot 0,0002 = 0,0004$ сек - малая некомпенсируемая постоянная времени контура скорости.

Постоянная времени регулятора скорости:

$$T_{PC} = \frac{2 \cdot J_{ДВ}}{k_{PC} \cdot k_c \cdot 1,5 \cdot zp \cdot \Phi_0 \cdot L_s} = \frac{2 \cdot J_{ДВ}}{k_{PC} \cdot k_c \cdot 1,5 \cdot zp \cdot \Phi_0 \cdot L_s} = 0,0016 \text{сек.}$$

2.5. Оптимизация контура положения

Структурная схема контура положения с безынерционной обратной связью представлена на рисунке 12.

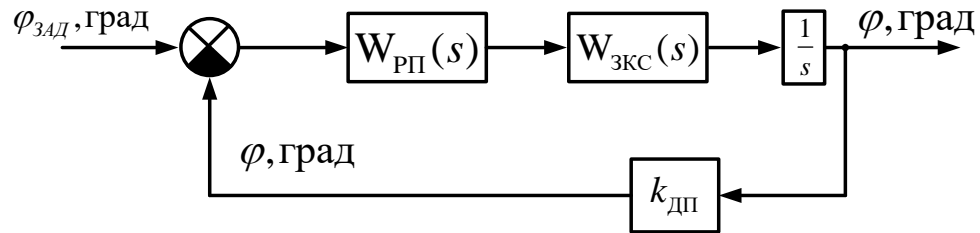


Рисунок 16 – Структурная схема контура положения

Сигнал положения в модели измеряется в градусах.

Для математической модели коэффициент обратной связи датчика положения рассчитывается следующим образом:

$$K_{ДП} = \frac{360}{2 \cdot \pi} = 57,296$$

Малая постоянная времени контура положения:

$$T_{КП} = 2 \cdot T_{КС} = 2 \cdot 0,0004 = 0,0008 \text{сек}$$

Для оптимизации контура положения по МО выбирается П-регулятор с передаточной функцией:

$$W_{ПИ}(s) = K_{ПИ} = \frac{K_C}{K_{ДП} \cdot \alpha_n \cdot T_{КП}} = \frac{1}{57,296 \cdot 2 \cdot 0,0008} = 10,9$$

3. ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ТРУБОПРОВОДНОЙ АРМАТУРЫ

Для имитации процессов работы электропривода воспользуемся программой Matlab Simulink. Имитационная модель представлена на рисунке 17.

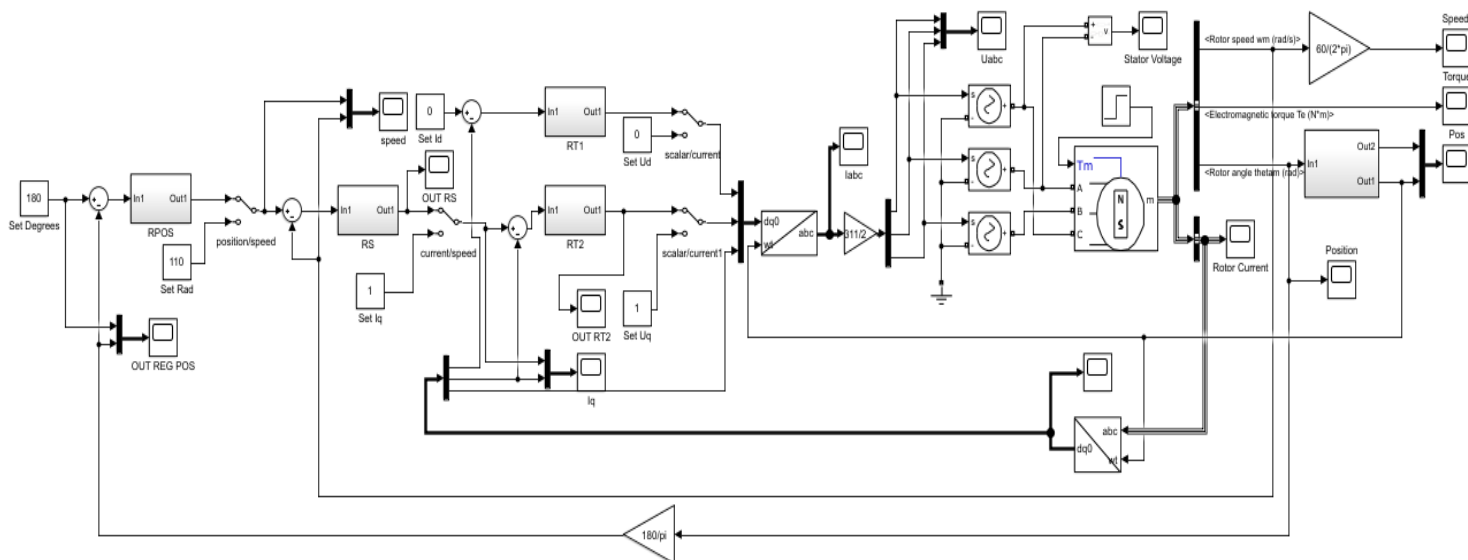


Рисунок 17 – Имитационная модель электропривода в среде Matlab Simulink

Модель состоит из двигателя, ПИ-регуляторов токов, ПИ-регулятора скорости, П-регулятора положения, а также прямого и обратного преобразователя Парка.

Данная имитационная модель содержит ряд допущений: отсутствует широтно-импульсная модуляция, нет мертвого времени, ток и напряжение синусоидальные, питающая сеть бесконечно-большой мощности. Данные допущения являются приемлемыми для такого типа расчетов.

Рассматривая работу данной схемы, можно заметить, что при вращении ротора переменные $i_{\alpha зад}$ и $i_{\beta зад}$ будут синусоидальными, т.е. задание на регуляторы тока будет все время меняться. А так как быстродействие регулятора не бесконечно, то при изменении задания регулятор не будет успевать его обрабатывать. Рост скорости вращения будет увеличивать отставание реального тока от заданного, что, в конечном счете, приведет к неэффективности векторного управления.

Для решения данной проблемы в схеме присутствуют два блока координатных преобразований (преобразователи Парка). Они позволяют перейти

из неподвижных координат к вращающимся и обратно. При переходе к осям d и q они вращаются вместе с ротором (так их вращает сигнал с датчика положения ротора), при этом регулятор оси q регулирует моментобразующий ток, а ток d сонаправлен с «магнитом ротора», поэтому мы задаём его равным нулю. Такая манипуляция позволяет регуляторам тока работать в статическом режиме, что делает векторное управление максимально эффективным.

Нужно отметить, что для преобразователей Парка необходимо знать положение ротора. Для обеспечения корректной работы всей схемы необходимо, чтобы датчик угла поворота ротора после прохождения начальной позиции обнулялся и начинал считать заново. А так как этого не происходит, на выходе был добавлен алгоритм для обнуления датчика. График, показывающий положение электрического и механического угла представлен на рисунке 18.

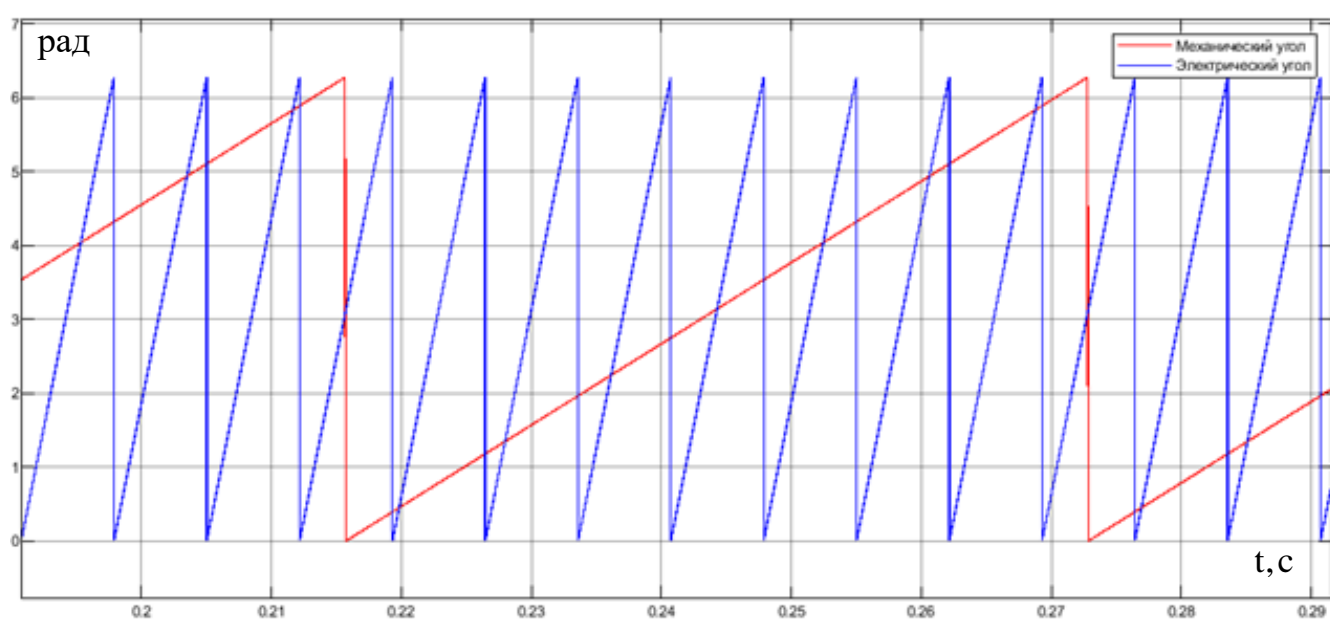


Рисунок 18 – Изменение углов поворота с течением времени

Из рисунка 18 видно, что на один механический поворот приходится 8 электрических, а так как число пар полюсов двигателя равно тоже 8, то можно сделать вывод, что сигнал, поступающий на преобразователи Парка верный.

3.1. Исследование основных режимов работы электропривода

При работе в реальных условиях двигатель нагружают приблизительно на 70% от номинальных значений, поэтому, при исследовании процессов пуска, останова и наброса нагрузки на исследуемый двигатель зададимся соответствующими значениями.

Рассмотрим график переходного процесс скорости при пуске двигателя (рисунок 19).

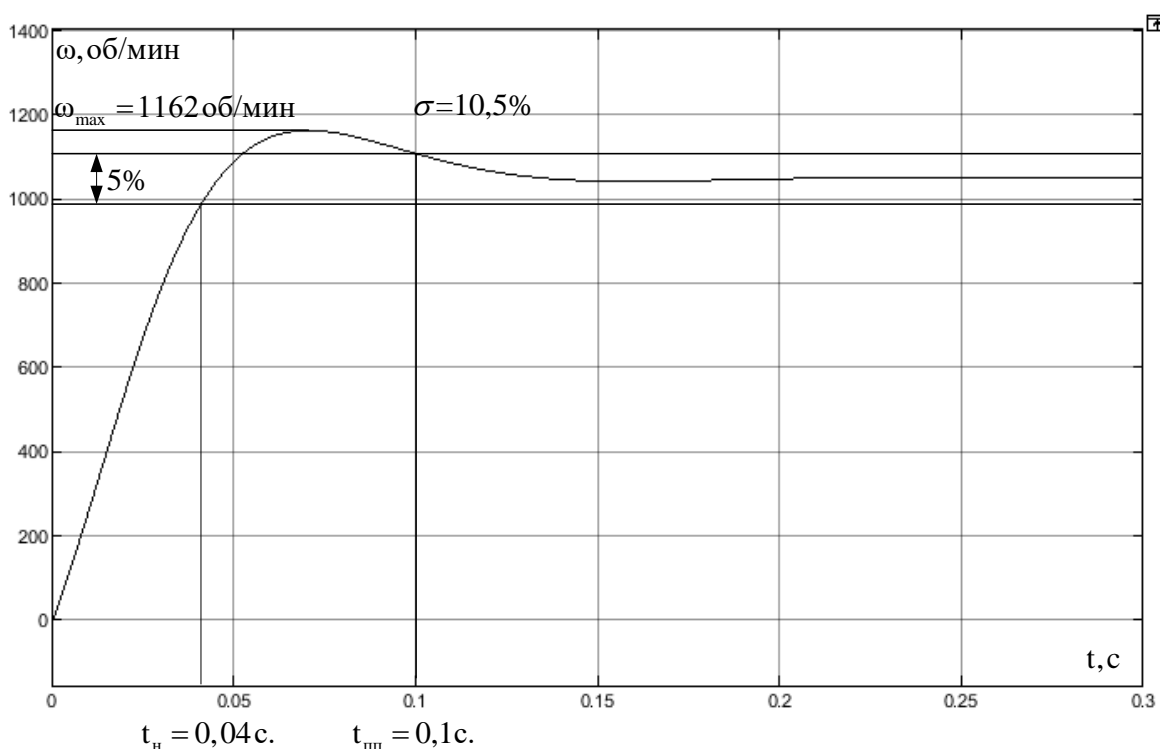


Рисунок 19 – График переходного процесса скорости при пуске двигателя

По рисунку 19 видно, что процесс разгона двигателя до установленного значения скорости проходит успешно.

Рассмотрим график переходного процесса момента двигателя при пуске (рисунок 20).

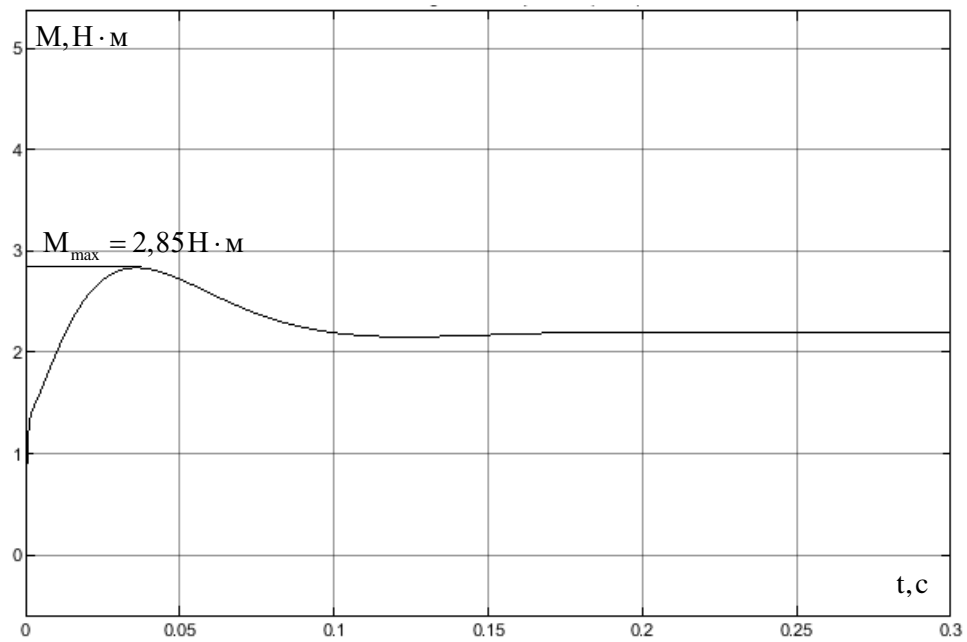


Рисунок 20 – График переходного процесса момента двигателя при пуске двигателя

По данному графику видно, что пусковой момент составил 2,85 Нм.

Показания вольтметра при пуске синхронного двигателя представлены на рисунке 21.

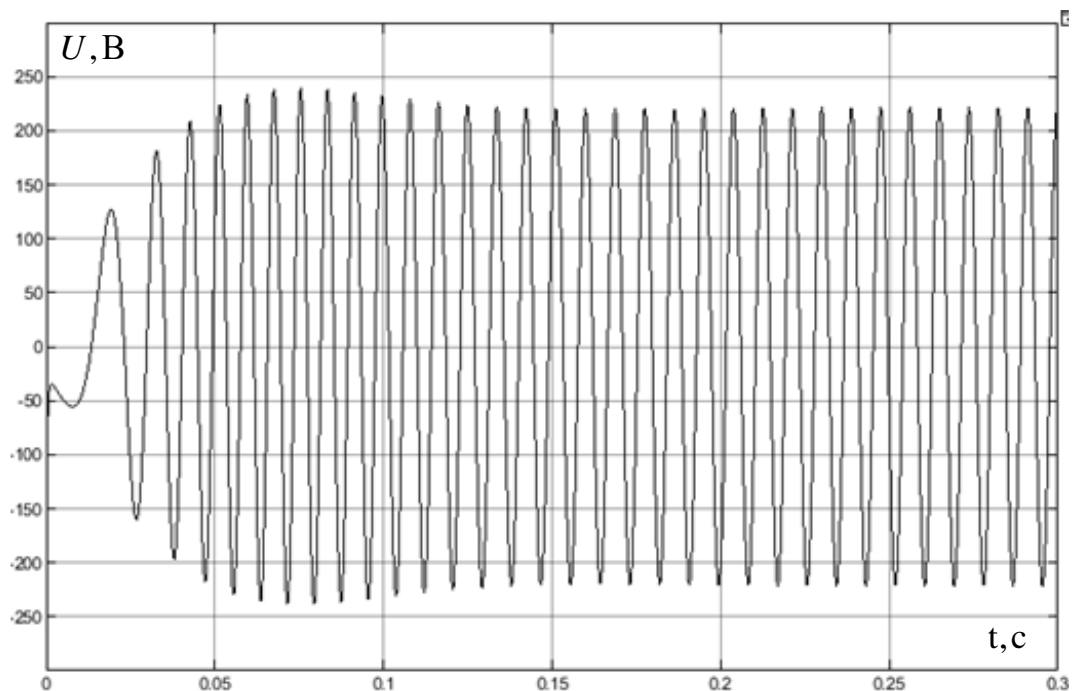


Рисунок 21 – Напряжение между фазами статора при пуске двигателя

С помощью осциллографа, подключенного к обратной связи контура тока можно увидеть работу регулятора скорости (рисунок 22).

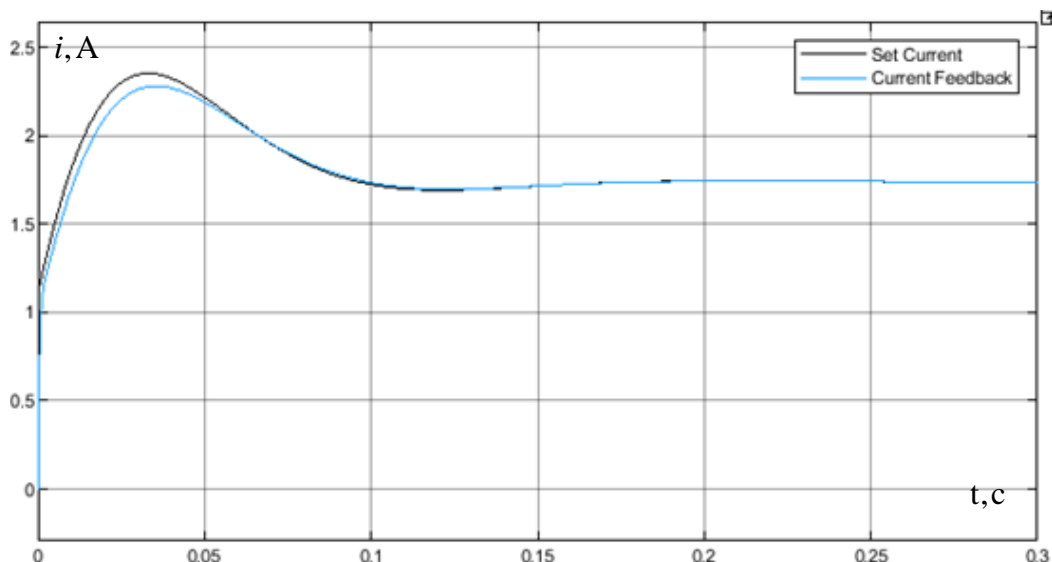


Рисунок 22 – График переходного процесса задания тока и тока обратной связи при пуске двигателя

На рисунке 22 можно заметить, что значение тока задаваемого регулятором тока непостоянно. Это объясняется тем, что поверх контура тока расположен контур скорости, который задает входное значение для регулятора тока.

Работу контура скорости можно наблюдать на рисунке 23.

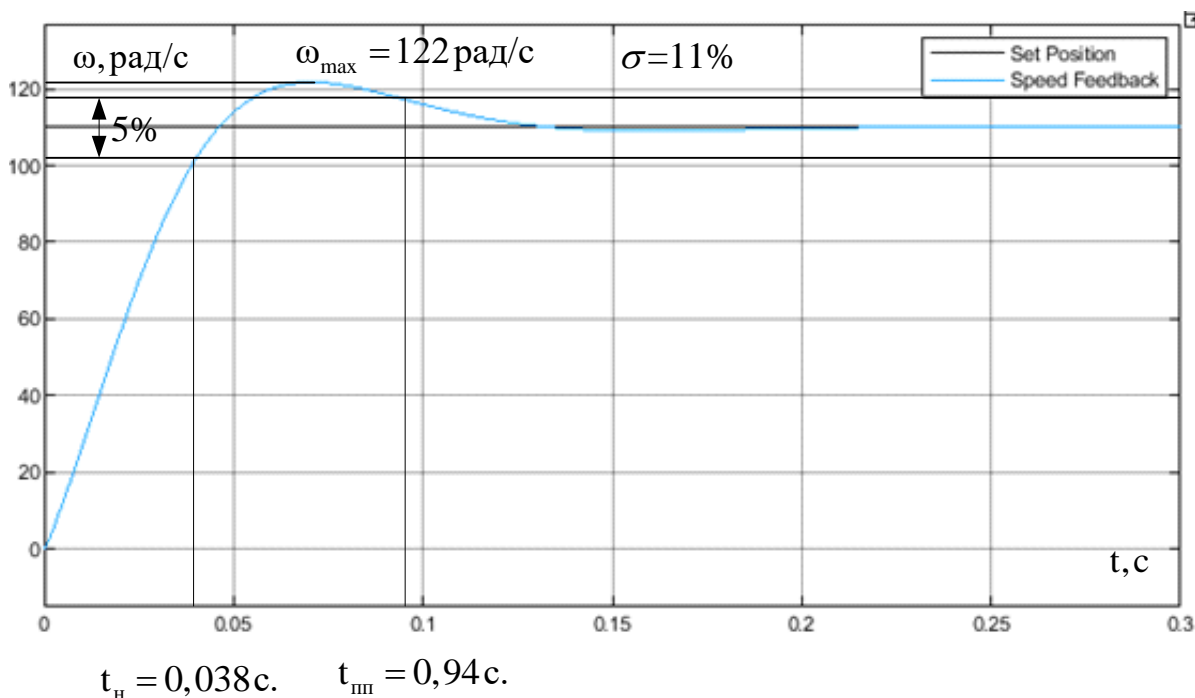


Рисунок 23 – График переходного процесса скорости и скорости обратной связи при пуске двигателя

Рассмотрим переходные процессы останова синхронного двигателя (рисунки 24-28).

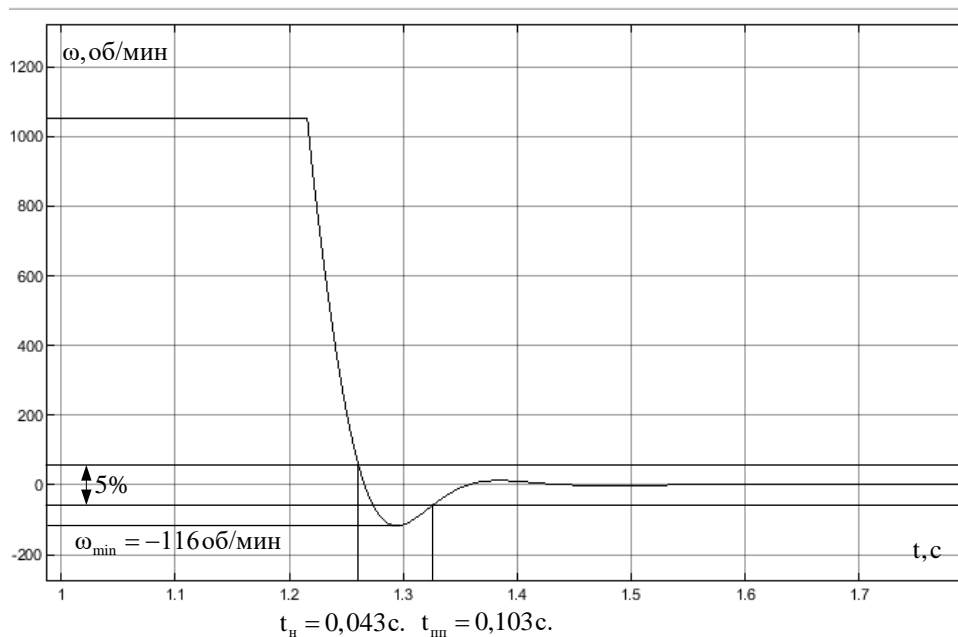


Рисунок 24 - График переходного процесса скорости при останове двигателя

Из рисунка 24 видно, что процесс останова двигателя проходит успешно.

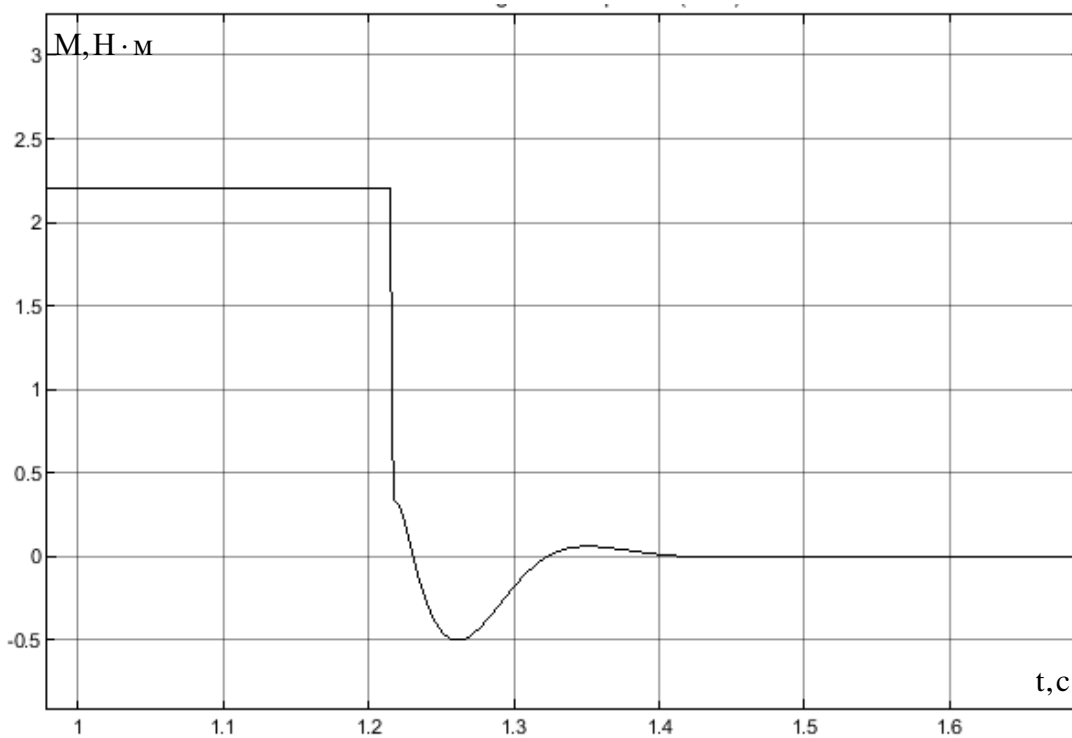


Рисунок 25 – График переходного процесса момента двигателя при останове двигателя



Рисунок 26 – Напряжение между фазами статора при останове двигателя

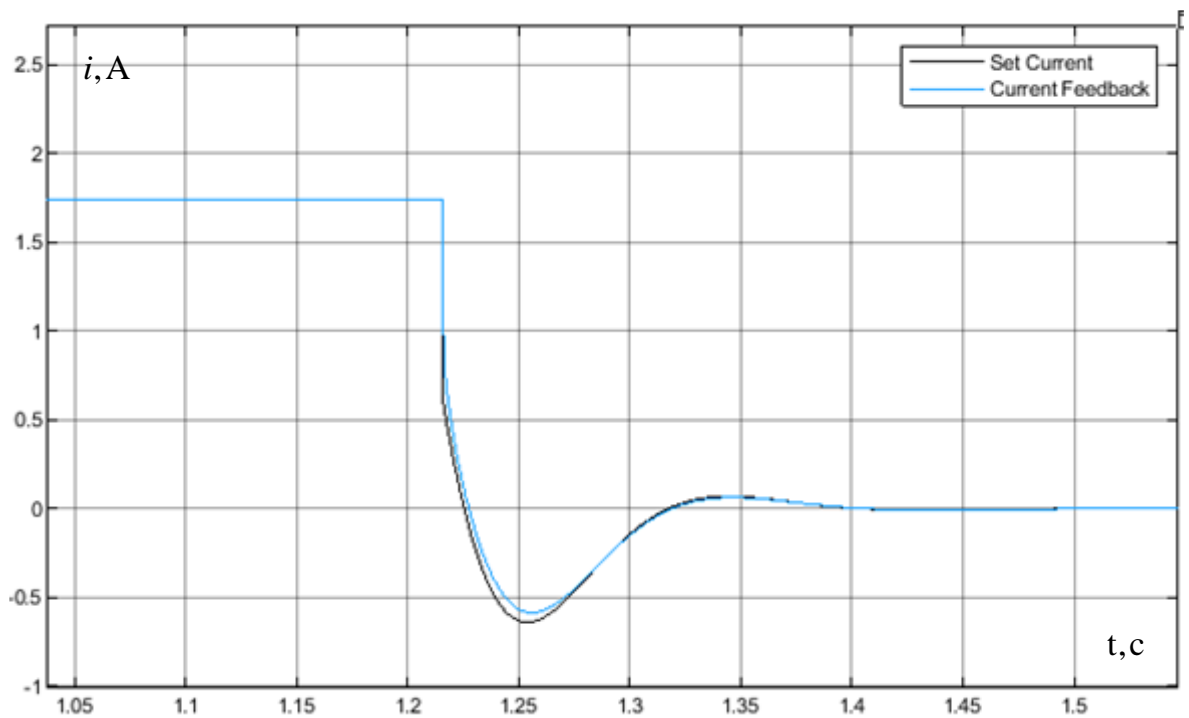


Рисунок 27 – График переходного процесса тока и тока обратной связи при останове двигателя

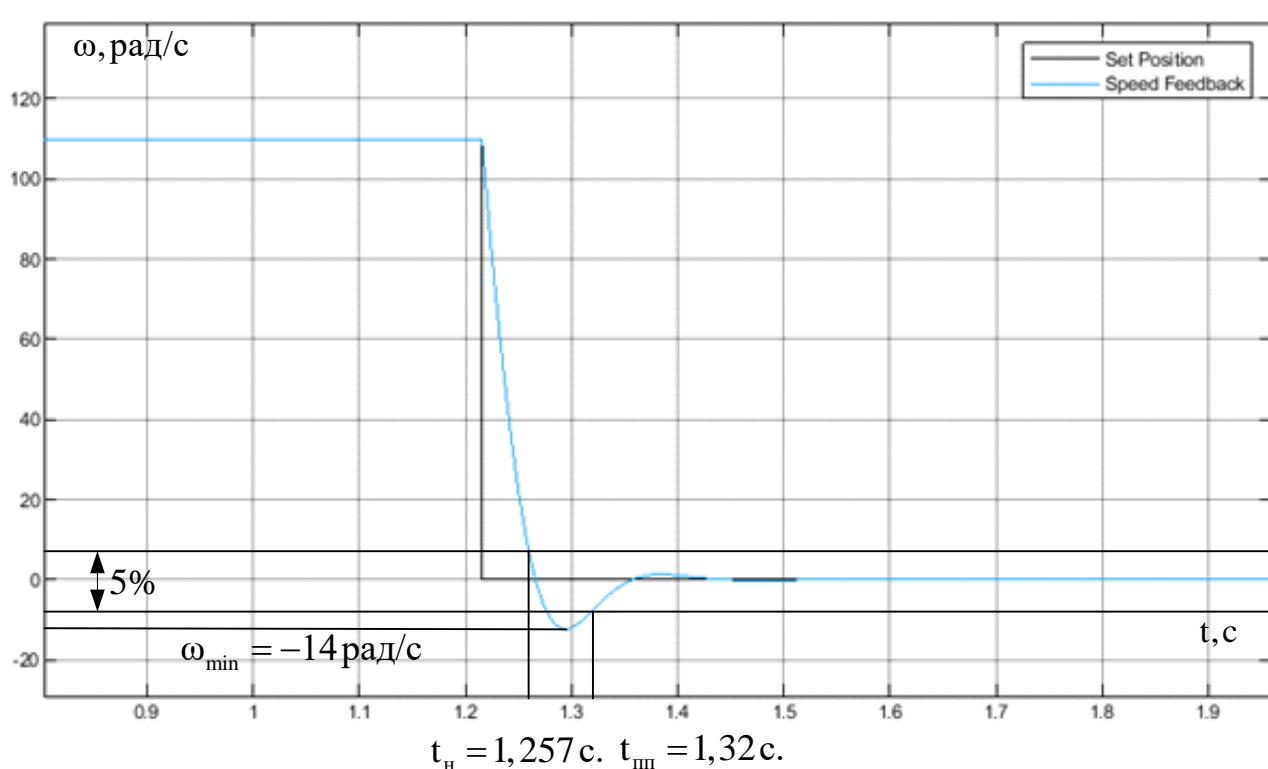


Рисунок 28 – График переходного процесса скорости и скорости обратной связи при останове двигателя

Рассмотрим переходные процессы синхронного двигателя при набросе нагрузки (рисунки 24-27). Нагрузка на двигатель происходит в момент времени $t = 0,5 \text{ с.}$ номинальным значением, которое указано в паспорте.

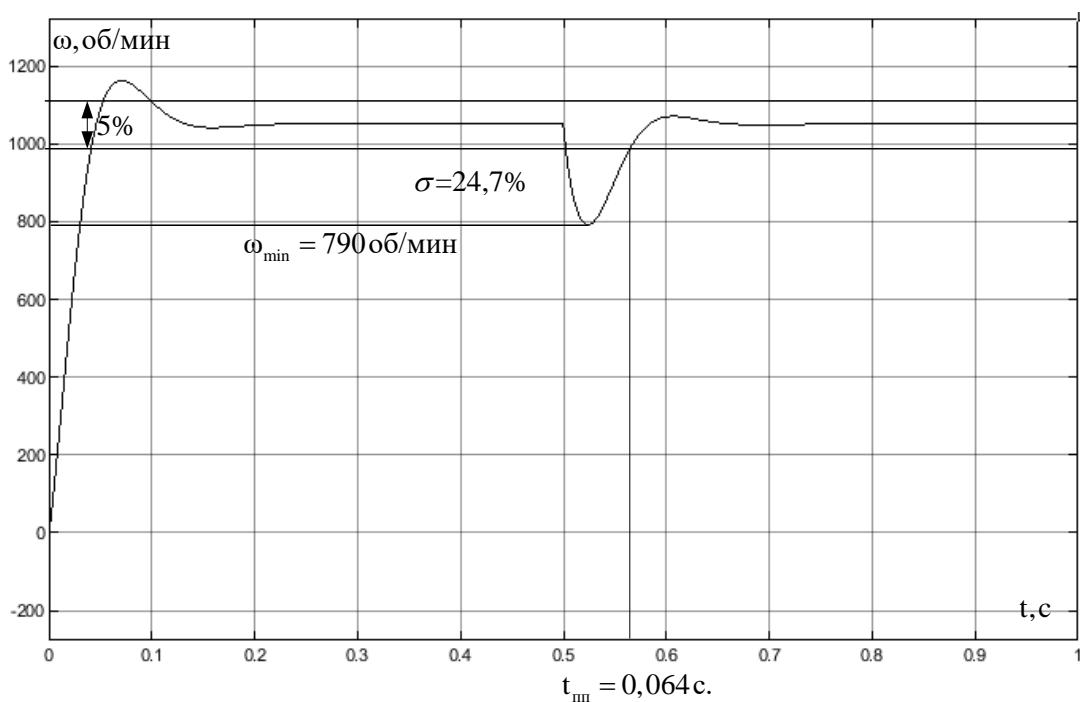


Рисунок 29 - График переходного процесса скорости при набросе нагрузки

На рисунке 29 видно, что при нагрузке двигателя происходит просадка скорости до 790 об/мин. Векторное управление позволило снова поднять скорость двигателя до заданного значения. Время, за которое скорость вернулась к номинальному значению, составило 0,064с.

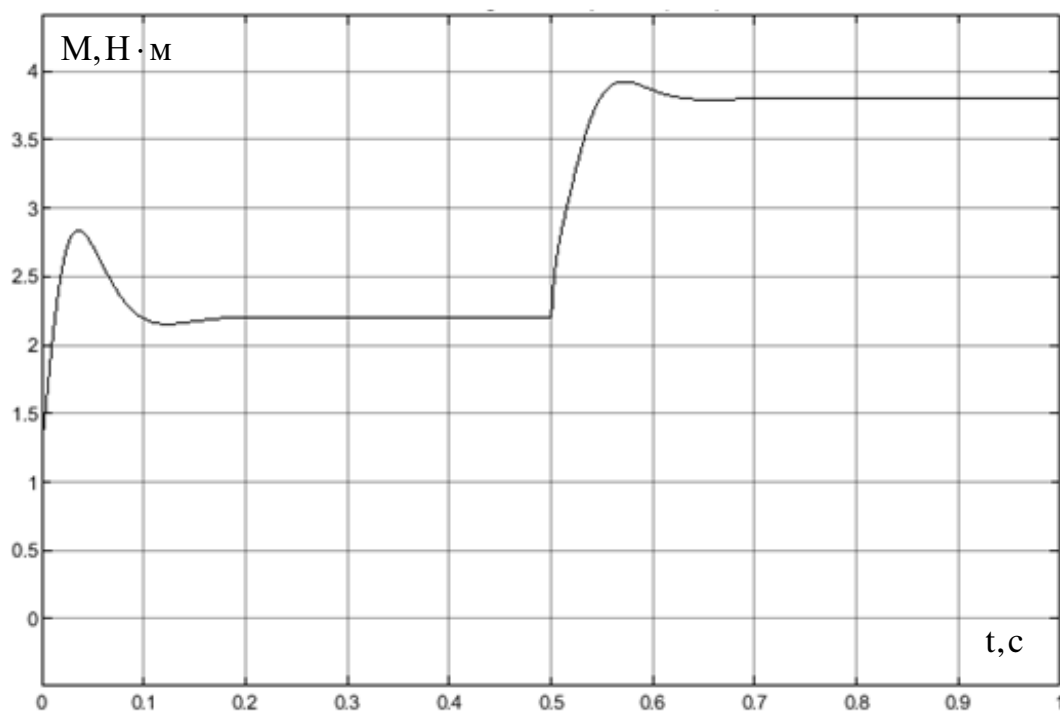


Рисунок 30 - График переходного процесса момента двигателя при набросе нагрузки

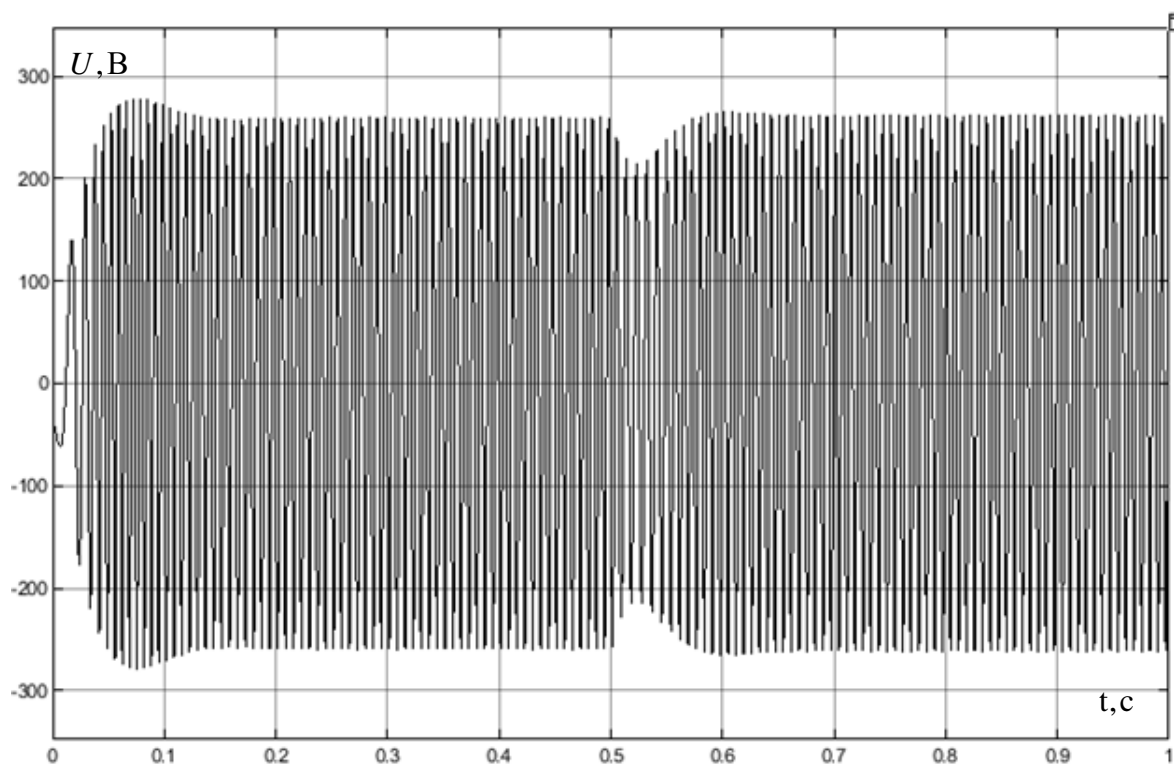


Рисунок 31 – Напряжение между фазами статора при набросе нагрузки

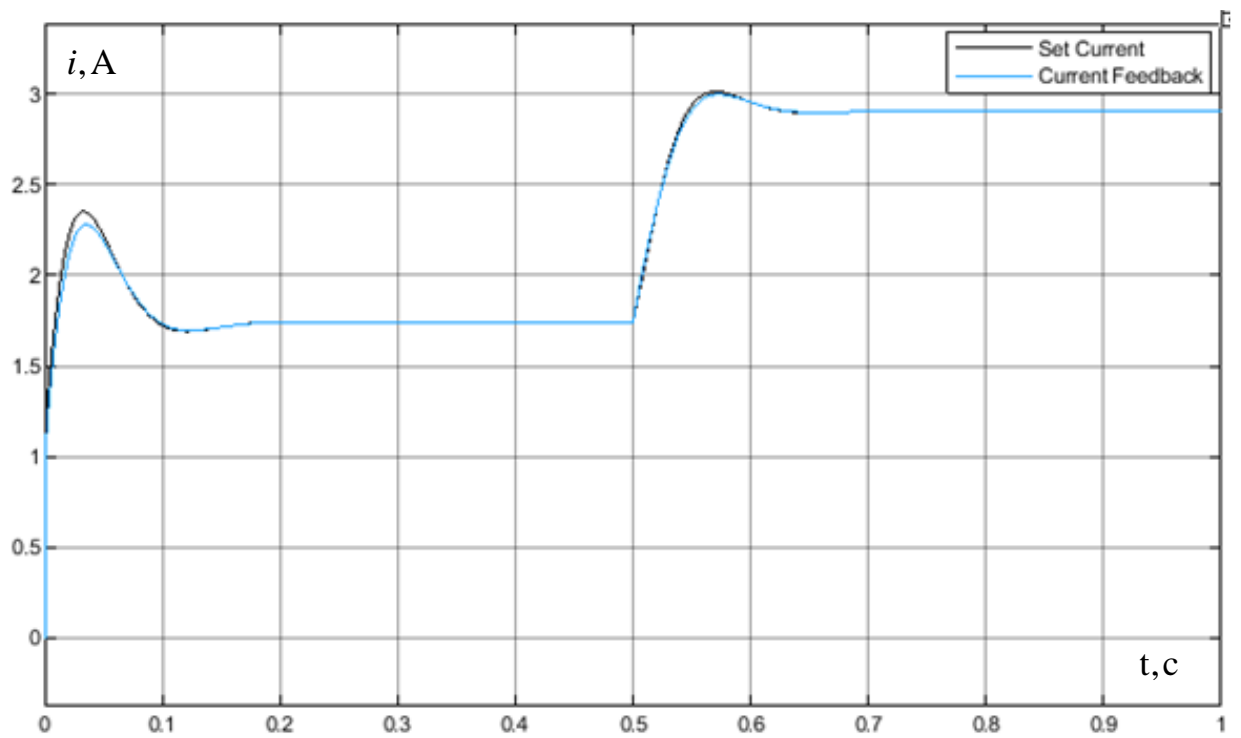


Рисунок 32 – График переходного процесса тока и тока обратной связи при набросе нагрузки

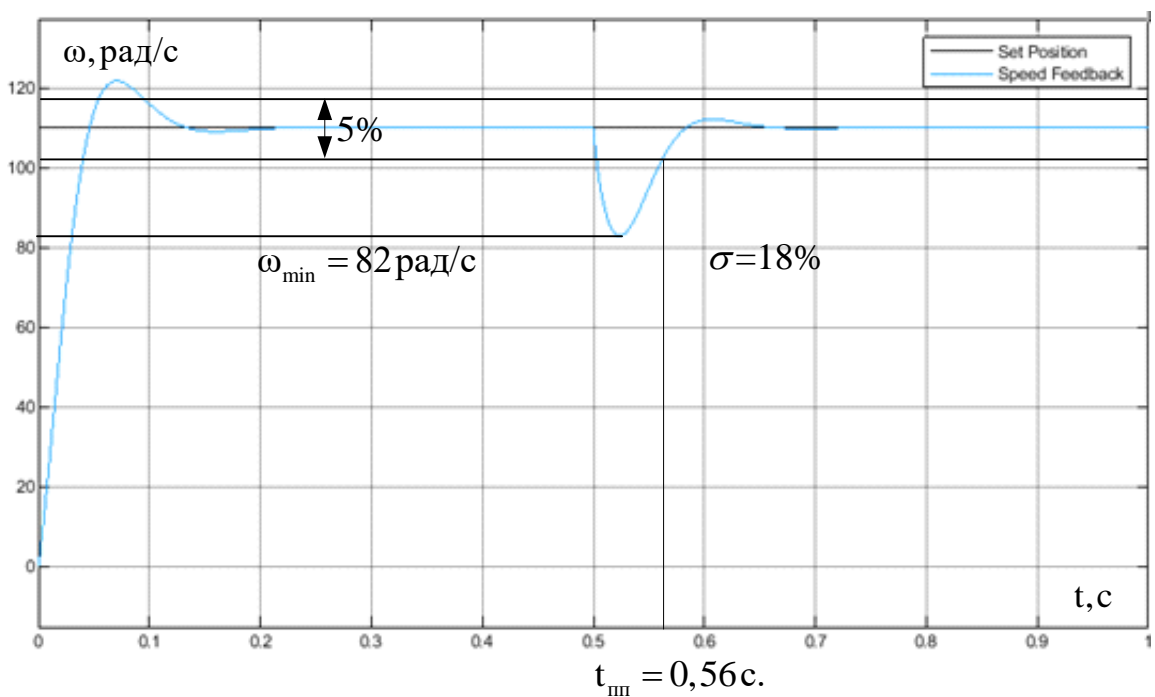


Рисунок 32 – График переходного процесса скорости и скорости обратной связи при набросе нагрузки

3.2. Исследование режима «уплотнение» электропривода

Уплотнение арматуры выполняют важнейшую функцию, значение которой переоценить невозможно, ведь герметичность определяет надежность трубопроводной арматуры, а потому является ее наиважнейшим качеством.

Смоделируем процесс уплотнения в программе Matlab Simulink (рисунок 33). Для этого нужно, чтобы нагрузка подавалась не скачком на определенное значение, а постепенно нарастала.

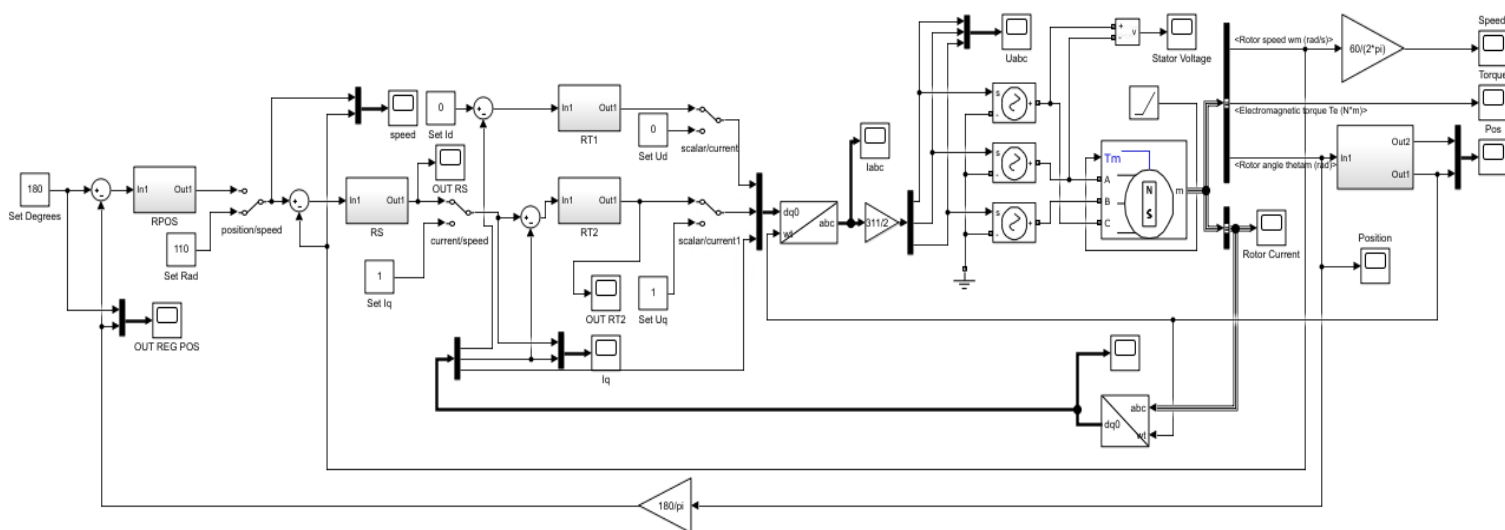


Рисунок 33 – Имитационная модель для исследования процесса уплотнения

Рассмотри график изменения скорости вращения двигателя (рисунок 34).

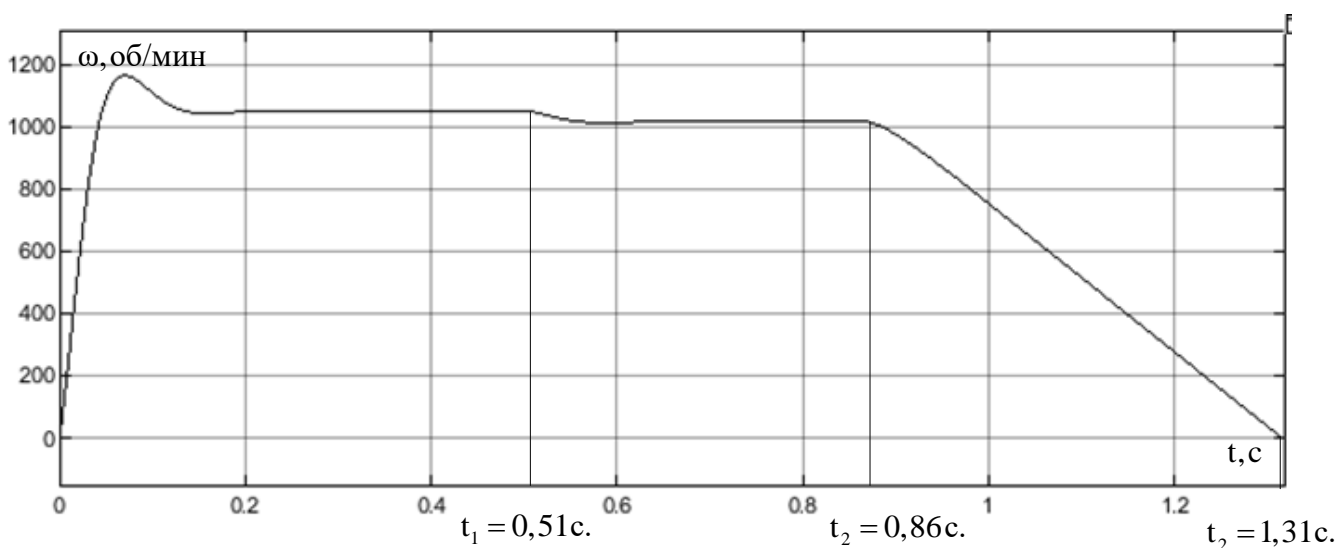


Рисунок 34 – График переходного процесса скорости при уплотнении

На рисунке 34 можно заметить, что в промежутке времени 0,51с. – 0,86с. есть небольшая просадка скорости. Это объясняется тем, что при постепенном нарастании нагрузки система статическая, есть ошибки по скорости, причем, чем быстрее будет нарастание нагрузки, тем больше будет просадка. Если же нагрузка подается скачком (рисунок 29), то система астатическая. Скорость после просадки восстанавливается до заданного значения.

Рассмотрим график изменения момента двигателя (рисунок 35).

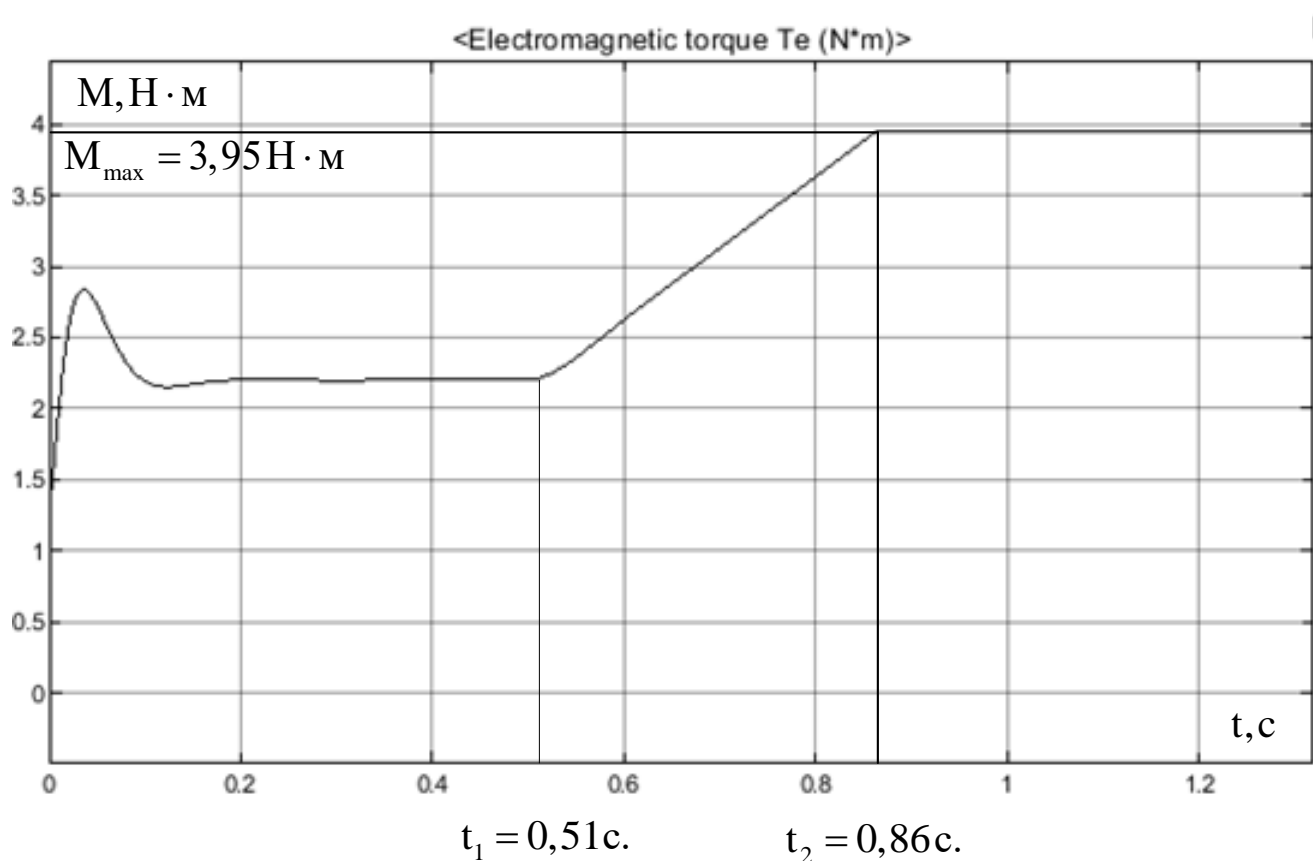


Рисунок 35 – График переходного процесса момента двигателя при уплотнении

По данному графику видно, что момент нагрузки возрастает до определенного значения и с дальнейшим временем не изменяется. Это объясняется тем, что при достижении момента $M_{max} = 3,95$ Н·м регулятор скорости переходит в насыщение.

Рассмотрим переходный процесс на выходе регулятора скорости (рисунок 36).

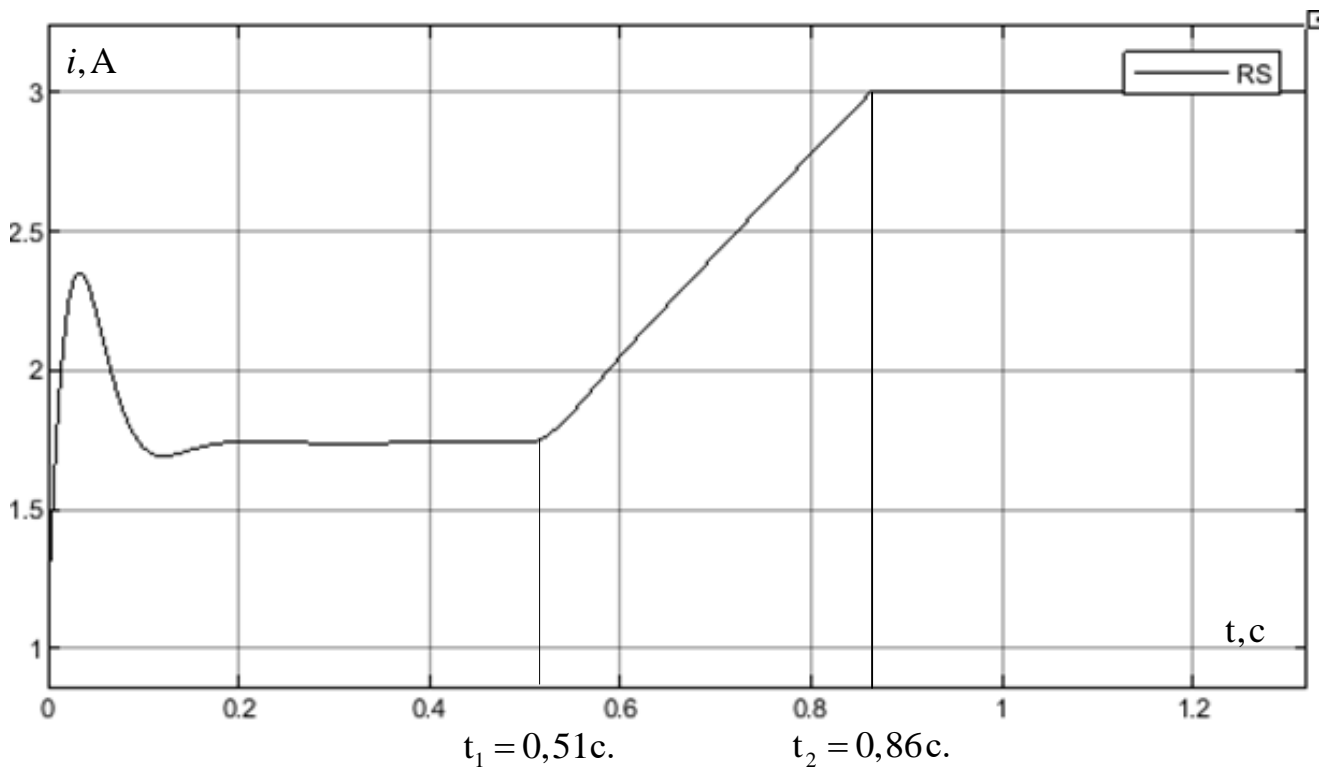


Рисунок 36 – Переходный процесс на выходе регулятора скорости при уплотнении

По рисунку 36 можно понять, что с ростом нагрузки двигателя растет значение на выходе регулятора скорости. Оно возрастает до значения, которое устанавливаем, мы сами. В данном случае оно составило 3А. При достижении данного значения регулятор скорости уходит в насыщение, после чего скорость вращения двигателя начинает падать.

4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

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

4.1.1. Потенциальные потребители результатов исследования

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

В данном случае сегментирование целесообразно провести по критерию скорости, так как для различных типов механизмов требуется разная величина скорости вращения вала двигателя.

Следует выделить сегменты рынка:

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

Исходя из сегмента рынка, будет произведено сегментирование коммерческих организаций по отраслям. Сегментирование приведено в таблице 2.

Таблица 2. Карта сегментирования рынка разработок для электроприводов

	Электропривода постоянного тока с датчиками скорости	Асинхронные электропривода с датчиками скорости	Синхронные электропривода с датчиками скорости
Проектирование и производство			
Установка и пуско-наладка			
Обслуживание и ремонт			
Фирма А		Фирма Б	

Результаты сегментирования:

- основными сегментами рынка являются все виды деятельности для электроприводов постоянного тока и асинхронных электроприводов с датчиками скорости;
- наиболее сильно предприятие должно быть ориентировано на сегменты рынка связанные с проектированием и производством, установкой и пусконакладкой синхронных электроприводов с датчиками.

4.1.2. Технология QuaD

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

Для упрощения процедуры проведения QuaD оценка проводится в табличной форме (таблица 3).

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

Таблица 3 Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение (3/4)	Средневзвешенное значение (5x2)x100
1	2	3	4	5	6
Показатели оценки качества разработки					
1. Повышение производительности труда пользователя	0,07	95	100	0,95	6,65
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям)	0,12	87	100	0,87	10,44
3. Помехоустойчивость	0,03	90	100	0,9	2,7
4. Энергоэкономичность	0,11	90	100	0,9	9,9
5. Надежность	0,06	97	100	0,97	5,82
6. Уровень шума	0,03	80	100	0,8	2,4
7. Безопасность	0,01	80	100	0,8	2,4
8. Потребность в ресурсах памяти	0,02	75	100	0,75	1,5
9. Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0,04	85	100	0,85	3,4
10. Простота эксплуатации	0,04	98	100	0,98	3,92
11. Качество интеллектуального интерфейса	0,05	96	100	0,96	4,8
12. Возможность подключения в сеть ЭВМ	0,06	100	100	1	6
Показатели оценки коммерческого потенциала разработки					
1. Конкурентоспособность продукта	0,04	90	100	0,9	3,6
2. Уровень проникновения на рынок	0,04	70	100	0,7	2,8
3. Цена	0,1	65	100	0,65	6,5
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,07	95	100	0,95	6,65
5. Послепродажное обслуживание	0,03	90	100	0,9	2,7
6. Финансирование научной разработки	0,05	78	100	0,78	3,9
7. Срок выхода на рынок	0,03	71	100	0,8	3,2

8. Наличие сертификации разработки	0,04	80	100	0,8	3,2
Итого	1				91,41

Оценка качества и перспективности по технологии QuaD определяется по формуле:

$$P_{\text{ср}} = \sum V_i \cdot B_i$$

где $P_{\text{ср}}$ – средневзвешенное значение показателя качества и перспективности научной разработки;

V_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – средневзвешенное значение i -го показателя.

Значение $P_{\text{ср}}$ получилось равным 91,41, что говорит о том, что данная разработка является перспективной.

4.1.3. SWOT-анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта. Проводится в два этапа.

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

Результаты первого этапа SWOT-анализа представляем в табличной форме (таблице 4)

Таблица 4. Матрица SWOT

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>С1. Заявленная экономичность и энергоэффективность технологии</p> <p>С2. Экологичность технологии</p> <p>С3. Более низкая стоимость производства по сравнению с другими технологиями</p> <p>С4. Повышение производительности труда</p> <p>С5. Квалифицированный персонал</p> <p>С6. Высокий срок эксплуатации</p> <p>С7. Надежность данной системы по сравнению с другими</p> <p>С8. Высокое качество продукции</p> <p>С9. Универсальность схемы управления</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>Сл1. Отсутствие у потенциальных потребителей квалифицированных кадров по работе с научной разработкой</p> <p>Сл2. Большой срок выхода на рынок</p> <p>Сл.3 Высокая стоимость лицензионного программного обеспечения</p>
<p>Возможности:</p> <p>В1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ</p> <p>В2. Появление дополнительного спроса на новый продукт</p> <p>В3. Снижение стоимости на электроэнергию и материалы, используемые при научных исследованиях</p> <p>В4. Повышение стоимости конкурентных разработок</p> <p>В5. Развитие технологий в данной отрасли</p>		
<p>Угрозы:</p> <p>У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства</p> <p>У2. Развитая конкуренция технологий производства</p> <p>У3. Введения дополнительных государственных требований к сертификации продукции</p> <p>У4. Экономическая ситуация в стране, влияющая на спрос</p> <p>У5. Появление новых конкурентных разработок</p>		

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

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

Второй этап состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды.

Полученная интерактивная матрицы проекта представлена в таблице 5.

Таблица 5. Интерактивная матрица возможностей

Сильные стороны проекта										
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
	B1	0	+	0	0	+	0	+	+	+
	B2	+	+	+	+	-	+	+	+	+
	B3	+	-	+	+	-	+	+	0	+
	B4	+	-	-	0	+	+	+	+	+
	B5	+	0	+	+	+	+	+	+	+
Слабые стороны проекта										
Возможности проекта		Сл1			Сл2			Сл3		
	B1	-			-			-		
	B2	-			-			-		
	B3	-			-			-		
	B4	-			-			0		
	B5	+			0			+		

Таблица 6. Интерактивная матрица угроз

Сильные стороны проекта										
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
	Y1	-	-	-	-	+	-	-	-	-
	Y2	0	0	-	-	-	-	-	-	+
	Y3	+	0	+	+	-	+	0	0	0
	Y4	-	-	-	0	-	-	-	-	-
	Y5	0	-	-	-	+	-	-	-	-
Слабые стороны проекта										
Возможности проекта		Сл1			Сл2			Сл3		
	Y1	+			0			0		
	Y2	-			0			+		
	Y3	+			+			+		
	Y4	+			-			+		
	Y5	+			0			+		

В рамках третьего этапа составляем итоговую матрицу SWOT-анализа (таблица 7).

Таблица 7 – Итоговая матрица SWOT-анализа

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>С1. Заявленная экономичность и энергоэффективность технологии</p> <p>С2. Экологичность технологии</p> <p>С3. Более низкая стоимость производства по сравнению с другими технологиями</p> <p>С4. Повышение производительности труда</p> <p>С5. Квалифицированный персонал</p> <p>С6. Высокий срок эксплуатации</p> <p>С7. Надежность данной системы по сравнению с другими</p> <p>С8. Высокое качество продукции</p> <p>С9. Универсальность схемы управления</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>Сл1. Отсутствие у потенциальных потребителей квалифицированных кадров по работе с научной разработкой</p> <p>Сл2. Большой срок выхода на рынок</p> <p>Сл.3 Высокая стоимость лицензионного программного обеспечения</p>
<p>Возможности:</p> <p>В1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ</p> <p>В2. Появление дополнительного спроса на новый продукт</p> <p>В3. Снижение стоимости на электроэнергию и материалы, используемые при научных исследований</p> <p>В4. Повышение стоимости конкурентных разработок</p> <p>В5. Развитие технологий в данной отрасли</p>	<p>В2В3В4С1С6С7С9</p> <p>В1С2С5С7С8С9</p> <p>В4С1С5С6С7С8С9</p> <p>В5С1С3С4С5С6С7С8С9</p>	<p>В5Сл1Сл3</p>

Угрозы:	У1С5	У1Сл1
У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства	У3С1С3С4С6	У2Сл3
У2. Развитая конкуренция технологий производства	У2С9	У3Сл1Сл2Сл3
У3. Введения дополнительных государственных требований к сертификации продукции	У5С5	У4У5Сл1Сл3
У4. Экономическая ситуация в стране, влияющая на спрос		
У5. Появление новых конкурентных разработок		

Из анализа полученных результатов видно, что разработка обладает большим количеством сильных сторон, а также большими возможностями. Основной угрозой является высокая стоимость лицензионного программного обеспечения. Результаты SWOT-анализа учитываются при разработке структуры работ, выполняемых в рамках научно-исследовательского проекта.

4.2. Определение возможных альтернатив проведения научных исследований

В предыдущем разделе были описаны методы, которые позволяют выявить и предложить возможные альтернативы проведения исследования и доработки результатов. К их числу относятся технология QuaD, оценка конкурентных инженерных решений, SWOT-анализ. К ним можно добавить ФСА-анализ, метод Кано. Однако, в большей степени все приведенные методы ориентированы на совершенствование результатов научного исследования, находящегося на стадии создания макета, модели системы, прототипа, конечного продукта. Если разработка находится на перечисленных стадиях жизненного цикла нового продукта, можно предложить не менее трех основных вариантов совершенствования разработки или основных направлений научного исследования.

Разработка относится к вышеописанным стадиям, поэтому нет необходимости использовать морфологический подход.

4.3. Планирование научно-исследовательских работ

4.3.1. Структура работ в рамках научного исследования

Для выполнения проектных работ формируется группа, которая включает в себя руководителя проекта и инженера. Для каждого типа запланированных работ устанавливается соответствующая должность исполнителей. Порядок этапов и работ, распределение исполнителей по этим видам работ приведено в таблице 8.

Таблица 8. Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель темы
Выбор направления исследований	2	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер
	3	Описание объекта автоматизации (модернизации)	Инженер
	4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель
Теоретическое исследование	5	Разработка структурной (принципиальной) схемы ЭП	Инженер
	6	Расчет параметров двигателя и модели	Инженер
	7	Выбор способа регулирования скорости	Инженер
	8	Расчет предельных характеристик системы «преобразователь–электродвигатель»	Инженер
	9	Разработка математической модели системы АУ ЭП	Инженер
	10	Оптимизация САР электропривода	Инженер
	11	Разработка программы имитационного моделирования	Инженер
Обобщение и оценка результатов	12	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель
Проведение ОКР			
Разработка технической документации и проектирование	13	Технико-экономические расчеты	Инженер
	14	Вопросы безопасности и экологичности проекта	Инженер
	15	Составление пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации)	Инженер

4.3.2. Определение трудоемкости выполнения работ

Важным моментом является определение трудоемкости каждого из участников проекта. Сложность работы оценивается экспертно в человеко-днях и носит вероятностный характер. Для определения ожидаемой (средней) величины трудоемкости используется следующая формула:

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

где

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

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

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i};$$

где:

- T_{pi} – продолжительность одной работы, раб. дн.;
- $t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.

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

В таблице 6.8. приведены ожидаемая трудоемкость и время выполнения работы.

4.3.3. Разработка графика проведения научного исследования

Наиболее удобным и очевидным является построение графика проектирования работ в виде диаграммы Ганта.

Для удобства составления графика продолжительность каждого из этапов работы с рабочих дней должна быть переведена на календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{кал}$$

где:

- T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;
- T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;
- $k_{кал}$ – коэффициент календарности

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

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

где:

- $T_{кал}$ – количество календарных дней в году;
- $T_{вых}$ – количество выходных дней в году;
- $T_{пр}$ – количество праздничных дней в году.

Все рассчитанные значения сводим в таблицу 9.

Таблица 9. Временные показатели проведения проектирования

Название работы	Грудоёмкость работ						Длительность работ в рабочих днях T_{pi}		Длительность работ в календарных днях T_{ki}	
	t_{min} , чел-дни		t_{max} , чел-дни		$t_{ожi}$, чел-дни					
	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер				
	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер

Окончание таблицы 9

Составление и утверждение технического задания	1		2		2		2		4	
Подбор и изучение материалов по теме		5		8		7		7		11
Описание объекта автоматизации (модернизации)		3		4		4		4		7
Календарное планирование работ по теме	3		5		4		4		7	
Разработка структурной (принципиальной) схемы ЭП		4		9		6		6		10
Расчет параметров двигателя и модели		4		6		5		5		8
Выбор способа регулирования скорости		2		4		8		8		12
Расчет предельных характеристик системы «преобразователь–электродвигатель»		2		4		3		3		5
Разработка математической модели системы АУ ЭП	3		6		5		5		8	
Оптимизация САР электропривода		4		8		6		6		10
Разработка программы имитационного моделирования		5		8		7		7		11
Оценка эффективности полученных результатов	2		3		3		3		5	
Технико-экономические расчеты		3		7		5		5		8
Вопросы безопасности и экологичности проекта		3		7		5		5		8
Составление пояснительной записки		1		3		2		2		4

Пример расчета:

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

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

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

$$T_{\text{к}} = T_{\text{р}} \cdot k_{\text{кал}} = 2 \cdot 1,553 = 3,106 \approx 4 \text{ дня.}$$

На основе таблицы 9 строим календарный план-график (таблица 10).

Таблица 10. Календарный план-график проведения проектирования

№	Вид работ	Исполнители	T_{ki} дн	Продолжительность выполнения работ													
				Фев.		март			апрель			май			июнь		
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	
1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель	4	■													
2	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер	11	■	■												
3	Описание объекта автоматизации (модернизации)	Инженер	7		■												
4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель	7			■											
5	Разработка структурной (принципиальной) схемы ЭП	Инженер	10			■	■										
6	Расчет параметров двигателя и модели	Инженер	8				■	■									
7	Выбор способа регулирования скорости	Инженер	12					■	■	■							
8	Расчет предельных характеристик системы «преобразователь–электродвигатель»	Инженер	5							■	■						
9	Разработка математической модели системы АУ ЭП	Руководитель	3							■	■						
10	Оптимизация САР электропривода	Инженер	10									■	■	■			

4.4. Бюджет затрат на проектирования

4.4.1. Основная заработная плата исполнителей темы

Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 –30 % от тарифа или оклада. Расчет основной заработной платы сводится в таблицу 11.

Таблица 11. Расчет основной заработной платы

№ п/п	Наименование этапов	Исполнитель и по категориям	Трудоемкость, чел.-дн.	Заработная плата, приходящаяся на один чел.-дн., тыс.руб	Всего заработная плата по тарифу (окладам), тыс. руб.
1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель	4	2351	9404
2	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер	11	1523	16753
3	Описание объекта автоматизации (модернизации)	Инженер	7	1523	10661
4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель	7	2351	16457
5	Разработка структурной (принципиальной) схемы ЭП	Инженер	10	1523	15230
6	Расчет параметров двигателя и модели	Инженер	8	1523	12184
7	Выбор способа регулирования скорости	Инженер	12	1523	18276
8	Расчет предельных характеристик системы «преобразователь–электродвигатель»	Инженер	5	1523	7615
9	Разработка математической модели системы АУ ЭП	Руководитель	3	2351	7053

10	Оптимизация САР электропривода	Инженер	10	1523	15230
11	Разработка программы имитационного моделирования	Инженер	11	1523	16753
12	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель	2	2351	4702
13	Технико-экономические расчеты	Инженер	8	1523	12184
14	Вопросы безопасности и экологичности проекта	Инженер	8	1523	12184
15	Составление пояснительной записки	Инженер	4	1523	6092
Итого:					180778

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

$$Z_{\text{зн}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}};$$

где:

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

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

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{он}} \cdot T_p$$

где:

- $Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата одного работника;
- T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб.дн.;
- $Z_{\text{он}}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_M \cdot M}{F_{\text{д}}} = \frac{53594 \cdot 10,4}{237} = 2351 \text{руб.},$$

где:

- Z_M – месячный должностной оклад работника, руб.;
- M – количество месяцев работы без отпуска в течение года;
- $F_{\text{д}}$ – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн.(таблица 12).

Таблица 12. Баланс рабочего времени

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

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_M = Z_{TC} \cdot (1 + k_{np} + k_{\text{д}}) \cdot k_p = 27484 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 53594 \text{руб.},$$

где:

- Z_{TC} – заработная плата по тарифной ставке, руб.;
- k_{np} – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30% от Z_{TC});
- $k_{\text{д}}$ – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5 (в НИИ и на промышленных предприятиях – за расширение сфер

обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: 15-20 % от $Z_{ТС}$);

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

Тарифная заработная плата $Z_{ТС}$ находится из произведения тарифной ставки первого разряда $T_{ci} = 600$ руб. на тарифный коэффициент k_T и учитывается по единой, для бюджетных организаций, тарифной сетке. Для предприятий, не относящихся к бюджетной сфере, тарифная заработная плата (оклад) рассчитывается по тарифной сетке, принятой на данном предприятии. Расчёт основной заработной платы приведён в таблице 13.

Таблица 13 – Расчёт основной заработной платы

Исполнители	$Z_{ТС}$, руб.	k_{np}	k_{∂}	k_p	Z_M , руб.	$Z_{\partial n}$, руб.	T_p , раб. дн.	$Z_{осн}$, руб.
Руководитель	27484	0,3	0,2	1,3	53594	2351	16	37616
Инженер	17808	0,3	0,2	1,3	34725	1523	95	144685
Итого $Z_{осн}$:								182301

4.4.2. Дополнительная заработная плата исполнителей темы

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

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{\partial on} = k_{\partial on} \cdot Z_{осн} = 0,12 \cdot 37616 = 4514 \text{ руб.},$$

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

4.4.3. 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:

$$З_{внеб} = k_{внеб} \cdot (З_{осн} + З_{доп}) = 0,271 \cdot (37616 + 4514) = 11417 \text{ руб}$$

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

На 2020 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ, установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений, осуществляющих образовательную и научную деятельность, в 2020 году вводится пониженная ставка – 27,1%.

Отчисления во внебюджетные фонды рекомендуется представляем в табличной форме (таблица 14).

Таблица 14 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель проекта	37616	4514
Студент-дипломник	144685	17362
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,271	
Итого:		
Руководитель	11417	
Инженер	43914	

4.4.4. Амортизация

Расчет амортизационных отчислений для полного восстановления основных фондов производится по нормам амортизации, утвержденным в порядке, установленном действующим законодательством, и определяется в зависимости от стоимости оборудования. Для проектирования требуется следующее оборудование: компьютер - 43000 рублей.

$$I_{ам} = \frac{T_{ис}}{T_{Г}} \cdot \frac{1}{T_{сл}} \cdot C_{обор};$$

где:

- $T_{ис}$ – время использования оборудования = 111 дней;
- $T_{Г}$ – количество использования в год = 365 дней;
- $C_{обор}$ – стоимость оборудования;
- $T_{сл}$ – срок службы оборудования = 3 года.

$$I_{ам} = \frac{T_{ис}}{T_{Г}} \cdot \frac{1}{T_{сл}} \cdot C_{обор} = \frac{111}{365} \cdot \frac{1}{3} \cdot 43000 = 4359 \text{ руб.}$$

4.4.5. Накладные расходы

Накладные расходы учитывают другие расходы организации, не включенные в предыдущие статьи расходов: печатные и фотокопировальные исследовательские материалы, оплату услуг связи, электричество, почтовые и телеграфные расходы, воспроизведение материалов и т. д. Их стоимость определяется следующей формуле:

$$З_{накл} = (\text{сумма_статей}_{(1:4)}) \cdot k_{нр};$$

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

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

$$З_{накл} = 259508 \cdot 0,16 = 41521,28 \text{ руб.}$$

4.4.6. Формирование бюджета затрат на проектирование

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы является основой для формирования бюджета затрат проекта, который, при формировании договора с заказчиком, защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции.

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский приведен в таблице 15.

Таблица 15. Расчет бюджета затрат НИИ

Наименование статьи	Сумма, руб.	Примечание
1. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	182301	Пункт 1.2.4
2. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	21876	Пункт 1.2.5
3. Отчисления во внебюджетные фонды	55631	Пункт 1.2.6
4. Амортизация	4359	Пункт 1.2.7
5. Накладные расходы	41521	Пункт 1.2.8
6. Бюджет затрат НИИ	305 688	Сумма ст.

4.4.7. Определение ресурсоэффективности проекта

Интегральный показатель финансовой эффективности для любой схемы управления является одинаковым, поэтому переходим к определению ресурсоэффективности проекта .

Ресурсоэффективность проекта можно оценить с помощью интегрального критерия ресурсоэффективности:

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

где:

- I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности;
- a_i – весовой коэффициент разработки;

- b_i – балльная оценка разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценки.

Расчёт интегрального показателя ресурсоэффективности схем проводим в виде табличной формы (таблица 16)

Таблица 16 – Сравнительная оценка характеристик вариантов проекта

Критерии	Весовой коэффициент	Электропривод постоянного тока, с датчиком скорости	Асинхронный электропривод, с датчиком скорости	Синхронный электропривод, с датчиком скорости
1. Безопасность	0,25	5	5	5
2. Удобство в эксплуатации	0,10	5	5	5
3. Помехоустойчивость	0,10	4	4	5
4. Энергосбережение	0,15	4	4	5
5. Надежность	0,25	5	5	5
6. Материалоемкость	0,15	4	4	4
Итого:	1	4,5	4,5	4,85

Рассчитываем показатель ресурсоэффективности:

$$I_p = 0,25 \cdot 5 + 0,1 \cdot 5 + 0,1 \cdot 5 + 0,15 \cdot 5 + 0,25 \cdot 5 + 0,15 \cdot 4 = 4,85.$$

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

4.5. Выводы по разделу «Финансовый менеджмент ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Анализируя данный раздел, можно прийти к выводу что, применение электроприводов постоянного тока и сейчас остается эффективным. Переход к приводу на синхронных двигателях с постоянными магнитами, целесообразен в момент реструктуризации производства, или в тех производственных процессах, где применение других представленных схем нецелесообразно.

5. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

5.1. Введение

Целью данного раздела является обеспечение безопасности и экологичности лаборатории НПФ Мехатроника - ПРО, в которой исследуются режимы работы синхронного электропривода. В процессе проведения исследования происходит разработка и создание математической модели электропривода в компьютерной среде «Matlab», обработка и анализ результатов, полученных в процессе моделирования.

Будет рассматриваться обеспечение необходимых условий труда (санитарно-гигиенические условия, защита от негативных производственных факторов, обеспечение пожарной безопасности) в соответствии с действующими нормативными документами, а также вопросы экологической безопасности. Основным рабочим оборудованием для исследования электропривода является ПК с использованием программных средств.

5.2. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Социальное страхование работников – это комплекс гарантий относительно основных конституционных и трудовых прав человека.

Обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний является видом социального страхования и предусматривает:

- обеспечение социальной защиты застрахованных и экономической заинтересованности субъектов страхования в снижении профессионального риска;

- возмещение вреда, причиненного жизни и здоровью застрахованного при исполнении им обязанностей по трудовому договору и в иных установленных настоящим Федеральным законом случаях, путем предоставления застрахованному в полном объеме всех необходимых видов

обеспечения по страхованию, в том числе оплату расходов на медицинскую, социальную и профессиональную реабилитацию.

– «Обязательному социальному страхованию от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний подлежат физические лица, выполняющие работу на основании трудового договора, заключенного со страхователем».

– «Средства на осуществление обязательного социального страхования от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний формируются за счет обязательных страховых взносов страхователей».

Согласно «ГОСТ 12.2.032-78. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования», место для работы за ПК и взаиморасположение всех его элементов должно соответствовать антропометрическим, физическим и психологическим требованиям. При компоновки рабочей зоны инженера следует учитывать следующие организационные мероприятия:

- Обеспечить высоту рабочей поверхности в пределах 680-760 мм, высоту поверхности с клавиатурой примерно 650 мм.

- Рабочее место с ПЭВМ, при работе, вызывающей значительное умственное напряжение, рекомендуется изолировать перегородками от других работников в помещении.

- Конструкция рабочего стула должна обеспечивать удобное положение тела человека в момент осуществления работ на рабочем месте. Рекомендуемая высота сиденья над уровнем пола расположена в пределах 420-550 мм. При выполнении длительных работ с ПЭВМ рабочий стул должен обеспечивать возможность изменения позы с целью минимизации статического напряжения в позвоночном отделе опорно-двигательного аппарата.

5.3. Производственная безопасность

В данном пункте анализируются вредные и опасные факторы, которые могут возникать при проведении исследований в лаборатории, при эксплуатации частотно-регулируемого электропривода.

Таблица 17 - Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разра- ботка	Изгото вление	Эксплу атация	
1. Отклонение показателей микроклимата		+	+	ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны[7]. СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений»[8].
2. Превышение уровня шума		+	+	
3. Превышение уровня вибрации		+	+	
4. Недостаток естественного света	+	+	+	СН 2.2.4/2.1.8.562-96 Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки[1].
5. Недостаточная освещенность рабочей зоны	+	+	+	ГОСТ 12.4.011-89 ССБТ. Средства защиты работающих. Общие требования и классификация[4]. СанПиН 2.2.4/2.1.8.566 – 96 «Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий»[9]. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*[10].
6. Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека		+	+	СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий[3]. ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление[2]. ГОСТ Р ИСО 1410-2010 Оценка жизненного цикла. Принципы и структура[5]. ГОСТ Р 22.0.01-94 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Основные положения[6].

5.4. Анализ опасных и вредных производственных факторов

5.4.1. Отклонение показателей микроклимата

Микроклимат (температура, относительная влажность, скорость движения воздуха, интенсивность теплового излучения) и содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны должны быть в пределах санитарногигиенических норм, что обеспечивается [12]. В лаборатории применяется:

а) при незначительных перегревах воздуха и умеренных выбросах паров, - применение организованная естественная вентиляция;

б) при значительных уровнях теплового воздействия и выбросов загрязнителей - устройство принудительной вентиляции, обеспечивающее снижение температуры воздуха и концентрации загрязнителей до допустимых пределов притоком свежего воздуха в рабочую зону.

Неблагоприятные значения микроклиматических показателей могут стать причиной снижения производственных показателей в работе, привести к таким заболеваниям работающих как различные формы простуды, радикулит, хронический бронхит, тонзиллит и др.

Оптимальные и допустимые нормы микроклимата представлены в таблице 18[13].

Таблица 18 - Оптимальные и допустимые нормы микроклимата

Оптимальные нормы				
Период года	Температура воздуха, С	Температура поверхностей, С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	21-23	20-24	60-40	0,1
Теплый	22-24	21-25	60-40	0,1
Допустимые нормы				
Период года	Температура воздуха, С	Температура поверхностей, С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	19-24	18-25	75-15	0,1-0,2
Теплый	20-28	19-29	75-15	0,1-0,3

5.4.2. Превышение уровня шума

В лаборатории рядом с рабочим местом, источником шума являются лабораторные установки.

Шум, возникающий при работе производственного оборудования и превышающий нормативные значения, воздействует на центральную и вегетативную нервную систему человека, органы слуха.

Основное физиологическое воздействие шума заключается в том, что повреждается внутреннее ухо, возможны изменения скорости дыхания, а также изменения кровяного давления, сужение кровеносных сосудов, расширение зрачков глаз.

Допустимые уровни звукового давления в октавных полосах частот, уровни звука и эквивалентные уровни звука и звукового давления на рабочих местах производственных помещений представлены в таблице 19[6].

Таблица 19 – Допустимые уровни шума

Помещения, рабочие места	Уровни звукового давления (ДБ) в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука и эквивалентные уровни звука, дБА
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Помещения для размещения шумного оборудования	103	91	83	77	73	70	68	66	64	80

Для защиты от шума по [6] предусматриваются:

- обеспечение персонала индивидуальными средствами защиты по [9];
- установка звукоизолирующих кабин;
- звукоизолирующие кожухи и экраны;
- виброизолирующие материалы под оборудование (пружины, резины и другие прокладочные материалы).

5.4.3. Превышение уровня вибрации

В лаборатории рядом с рабочим местом, источником вибраций являются лабораторные установки.

Воздействие производственной вибрации на человека вызывает изменения как физиологического, так и функционального состояния организма человека. Изменения в функциональном состоянии организма проявляются в повышении утомляемости, увеличении времени двигательной и зрительной реакции, нарушении вестибулярных реакций и координации движений. Все это ведет к снижению производительности труда. Изменения в физиологическом состоянии организма — в развитии нервных заболеваний, нарушении функций сердечно-сосудистой системы, нарушении функций опорно-двигательного аппарата, поражении мышечных тканей и суставов, нарушении функций органов внутренней секреции. Все это приводит к возникновению вибрационной болезни

Допустимые уровни вибрации в производственных помещениях предприятий представлены в таблице 20 [14].

Таблица 20 – Допустимые уровни вибраций

Амплитуда колебаний вибрации, мм	Частота вибрации, Гц	Скорость колебательных движений, см/с	Ускорение колебательных движений, см/с ²
0,6-0,4	До 3	1,12-0,76	22-14
0,4-0,15	3-5	0,76-0,46	14-15
0,15-0,05	5-8	0,46-0,25	15-13
0,05-0,03	8-15	0,25-0,28	13-27
0,03-0,009	15-30	0,28-0,17	27-32
0,009-0,007	30-50	0,17-0,22	32-70
0,007-0,005	50-75	0,22-0,23	70-112
0,005-0,003	75-100	0,23-0,19	112-120

Для того, чтобы снизить влияние вибрирующих машин и другого оборудования на организм человека применяют нижеперечисленные меры и средства:

- применение виброизоляции виброизолирующих машин относительно основания;
- использование дистанционного управления в технологических процессах;
- использование автоматики в технологических процессах, где работают вибрирующие материалы;
- использование ручного инструмента с виброзащищенными рукоятками, специальной обуви и перчаток;

5.4.4. Недостаток естественного света

Естественное освещение помещений осуществляется посредством проникновения дневного света через световые проемы в наружных ограждающих конструкциях. Главной особенностью естественного освещения является его изменчивость в широких диапазонах в зависимости от времени дня и года, ряда других факторов.

Длительное пребывание в условиях дефицита естественного света приводит к нарушению физиологического равновесия в организме человека и развитию патологического состояния, получившего название «световое голодание». Оно проявляется нарушением углеводного, белкового, и особенно минерального обмена веществ, с ухудшением состояния костно-мышечной системы, ослаблением иммунитета к воздействию любых болезнетворных факторов бактериологической (вирусной, бактериальной, грибковой), химической, радиационной и иной природы, а также снижением общего тонуса организма, быстрой утомляемостью, повышением количества брака в работе и в общем ухудшении самочувствия.

Наименьшие нормативные значения КЕО для производственных помещений при совмещенном освещении представлены в таблице 21 [15].

Таблица 21 – Наименьшие нормативные значения КЕО

Разряд зрительных работ	Нормативные значения коэффициента естественного освещения e_n , % при совмещенном освещении	
	При верхнем или комбинированном освещении	При боковом освещении
I	3,0	1,2
II	2,5	1,0
III	2,02	0,7
IV	1,5	0,5
V и VII	1,0	0,3
VI	0,7	0,2

Без естественного освещения допускается проектировать помещения с временным пребыванием людей, помещения, которые определены соответствующими сводами правил и стандартами организаций на проектирование зданий и сооружений, а также помещения, размещение которых разрешено в подвальных этажах зданий и сооружений [15].

5.4.5. Недостаточная освещенность рабочей зоны

Искусственное освещение используется с целью проведения работ в темное время суток, а также в дневное время, при условии невозможности обеспечить нормированное значение коэффициента естественного освещения. Для искусственного освещения применяют электрические люминесцентные светильники, в данном случае 10 штук, размер каждого составляет 60 x 60 см, которые располагаются над рабочими поверхностями равномерно.

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. В зависимости от длины волны, свет может оказывать возбуждающее (оранжево-красный) или успокаивающее (желто-зеленый) действие

Оценка освещенности рабочей зоны необходима для обеспечения нормативных условий работы в помещениях и проводится в соответствии с [8]. Нормируемый показатель искусственного и естественного освещения по п.191 составляет 150 лк.

5.4.6. Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека

В процессе эксплуатации электрооборудования персонал производит определенную работу в различных помещениях, которые согласно [7] классифицируются по степени опасности поражения людей электрическим током как помещения с повышенной опасностью. Требования, предъявляемые к таким помещениям следующие:

- все электрооборудование должно быть заземлено, для чего в этих помещениях должен быть смонтирован заземляющий контур.
- работу на электрооборудовании должны осуществлять специально обученный персонал с отметкой об этом в удостоверении.

5.5. Экологическая безопасность

В ходе «жизненного цикла» электрических машин, отходы требуют специальных методов утилизации. К данным методам можно отнести следующие [10]:

- Отделение металлических частей от неметаллических;
- Металлические части переплавляются для последующего использования;
- Неметаллические части подвергаются специальной переработке.

Утилизация электрических машин включает в себя такие работы, как погрузка, транспортировка, разгрузка, складирование, демонтаж и переработка на специализированных полигонах для централизованного сбора и захоронения.

Как в процессе исследования, так и при работе исследуемого оборудования возможно появление отходов, как, например, бытовой мусор (отходы бумаги, пищевые отходы); отработанные люминесцентные лампы; офисная техника, комплектующие и запчасти, утратившие в результате износа потребительские свойства.

Бытовой мусор после предварительной сортировки складывают в специальные контейнеры для бытового мусора (затем специализированные службы вывозят мусор на городскую свалку); утратившее потребительские свойства офисное оборудование передают специальным службам (предприятиям) для сортировки, вторичного использования или складирования на городских мусорных полигонах.

Отработанные люминесцентные лампы утилизируются в соответствии с Постановлением Правительства РФ от 03.09.2010 №681.

Отработанные газоразрядные лампы помещают в защитную упаковку, предотвращающую повреждение стеклянной колбы, и передают специализированной организации для обезвреживания и переработки.

К сфере защиты ОС и рационального использования природных ресурсов относится и экономия ресурсов, в частности, энергетических.

Реальным вкладом здесь может стать экономия электрической и тепловой энергии на территории предприятия.

Во-первых, это улучшает экономические показатели деятельности предприятия (уменьшение расходов на электротепловую энергию).

Во-вторых, экономия энергии означает уменьшение газа, мазута, угля, сжигаемого в топках котлов ТЭС и электроустановок (котельных) и одновременное уменьшение выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух.

5.6. Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Наиболее вероятной чрезвычайной ситуацией при работе с электрооборудованием является возникновение пожара.

Основными причинами пожаров являются [11]:

- причины электрического характера (короткие замыкания, перегрев проводов);
- удар молнии;
- разряд зарядов статического электричества.

Существенную роль в пожарной безопасности электроустановок играют правильный выбор и режим работы электрооборудования с учетом пожароопасности и взрывоопасности помещений, применение молниеотводов и отводов электростатических зарядов.

Выбор электрического оборудования для пожароопасных помещений, и наружных установок производится в зависимости от класса помещения по степени пожарной опасности согласно ПУЭ-85 гл.7.4.

В пожароопасных помещениях, как правило, применяются машины закрытого типа, защита и аппаратура в пыленепроницаемом исполнении

На рабочем месте должны быть оформлены уголки пожарной безопасности и пожарные щиты. Для ведения надзора за соблюдением противопожарным режимом из числа инженерно-технического персонала должны быть назначены лица ответственные за пожарную безопасность.

В каждом цехе, лаборатории, мастерской должна быть разработана инструкция о конкретных мерах пожарной безопасности, противопожарном режиме и план эвакуации персонала из помещений.

Во избежание ЧС необходимо проводить пожарную профилактику, представляющую собой комплекс организационных и технических мероприятий, направленных на обеспечение безопасности людей, на предотвращение пожара, ограничения его распространения, а также на создание условий для успешного тушения пожара.

5.7. Выводы по разделу

В результате выполнения раздела ВКР «Социальная ответственность» были проанализированы вредные и опасные факторы, воздействующие на инженера, в момент выполнения его работы в лаборатории. Были предложены основные меры по профилактике и ликвидации воздействий пагубных факторов на организм человека. Отталкиваясь от всего вышесказанного в данном разделе, можно прийти к выводу, что, с точки зрения эффективности трудовой деятельности работника, правильная организация рабочего места играет колоссальную роль. Правильные условия труда способствуют повышению эффективности и производительности работ инженера, в то же время обеспечивая его безопасность.

Заключение

Целью выпускной квалификационной работы являлось исследование режимов работы синхронного электропривода для регулирующей трубопроводной арматуры. Были рассмотрены основные типы трубопроводной арматуры с их преимуществами и недостатками, а также был произведен обоснованный выбор электропривода и редуктора.

Для исследуемого электропривода была рассчитана силовая часть, произведена оптимизация контуров тока, контура скорости и контура положения.

Опираясь на требования, предъявляемые к электроприводу трубопроводной арматуры, было принято решение использовать отечественный двигатель марки ДСМ–0,25–1500–1–Т–Д–У2. Характеристики данного двигателя очень хорошо подходят для управления трубопроводной арматурой.

Промежуточным результатом работы стала разработка имитационной модели синхронного электропривода в программе Matlab Simulink. В данной программной среде было реализовано векторное управление выбранным двигателем, произведены процессы пуска, останова и наброса нагрузки. Не менее важной частью является рассмотрение процесса уплотнения, которое также было симитировано в Matlab Simulink.

Конечным результатом данной работы стал анализ переходных процессов, полученных в ходе испытаний исследуемого электропривода, который дал понять, что разработанный электропривод соответствует всем техническим требованиям.

Список используемой литературы

1. Трубопроводная арматура. Курс лекций [Электронный ресурс] – Режим доступа http://armtorg.ru/files/books/trub_armatura_lek/Truboprovodnaya_armatura_kurs_lek%20ciy.pdf/ (дата обращения 20.05.2020);
2. В.Т. Новиков. Трубопроводная арматура. – Томск, : Издательство Томского политехнического университета, 2013. – 290 с;
3. Золотниковые клапаны роску серии трс [Электронный ресурс] – Режим доступа <http://www.aberika.ru/airtec-controls/kolbenventile-TPC/> (дата обращения 20.05.2020.);
4. Волновые редуктора [Электронный ресурс] – Режим доступа http://www.oooapkb.ru/publ/ispolnitelnye_mekhanizmy/volnovye_peredachi/volnovye_reduktora/1-1-0-1 (дата обращения 22.05.2020.);
5. СН 2.2.4/2.1.8.562-96 Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки.
6. ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление.
7. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий.
8. ГОСТ 12.4.011-89 ССБТ. Средства защиты работающих. Общие требования и классификация.
9. ГОСТ Р ИСО 1410-2010 Оценка жизненного цикла. Принципы и структура.
10. ГОСТ Р 22.0.01-94 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Основные положения.
11. ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
12. СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений».

13. СанПиН 2.2.4/2.1.8.566 – 96 «Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий».

14. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*.