

Школа Инженерная школа энергетики

Направление подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Отделение школы (НОЦ) Электроэнергетики и электротехники

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Разработка системы управления синхронного электропривода регулирующей арматуры

УДК 62-83-523:621.313.323

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5А8Ж	Любимов Александр Валерьевич		

Руководитель ВКР

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

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОСГН ШБИП ТПУ	Гасанов Магеррам Али оглы	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель ООД ШБИП	Черемискина Мария Сергеевна			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
13.03.02 Электроэнергетика и электротехника	Тютева Полина Васильевна	к.т.н.		

Результаты обучения по направлению
13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

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

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

Школа Инженерная школа энергетики
 Направление подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника
 Отделение школы (НОЦ) Электроэнергетики и электротехники

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП

 (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
5А8Ж	Любимов Александр Валерьевич

Тема работы:

Разработка системы управления синхронного электропривода регулирующей арматуры	
Утверждена приказом директора ИШЭ (дата, номер)	Приказ № 351-39/с от 17.12.2021

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Материалы преддипломной практики, техническая литература, техническая документация.</p>
<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<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>

Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	Функциональная схема и имитационная модель электропривода, динамические характеристики электропривода.
---	--

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы
(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
<i>Социальная ответственность</i>	Старший преподаватель отделения общетехнических дисциплин Черемискина Мария Сергеевна
<i>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</i>	Профессор отделения социально-гуманитарных наук Гасанов Магеррам Али оглы

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

Все разделы выпускной квалификационной работы были написаны на русском языке

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

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
5А8Ж	Любимов Александр Валерьевич		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
5А8Ж	Любимов Александр Валерьевич

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»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Себестоимость научного исследования, расчет затрат.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	30 % премии; 20 % надбавки; 16% накладные расходы; 1,3 районный коэффициент.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	В соответствии с Налоговым кодексом РФ ставка 27,1%

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	SWOT – анализ применения электропривода.
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Определение трудоемкости работ; Формирование плана и графика разработки; Формирование бюджета затрат на научное исследование.
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Определение ресурсоэффективности исследования

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

<ol style="list-style-type: none"> 1. Оценка конкурентоспособности технических решений 2. Оценочная карта QuaD 3. Матрица SWOT 4. Альтернативы проведения НИ 5. График проведения и бюджет НИ 6. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ 	
--	--

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Гасанов Магеррам Али оглы	К.Э.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5А8Ж	Любимов Александр Валерьевич		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа		ФИО	
5А8Ж		Любимов Александр Валерьевич	
Школа	ИШЭ	Отделение (НОЦ)	Электроэнергетики и электротехники
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Тема ВКР:

Разработка системы управления синхронного электропривода регулирующей арматуры	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
Введение Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения.	<i>Объект исследования – синхронный электропривод. Область применения – регулирующая трубопроводная арматура.</i>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: – 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.
2. Производственная безопасность: – Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов	<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
Ст. преподаватель	Черемискина Мария Сергеевна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5А8Ж	Любимов Александр Валерьевич		

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

Школа Инженерная школа энергетики
 Направление подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника
 Уровень образования бакалавр
 Отделение школы (НОЦ) Электроэнергетики и электротехники
 Период выполнения (осенний / весенний семестр 2021 /2022 учебного года)

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

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

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
22.05.2020	Основная часть	60
15.05.2020	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	20
18.05.2020	Социальная ответственность	20

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

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

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Тютёва Полина Васильевна	К.Т.Н.		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит: 86 с., 30 рис., 22 табл., 19 источников.

Ключевые слова: ЭЛЕКТРОПРИВОД, СИНХРОННЫЙ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЬ С ПОСТОЯННЫМИ МАГНИТАМИ, ТРУБОПРОВОДНАЯ АРМАТУРА, ВЕКТОРНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ.

Объектом исследования являются: режимы работы синхронного электропривода регулирующей трубопроводной арматуры.

В процессе исследования были произведены расчеты регуляторов контуров тока, скорости и положения для синхронного электропривода. Исследование проводилось в программной среде MathLab Simulink.

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

При оформлении выпускной квалификационной работы были использованы следующие программы: Microsoft Office Word, Microsoft Office PowerPoint.

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ.....	13
1. ОБЗОР ТРУБОПРОВОДНОЙ АРМАТУРЫ.....	14
1.1. Требования к электроприводу трубопроводной арматуры.....	14
1.2. Обоснование и выбор синхронного электродвигателя с постоянными магнитами	17
1.3. Выбор способа управления синхронного электродвигателя с постоянными магнитами	20
2. РАСЧЕТ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ.....	21
2.1. Структурная схема электропривода	21
2.2. Расчет параметров силовой части электропривода СД.....	24
2.3. Настройка контуров регулирования	25
2.4. Результаты имитационного моделирования работы.....	28
3. ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ТРУБОПРОВОДНОЙ АРМАТУРЫ	39
3.1. Электропривод «ГУСАР».....	39
3.2. Ограничение момента электропривода	42
4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	45
4.1. Потенциальные потребители результатов исследования.....	45
4.2. Анализ конкурентных технических решений	46
4.3. Технология QuaD.....	48
4.4. SWOT-анализ	51
4.5. Планирование работ по научно-техническому исследованию.....	55
4.6. Бюджет научно-технического исследования (НТИ).....	62

4.7. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	68
5. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ	72
5.1. Введение	72
5.2. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	72
5.3. Производственная безопасность	73
Анализ опасных и вредных производственных факторов.....	75
5.4. Экологическая безопасность	79
5.5. Безопасность в чрезвычайных ситуациях	80
Выводы по разделу	81
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	83
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	84

ВВЕДЕНИЕ

Электрический привод является системой, предназначенной для управления определенными параметрами электродвигателя.

Современный электропривод играет роль не только электромеханического преобразователя, обеспечивающего механизмы необходимой им энергией, но и главным средством управления технологическими процессами, ведь в наше время задачи по их регулированию полностью возлагаются на системы автоматического управления.

Электроприводы сегодня используются в самых разных сферах хозяйственной деятельности, в том числе в сфере автоматизации процессов управления трубопроводными системами. Такие привода обеспечивают эффективное регулирование объемов и давления рабочей жидкости, перемещаемой по трубопроводу, а также контроль состояния элементов трубопроводной арматуры, быструю отсечку и возобновление перекачки по трубопроводу. Регулирование может происходить обычно как с местных, так и с дистанционных постов управления. Использование электроприводов в процессах управления запорной арматурой исключает зависимость от человеческого фактора на местах, позволяя наращивать управляемость и безопасность системы, а также снижать экономические издержки.

Синхронный электропривод для управления запорной арматуры имеет преимущество по сравнению с иными видами приводов в связи с его надежностью, меньшими массой и габаритами, более высокой перегрузочной способностью и, в целом, высшей энергоэффективностью.

В данной работе производилось исследование электропривода запорной арматуры на основе синхронного электродвигателя с постоянными магнитами.

1. ОБЗОР ТРУБОПРОВОДНОЙ АРМАТУРЫ

1.1. Требования к электроприводу трубопроводной арматуры

Трубопроводная арматура – устройство, которое устанавливается на трубопроводах, агрегатах или сосудах, которое предназначено для управления (отключения, распределения, регулирования и т.п.) потоками рабочих сред (жидкой, газообразной, газожидкостной, и т.п.) путем изменения площади проходного сечения.

Арматуры бывают различных видов, исполняющие свои функции:

- Запорная;
- регулирующая;
- обратная;
- предохранительная;
- распределительно-смесительная;
- разделительная;
- отключающая;
- комбинированная (совмещающая функции нескольких типов).

Существуют так же разные типы арматур, имеющие различные регулирующие или запирающие элементы: задвижка, кран, клапан, дисковый затвор.

Одним из самых популярных типов запорной арматуры является задвижка – промышленная трубопроводная арматура, запорному органу которой характерно возвратно-поступательное перемещение перпендикулярно потоку рабочей среды (рисунок 1).



Рисунок 1 – Запорная арматура с задвижкой

Регулируемый электропривод является самым распространенным видом приводов во всех областях промышленности. В целом, регулируемый электропривод представляет собой систему, в которой выходная скорость движения исполнительного органа изменяется, соответствуя требованиям технологического процесса, и которая состоит из: двигателя, преобразующих, измерительных и коммутирующих устройств.

К любому электроприводу обычно предъявляют следующие требования:

- регулирование скорости в определенном диапазоне;
- ускорение-замедление с заданным темпом при переходе от одного состояния к другому;
- необходимость ограничения параметров (например, момента, мощности, токов);
- минимальные потери;
- электромагнитная совместимость с системой электроснабжения.

Электропривод арматуры – это оборудование, используемое для механизации и автоматизации трубопроводной арматуры, и широко применяемое во всех отраслях промышленности. Чаще всего используются для дистанционного управления арматурой, их открытия и закрытия, непрерывного регулирования, а также для диагностики и позиционирования арматуры.

Основные требования к электроприводу арматуры:

- обеспечение задаваемого момента;
- обеспечение задаваемой скорости вращения;
- обеспечение высокой точности перемещения выходного звена (позиционный электропривод);
- возможность управления ручным дублером для регулирования в аварийном режиме;
- возможность приема команд управления с встроенного поста управления или от дистанционного пульта оператора;
- выдача необходимых параметров и результатов переходных процессов на индикационную панель блока электропривода и на пульт оператора.

Ниже описаны типичные функции, свойственные электроприводам запорной арматуры.

Автоматическое отключение в конечных положениях. После получения команды управления привод перемещает арматуры в направлении ОТКРЫТИЯ или ЗАКРЫТИЯ. При достижении конечного положения запускается процедура автоматического отключения. Существует два механизма выключения. Либо органы управления сразу отключают привод, как только становится достигнута заданная точка срабатывания, либо запорный элемент перемещается в конечное положение с определенной силой или определенным крутящим моментом, чтобы обеспечить герметичность арматуры. Обычно программа органов управления работает таким образом, чтобы происходило отключение привода при превышении установленного предела крутящего момента. Конечное положение либо сигнализируется концевым выключателем, либо датчиками положения.

Функции защиты. Отключение по моменту используется не только для остановки в конечном положении, но также и для защиты от перегрузок на всем

пути и защищает арматуру от чрезмерного момента. Если на закрывающий элемент в промежуточном положении действует высокий крутящий момент, например, из-за заземленного предмета, выключение сработает при достижении максимального отключающего момента.

Датчики температуры необходимы для защиты двигателя от перегрева, а также для отслеживания увеличения тока двигателя. Термовыключатели или термисторы с положительным температурным коэффициентом довольно надежно выполняют эту задачу. Они срабатывают при превышении предела температуры, и система управления выключает двигатель.

Регулирование процессов. Электроприводы оснащены полноценными регуляторами (ПИД-регуляторы). Особенно это важно для удаленных установок, привод может взять на себя задачи программируемого логического контроллера и регулировать процессы самостоятельно. В таком случае нет необходимости дополнительно устанавливать ПЛК.

1.2. Обоснование и выбор синхронного электродвигателя с постоянными магнитами

Наибольшее распространение получили регулируемые приводы, сочетающие в себе следующие достоинства: компактность, выдача требуемого крутящего момента, стабильный крутящий момент в процессе движения, простота связи и дистанционное управление.

В качестве движущей силы в основном используются асинхронные трехфазные двигатели переменного тока, в некоторых случаях также используются однофазные двигатели переменного или постоянного тока. Недостатком таких двигателей является малый крутящий момент, высокий пусковой ток и затыжка клапана.

Синхронный двигатель принципиально слегка сложнее асинхронного, но имеет ряд достоинств. Его главное преимущество заключается в получении наилучшего режима по реактивной энергии. При $\cos\phi = 1$ синхронный двигатель нагружен только активным током, в то же время асинхронный двигатель

нагружен активным и реактивным током. Потому, при той же номинальной мощности статорная обмотка и габариты синхронного двигателя меньше, а коэффициент полезного действия выше, чем у асинхронного. Они так же имеют меньшую чувствительность к колебаниям питающего напряжения, обладают высокой перегрузочной способностью, а при изменении нагрузки скорость вращения их вала остается неизменной.

СДПМ имеет ротор, представляющий собой постоянный магнит. Крутящий момент создается за счет притягивания вращающимся магнитным полем статора противоположных полюсов магнитного поля ротора. Этот момента вращает ротор вслед за полем статора (рисунок 2).

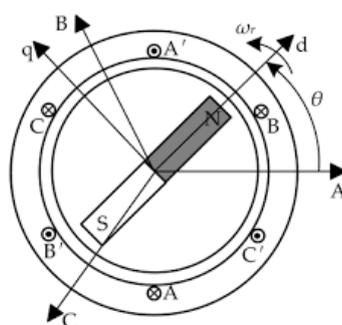


Рисунок 2 – Принцип работы СДПМ

В модель синхронного электромеханического преобразователя без учета насыщения вводится ряд допущений:

1. Сосредоточенные электрические параметры независимы от электрических переменных, т.к. отсутствует насыщение.
2. Энергия электростатического поля мала, и ею можно пренебречь.
3. Магнит – идеальный источник магнитного поля.
4. Потери в стали отсутствуют [1].

Для текущего исследования выбираем синхронный электродвигатель ДСМ-0,25-1500-1-Т-ДУ2 от Калужского электромеханического завода. Технические характеристики двигателя представлены в таблице Таблица 1.

Таблица 1 – Технические данные двигателя

Наименование показателя	Значение
Марка	ДСМ-0,25-1500-1-Т-ДУ2 IM3681 IC40 220В
Полезная мощность, кВт	0,25
Номинальная частота вращения, об/мин	1500
Номинальный вращающий момент, Н·м	1,6
Амплитудное/действующее напряжение, В	380 / 220
Амплитудный/действующий ток, А	1,7 / 1,2
Частота питающей сети, Гц	200
Число фаз	3
Соединение фаз	Y - «Звезда»
Число пар полюсов	8
КПД, %	75,8
Коэффициент мощности $\cos\phi$	0,93
Габаритные размеры (ШхВхД), мм	116x116x160
Крепление	IM3681
Масса, кг	2,2
Класс нагревостойкости изоляции	F
Степень защиты	IP40

Механическая часть данного электропривода представляет из себя волновой редуктор с промежуточными телами качения. Волновой редуктор для трубопроводной арматуры предпочтителен за счет своего высокого КПД, больших передаточных чисел, плавности и возможности обеспечивать высокие крутящие моменты при небольших габаритах. Редуктор, который применяется в исследуемом приводе, имеет передаточное число $i = 48$.

1.3. Выбор способа управления синхронного электродвигателя с постоянными магнитами

Для управления скоростью или положением синхронного двигателя необходима система управления. Существует несколько методов управления (скалярное, векторное, с датчиком или без и т.д.), выбор которого зависит от конкретно поставленной задачи.

Простейшим является трапецеидальное управление. Такой метод используется для управления СД с обратной ЭДС трапецеидальной формы. Реализуется он двумя способами: с обратной связью по положению или без нее. В большинстве случаев применяется управление с обратной связью, т.к. ее отсутствие может привести к рассинхронизации двигателя.

Управление с обратной связью по положению ротора подразделяется на: датчиковое и бездатчиковое. Для реализации первого варианта обычно применяют датчики Холла. Например, для трехфазного трапецеидального управления три таких датчика, встроенные в электродвигатель, способны определять угол с точностью ± 30 градусов. В этом случае будут присутствовать колебания момента, т.к. вектор статора занимает лишь шесть позиций на период. При бездатчиковом трапецеидальном управлении колебания выходного момента будут меньше, за счет более точного определения положения ротора, но такая система требует более производительную систему управления.

Самым эффективным методом управления бесщеточными двигателями является векторное, или поле-ориентированное управление (от англ. Field-

oriented control, FOC). Данный метод требует знать положение ротора в пространстве (т.е. датчиковое или бездатчиковое управление).

В качестве датчиков угла поворота ротора обычно используют: редуктосин, индуктосин, СКВТ, магниторезистивные или оптические датчики и т.п.

Бездатчиковые методы управления стали появляться с лишь недавно, с появлением более мощных процессоров. Они основываются на расчете угла положения из значений обратной ЭДС. Но такие методы неэффективны, когда ротор остановлен (нет обратной ЭДС) или вращается на малых скоростях (значения обратной ЭДС малы и неотличимы от шумов). В настоящее время бездатчиковое полеориентированное управление СДПМ на всех скоростях возможно только у двигателей, с явнополюсным ротором [3].

В данной работе для двигателя применяется векторное управление с датчиком положения ротора. Принципиальная схема векторного управления представлена на рисунке 3.

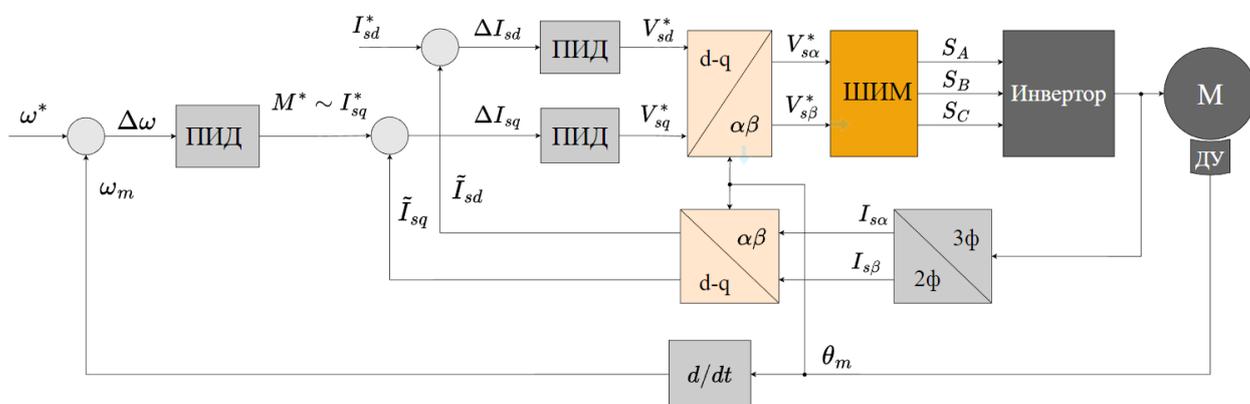


Рисунок 3 – Схема векторного управления СДПМ с датчиком положения

4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

4.1. Потенциальные потребители результатов исследования

Рассмотрим целевой рынок и проведем сегментирование для изучения потребителей научного исследования.

Целевой рынок – это рынок потребителей. Сегменты рынка – это выделенная часть рынка, группы потребителей с общими признаками. Сегментирование рынка – разделение потребителей на группы, для каждой из которых может быть востребован определенный товар.

В данном сегментировании целесообразно провести анализ потребителей по категории предприятий, применяющих трубопроводные арматуры. В зависимости от категории потребителей целесообразно выбрать три наиболее значимых рынка по размеру компании. Сегментирование приведено в таблице 3.

Таблица 2 – Карта сегментирования применения электроприводов

		Транспортирующие компании	Предприятия перерабатывающие	Объекты ЖКХ	Пищевая промышленность
Размер	Крупные				
	Средние				
	Малые				

Результаты сегментирования:

Потенциальным потребителем результатов исследования будут являться различные промышленные предприятия, предприятия ЖКХ и компании транспортирующие жидкости и газы. В приведенном примере карты сегментирования показано, что на рынке потребления наиболее востребованным является ориентир на крупные предприятия с транспортным магистральным трубопроводом.

4.2. Анализ конкурентных технических решений

Анализ проводится с целью оценки сильных и слабых сторон конкурентных разработок.

Для анализа используют следующую информацию о конкурентных электроприводах запорной арматуры:

- Технические характеристики.
- Конкурентоспособность.
- Цена.
- Качество.
- Уровень шума и т.д.

Электропривод запорной арматуры представляет собой электромеханическое устройство, предназначенное для автоматизации управления трубопроводной арматурой. Наиболее часто такие электроприводы используются для дистанционного управления арматурой: открытия и закрытия, регулирования положения, скорости и момента выходного звена. Главным отличием данного привода от большинства отечественных и зарубежных аналогов является применение синхронного электродвигателя на постоянных магнитах. За счет этого имеются следующие преимущества:

- Меньшие масса и габариты.
- Более высокая перегрузочная способность.
- Обширный спектр применения.

Целесообразно проводить данный анализ с помощью оценочной карты. Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений представлена в таблице 4.

Таблица 3 – Оценочная карта сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		СД 1	Д 1	Д 2	К ₁	К ₂	К ₃
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1.Повышение производительности труда пользователя	0,07	5	3	3	20	0,21	0,21
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям)	0,12	4	2	2	0,48	0,24	0,24
3. Помехоустойчивость	0,03	3	2	2	0,09	0,06	0,06
4. Энергоэкономичность	0,11	4	3	3	0,44	0,33	0,33
5. Надежность	0,06	5	4	4	0,3	0,24	0,24
6. Уровень шума	0,03	5	3	3	0,15	0,09	0,09
7. Безопасность	0,03	5	2	2	0,15	0,06	0,06
8. Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0,04	4	4	4	0,16	0,16	0,16
9. Простота эксплуатации	0,04	2	4	4	0,08	0,16	0,16
10. Качество интеллектуального интерфейса	0,05	5	4	3	0,25	0,2	0,15
11. Возможность подключения в сеть ЭВМ	0,06	5	0	0	0,3	0	0
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	0,03	5	4	3	0,15	0,12	0,09
2. Уровень проникновения на рынок	0,03	5	4	3	0,15	0,12	0,09

3. Цена	0,1	2	3	3	0,2	0,3	0,3
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,06	3	4	4	0,18	0,24	0,24
5. Послепродажное обслуживание	0,03	3	3	3	0,09	0,09	0,09
6. Финансирование научной разработки	0,03	4	2	2	0,12	0,06	0,06
7. Срок выхода на рынок	0,03	4	3	4	0,12	0,09	0,12
8. Наличие сертификации разработки	0,05	5	5	5	0,25	0,25	0,25
Итого	1	78	59	57	23,66	3,02	2,94

Где СД₁–привод с синхронным двигателем с постоянными магнитами;

Д₂– привод с асинхронным двигателем;

Д₃– привод с двигателем постоянного тока;

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum V_i \times B_i$$

где K – конкурентоспособность вида;

V_i– вес критерия (в долях единицы);

B_i – балл i-го показателя.

По данным оценочной карты можно увидеть, что применение привода с синхронным двигателем с постоянными магнитами является наиболее конкурентоспособным с минимальными издержками.

4.3. 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.

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

Для упрощения процедуры проведения QuaD оценка проводится в табличной форме (таблица 5).

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 4 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение (3/4)	Средне-взвешенное значение (5x2) x 100
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:

$$P_{cp} = \sum B_i \cdot B_i = 91,41,$$

где P_{cp} – средневзвешенное значение показателя качества и перспективности научной разработки;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – средневзвешенное значение i -го показателя.

Значение $P_{ср}$ получилось равным 91,41, что говорит о существенной перспективности данной разработки.

4.4.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.

При составлении матрицы SWOT удобно использовать следующие обозначения:

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

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 (таблица 6).

Таблица 5 – Матрица SWOT

	Сильные стороны проекта:	Слабые стороны проекта:
	С1. Сократить издержки на обслуживание и контроль за оборудованием;	Сл1. Сложность ремонта оборудования;
	С2. Снизить риски возникновения техногенных аварий и катастроф;	Сл2. Отсутствие у потенциальных потребителей квалифицированных кадров по работе с научной разработкой;
	С3. Предотвратить выход из строя сложного	

	<p>оборудования и не допустить останов технологических процессов;</p> <p>С4. Предоставить достоверную информацию управляющему звену предприятия;</p> <p>С5. Сформировать гибко планируемые сроки на планово-предупредительные работы и обслуживание;</p> <p>С6. идентифицировать с высокой долей вероятности причины выхода из строя оборудования;</p> <p>С7. Минимизировать влияние неквалифицированного персонала на расстройство технологического процесса;</p>	<p>Сл3. Проблема с финансированием;</p> <p>Сл4. Дороговизна оборудования;</p>
<p>Возможности:</p> <p>В1. Использовать блок управления для регулирования положения в многооборотных, неполноповоротных и прямоходных задвижках;</p> <p>В2. Широкий спектр применения;</p> <p>В3. Работа электропривода в большом диапазоне температур</p>		
<p>Угрозы:</p> <p>У1. Отсутствие спроса на технологию производства;</p> <p>У2. Импорт отдельных частей для конструкций;</p> <p>У3. Введения дополнительных государственных требований к стандартизации и сертификации продукции;</p> <p>У4. Несвоевременное проведение технического обслуживания и технического ремонта;</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. Каждый фактор помечается либо знаком «+» (означает сильное соответствие сильных сторон возможностям), либо знаком «-» (что означает слабое соответствие); «0» – если есть сомнения в том, что поставить «+» или «-». Полученная интерактивная матрицы проекта представлена в таблице 7.

Таблица 6 – Интерактивная матрица проекта

	Сильные стороны							Слабые стороны				
		C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
Возможности проекта	B1	0	0	+	+	+	-	0	-	0	0	+
	B2	+	+	+	+	-	0	0	+	0	+	-
	B3	+	+	+	0	0	0	-	-	+	+	0
	Сильные стороны							Слабые стороны				
		C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
Угрозы проекта	У1	+	+	-	+	0	0	0	-	0	0	+
	У2	-	+	0	+	-	+	0	0	-	+	-
	У3	0	+	+	-	0	-	-	0	-	+	+
	У4	-	-	+	+	0	+	0	-	+	-	0

В рамках третьего этапа составляем итоговую матрицу SWOT-анализа (таблица 8).

Таблица 7 – Итоговая матрица SWOT-анализа

	Сильные стороны проекта: С1. Сократить издержки на обслуживание и контроль за оборудованием;	Слабые стороны проекта: Сл1. Сложность ремонта оборудования; Сл2. Отсутствие у потенциальных
--	--	---

	<p>С2. Снизить риски возникновения техногенных аварий и катастроф;</p> <p>С3. Предотвратить выход из строя сложного оборудования и не допустить останов технологических процессов;</p> <p>С4. Предоставить достоверную информацию управляющему звену предприятия;</p> <p>С5. Сформировать гибко планируемые сроки на планово-предупредительные работы и обслуживание;</p> <p>С6. идентифицировать с высокой долей вероятности причины выхода из строя оборудования;</p> <p>С7. Минимизировать влияние неквалифицированного персонала на расстройство технологического процесса.</p>	<p>потребителей квалифицированных кадров по работе с научной разработкой;</p> <p>Сл3. Проблема с финансированием;</p> <p>Сл4. Дороговизна оборудования.</p>
<p>Возможности:</p> <p>В1. Использовать блок управления для регулирования положения в многооборотных, неполноповоротных и прямоходных задвижках;</p> <p>В2. Широкий спектр применения;</p> <p>В3. Работа электропривода в большом диапазоне температур.</p>	<p>В1С3С4С5 В2С1С2С3С4 В3С1С2С3</p>	<p>В1Сл4 В2Сл1Сл3 В3Сл2Сл3</p>
<p>Угрозы:</p> <p>У1. Отсутствие спроса на технологию производства;</p> <p>У2. Импорт отдельных частей для конструкций;</p> <p>У3. Введения дополнительных государственных требований к стандартизации и сертификации продукции;</p>	<p>У1С1С2С4 У2С2С3С6 У3С2С3 У4С3С4С6</p>	<p>У1Сл4 У2Сл3Сл4 У3Сл3Сл4 У4Сл2</p>

У4. Несвоевременное проведение технического обслуживания и технического ремонта.		
--	--	--

Из анализа полученных результатов видно, что разработка обладает большим количеством сильных сторон, а также большими возможностями. Основной угрозой является высокая зависимость от импорта составных компонентов привода и высокая стоимость. Результаты SWOT-анализа учитываются при разработке структуры работ, выполняемых в рамках научно-исследовательского проекта.

4.5. Планирование работ по научно-техническому исследованию

4.5.1. 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 приведены в таблице 9.

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
Выбор направления исследований	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
Теоретическое исследование	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

4.5.2. Определение трудоемкости выполнения работ

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

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, который зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения

ожидаемого (среднего) значения трудоемкости используется следующая формула:

$$t_{ожi} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5}, \quad (12)$$

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

$t_{\min i}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, чел.-дн.;

$t_{\max i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, чел.-дн.;

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_{pi} , учитывающая параллельность выполнения работ по нескольким исполнителями.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i}, \quad (13)$$

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

$t_{ожi}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.;

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

4.5.3. Разработка графика проведения научного исследования

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

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

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

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (14)$$

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

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

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

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - (T_{\text{вых}} + T_{\text{пр}})}, \quad (15)$$

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

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

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

Все рассчитанные значения представлены в таблице 10.

Таблица 9 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ						Длительность работ в рабочих днях T_{pi}		Длительность работ в календарных днях T_{ki}	
	T_{min} , чел–дни		T_{max} , чел–дни		$T_{ож}$, чел–дни		Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер
	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер				
Составление и утверждение технического задания	1		2		2		2		4	
Подбор и изучение материалов по теме		5		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:

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

$$T_p = \frac{t_{ожі}}{ч} = \frac{2}{1} = 2 \text{ дня};$$

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

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

Строим календарный план-график (таблица 11).

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	Рук.	4														
2	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер	11														
3	Описание объекта автоматизации (модернизации)	Инженер	7														
4	Календарное планирование работ по теме	Рук.	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	Рук.	3														

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 проекта, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату и рассчитывается по формуле:

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (16)$$

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

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

Основная заработная плата руководителя рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p, \quad (17)$$

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

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

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d} = \frac{53594 \cdot 10,4}{237} = 2351 \text{ руб.},$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года;

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн (таблица 13).

Таблица 12 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней	52	52
- выходные дни	14	14

- праздничные дни		
Потери рабочего времени	48	48
- отпуск	14	14
- невыходы по болезни		
Действительный годовой фонд рабочего времени	237	237

Месячный должностной оклад работника (руководителя):

$$Z_m = Z_{tc} \cdot (1 + k_{пр} + k_d) \cdot k_p = 27484 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 53594 \text{руб}$$

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

$k_{пр}$ – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30 процентов от Z_{tc});

k_d – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5;

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

Тарифная заработная плата Z_{tc} находится из произведения тарифной ставки работника 1-го разряда $T_{с1} = 600$ руб. на тарифный коэффициент k_t и учитывается по единой для бюджетной организации тарифной сетке. Для предприятий, не относящихся к бюджетной сфере, тарифная заработная плата (оклад) рассчитывается по тарифной сетке, принятой на данном предприятии.

Расчет основной заработной платы представлен в таблице 14.

Таблица 13 – Расчёт основной заработной платы

Исполнители	Z_{tc} ,руб.	$k_{пр}$	k_d	k_p	Z_m ,руб.	$Z_{дн}$,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								182301

4.6.2. Расчет дополнительной заработной платы

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:

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}} = 0,12 \cdot (37616 + 144685) = 21876 \text{ руб}$$

где $k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной заработной платы, принятый на стадии проектирования за 0,12.

4.6.3. Отчисления во внебюджетные фонды

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

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из формулы:

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

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

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

Отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице 15.

Таблица 14 – Отчисления во внебюджетные фонды

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

4.6.4. Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов. Их величина определяется по формуле:

$$Z_{\text{накл}} = \left(\sum \text{статей} \right) \cdot k_{\text{нр}}, \quad (18)$$

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

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

Накладные расходы составили:

$$\begin{aligned} Z_{\text{накл}} &= (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}} + Z_{\text{внеб}}) \cdot 0,16 = (182301 + 21876 + 55331) \cdot 0,16 = 259508 \cdot 0,16 \\ &= 41521,28 \text{ руб.} \end{aligned}$$

4.6.5. Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно–исследовательской работы является основой для формирования бюджета затрат проекта. Определение бюджета затрат на научно–исследовательский проект приведено в таблице 16.

Таблица 15 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб	Примечание
1. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	182301	Пункт 4.6.1
2. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	21876	Пункт 4.6.2
3. Отчисления во внебюджетные фонды	55631	Пункт 4.6.3
4. Накладные расходы	41521	Пункт 4.6.4
5. Затраты на научные и производственные командировки	-	Отсутствуют
6. Контрагентские расходы	-	Отсутствуют
7. Бюджет затрат НТИ	301329	

4.7. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

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

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования определяется как:

$$I_{\text{фин.р}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{ri}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (19)$$

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

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

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

Стоимость всего проекта не меняется в зависимости от исследуемого типа двигателя, т. к. трудозатраты равны для всех трех вариантов. Поэтому интегральные показатели финансовой эффективности равны:

$$I_{\text{фин.р}}^{\text{СД1}} = I_{\text{фин.р}}^{\text{Д2}} = I_{\text{фин.р}}^{\text{Д3}} = 1.$$

Ресурсоэффективность проекта можно оценить с помощью интегрального критерия ресурсоэффективности:

$$I_{pi} = \sum_{i=1}^n a_i \times b_i, \quad (20)$$

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

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

b_i^a, b_i^p – бальная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Результаты расчёта интегрального показателя ресурсоэффективности схем приведены в таблице 17.

Таблица 16 – Сравнительная оценка характеристик вариантов проекта

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Электропривод постоянного тока	Асинхронный электропривод	Синхронный электропривод
1. Способствует росту производительности труда пользователя	0,25	3	3	5
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,10	2	2	4

3. Помехоустойчивость	0,10	2	2	3
4. Энергосбережение	0,15	3	3	4
5. Надежность	0,25	4	4	5
6. Материалоемкость	0,15	4	4	4
Итого	1	3,2	3,2	4,4

Рассчитаем показатель ресурсоэффективности:

$$I_{p-CD1} = 5 \cdot (0,25 + 0,25) + 4 \cdot (0,1 + 0,15 + 0,15) + 3 \cdot 0,1 = 4,4$$

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

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ($I_{испi}$) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{CD1} = \frac{I_{p-CD1}}{I_{фин.р}^{CD1}} = \frac{4,4}{1} = 4,4;$$

$$I_{D2} = \frac{I_{p-D2}}{I_{фин.р}^{D2}} = \frac{3,2}{1} = 3,2;$$

$$I_{D3} = \frac{I_{p-D3}}{I_{фин.р}^{D3}} = \frac{3,2}{1} = 3,2.$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных (таблица 18).

Сравнительная эффективность проекта (\mathcal{E}_{cp}):

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{исп2}}}{I_{\text{исп1}}}. \quad (21)$$

Таблица 17 – Сравнительная эффективность разработки

№	Показатели	СД1	Д2	Д3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	1	1	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,4	3,2	3,2
3	Интегральный показатель эффективности	4,4	3,2	3,2
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,727	0,727

На основе проведенных расчетов и значений интегральных показателей эффективности можно сделать вывод о том, что применение асинхронных электроприводов и приводов с двигателями постоянного тока для управления трубопроводной арматурой хоть и по сей день остается хорошим способом, синхронный электропривод является более эффективным вариантом решения данной задачи. Переход к электроприводу с синхронным двигателем с постоянными магнитами наиболее целесообразен в момент реструктуризации производства или в тех производственных процессах, где применение других представленных способов нецелесообразно. Также переход к СДПМ желателен для повышения эффективности производства в долгосрочном периоде.

5. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

5.1. Введение

Целью данного раздела является описание обеспечения безопасности и экологичности лаборатории НПФ Мехатроника - ПРО, в которой исследуются режимы работы электропривода запорной арматуры с применением синхронного двигателя с постоянными магнитами.

В разделе будет рассмотрено обеспечение необходимых условий труда в соответствии с действующими нормативными документами, а также вопросы производственной и экологической безопасности и безопасности в чрезвычайных ситуациях.

Площадь рабочего помещения составляет 90 кв.м, на которой размещается 7 персональных рабочих места с ПК и 4 экспериментальных стенда.

Основным рабочим оборудованием для исследования электропривода является ПК с необходимыми программными средствами и исследуемый синхронный двигатель запорной арматуры.

5.2. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Трудовые отношения регулируются Трудовым кодексом Российской Федерации [5]:

- Продолжительность рабочей недели не должна превышать 40 часов в неделю (пятидневная с двумя выходными, выходные дни: суббота и воскресенье). Работнику предоставляется право лично устанавливать время и режим рабочего дня путем утверждения индивидуального графика работы с работодателем. Работнику предоставляется ежегодный отпуск с сохранением места работы (должности) и среднего заработка в количестве 28 календарных дней.
- Месячная заработная плата работника, отработавшего за этот период норму рабочего времени и выполнившего трудовые обязанности, не может быть

ниже установленного федеральным законом минимального размера оплаты труда.

- Дисциплина труда - обязательное для всех работников подчинение правилам поведения, определенным в соответствии с настоящим Кодексом, иными федеральными законами, коллективным договором, соглашениями, локальными нормативными актами, трудовым договором.

Работник научно-производительной фирмы дает согласие на обработку персональных данных и имеет право на доступ к его персональным данным в порядке, определенном статьей 14 Федерального закона от 27.07.2006 № 152-ФЗ «О персональных данных» [6]. Согласие может быть отозвано в любое время на основании личного письменного заявления.

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 компоновке 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 стола должна позволять осуществить оптимальное расположение необходимых предметов труда и оборудования, согласно требованиям, предъявляемым к рабочему процессу [7].

5.3. Производственная безопасность

В данном разделе рассматривается и анализируется ряд вредных и опасных факторов, возникающих и влияющих на разработку, изготовление и

эксплуатацию. Во время исследования часто возникают определенные вредные и опасные факторы, которые нужно регулировать и соблюдать по ГОСТу 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы, Классификация» (таблица 19).

Таблица 18 – Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Нормативные документы
Опасные и вредные производственные факторы, связанные с аномальными микроклиматическими параметрами воздушной среды на местонахождении работающего	Опасные и вредные производственные факторы, связанные с аномальными микроклиматическими параметрами воздушной среды на местонахождении работающего, устанавливаются СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания [8].
Повышенный уровень шума	
Отсутствие или недостаток необходимого естественного освещения	
Отсутствие или недостатки необходимого искусственного освещения	
Опасные и вредные производственные факторы, связанные с электрическим током	
	Требования к неблагоприятным характеристикам шума устанавливаются ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности [9]. Требования к освещению устанавливаются СП 52.13330.2016. Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95* [10]. Требования к обеспечению средств защиты работника от поражения электрическим током устанавливаются ГОСТ 12.4.011-89 ССБТ. Средства защиты работающих. Общие требования и классификация [11].

Анализ опасных и вредных производственных факторов

5.3.1. Опасные и вредные производственные факторы, связанные с аномальными микроклиматическими параметрами воздушной среды на местонахождении работающего

Показатели микроклимата вызывают заболевания в зависимости от того, как они изменяются. Неблагоприятные значения микроклиматических показателей могут стать причиной снижения производственных показателей в работе, привести к заболеваниям работающих.

Например, повышение температуры, относительной влажности воздуха, уменьшение скорости его движения приводят к уменьшению теплообмена, перегреву организма, расстройству нервной системы. Понижение температуры, повышение относительной влажности, скорости движения воздуха приводят к увеличению теплообмена, переохлаждению организма, также к расстройству нервной системы.

Показатели микроклимата:

- Температура воздуха;
- Скорость движения воздуха;
- Относительная влажность воздуха;
- Мощность теплового излучения.

Оптимальные и допустимые нормы микроклимата представлены в таблице 20 [12].

Таблица 19 – Оптимальные и допустимые нормы микроклимата

Оптимальные нормы			
Сезон года	Температура воздуха, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	21-23	60-40	0,1
Теплый	22-24	60-40	0,1

Допустимые нормы			
Сезон года	Температура воздуха, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	19-24	75-15	0,1-0,2
Теплый	20-28	75-15	0,1-0,3

Для достижения оптимальных показателей микроклимата в производственных помещениях применяют такие методы как:

- Оборудование помещений системами обогрева. Установка различных типов радиаторов, конвекторов, систем с тепловентиляторами.
- Установка различных систем очистки, вентиляции и кондиционирования воздуха.
- Использование воздушных завес.

5.3.2. Повышенный уровень 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 21 [9].

Таблица 20 – Допустимые уровни шума

Помещения, рабочие места	Уровни звукового давления (ДБ) в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц	Уровни звука и эквивалентные

	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	уровни звука, дБА
Помещения для размещения шумного оборудования	103	91	83	77	73	70	68	66	64	80

Для защиты от шума предусматриваются:

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

5.3.3. Недостаточная освещенность рабочей зоны

Источниками света могут быть как естественные, так и искусственные объекты. 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

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».

Наименьшие нормативные значения коэффициента естественного освещения для производственных помещений при совмещенном освещении представлены в таблице 22 [10].

Таблица 21 – Наименьшие нормативные значения коэффициента естественного освещения для III разряда зрительных работ

Разряд зрительных работ	Нормативные значения коэффициента естественного освещения $e_n, \%$ при совмещенном освещении	
	При верхнем или комбинированном освещении	При боковом освещении
III	2,02	0,7

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

По нормативу [10] освещенность на поверхности стола в зоне размещения рабочего документа должна быть 300-500 лк. Освещение не должно создавать бликов на поверхности экрана. Освещенность поверхности экрана не должна быть более 300 лк.

5.3.4. Опасные и вредные производственные факторы, связанные с электрическим током

Опасность поражения человека электрическим током оценивается величиной тока, проходящего через его тело, или напряжением прикосновения. Это означает, что опасность поражения током зависит от схемы включения человека в цепь, напряжения сети, режима нейтрали, степени изоляции токоведущих частей от земли, емкости линии, рода тока и т.д.

Электрический ток вызывает местные и общие нарушения в организме. Местные изменения проявляются ожогами ткани в местах выхода и входа электрического тока. При воздействии тока высокого напряжения возможны расслоение тканей, их разрыв, иногда полный отрыв конечности [13].

Для обеспечения защиты от поражения электрическим током применяют следующие методы:

- Изоляция токоведущих частей.
- Изоляция рабочего места.
- Заземление
- Зануление рабочего места.
- Защитное отключение.
- Использование средств индивидуальной защиты (диэлектрические ботинки, перчатки, резиновые коврики, инструмент с изолированными рукоятками).

5.4. Экологическая безопасность

В процессе исследования и при работе исследуемого оборудования возможны различные источники загрязнения окружающей среды.

Защита селитебной зоны

В целях обеспечения безопасности населения и в соответствии с Федеральным законом "О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения" от 30.03.1999 № 52-ФЗ [14], вокруг объектов и производств, являющихся источниками воздействия на среду обитания и здоровье человека устанавливается специальная территория с особым режимом использования, размер которой обеспечивает уменьшение воздействия загрязнения на атмосферный воздух (химического, биологического, физического) до значений, установленных гигиеническими нормативами.

Защита атмосферы

В процессе разработки и эксплуатации в помещении могут выделяться различные газообразные отходы, например, испарения в процессе пайки, химические выделения, входящие в состав вышедших из строя конденсаторов и иных электронных элементов и т.п. Перед выбросом воздух помещений подвергается обязательной очистке в фильтровентиляционных системах, что предотвращает атмосферу от загрязнения.

Защита гидросферы

Также имеются регулярные жидкие отходы, которые образуются в результате пользования водопроводом, туалетом и т.д. Такие отходы поступают в городскую канализацию и далее проходят стандартный процесс очистки на очистных сооружениях.

Защита литосферы

При обращении с твердыми отходами: бытовой мусор (отходы бумаги, отработанные специальные ткани для протирки офисного оборудования и экранов мониторов, пищевые отходы); отработанные люминесцентные лампы; офисная техника, комплектующие и запчасти, утратившие в результате износа потребительские свойства – надлежит руководствоваться Постановлением Администрации г. Томска от 11.11.2009 г. №1110 (с изменениями от 24.12.2014): бытовой мусор после предварительной сортировки складировать 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

5.5.Безопасность в чрезвычайных ситуациях

В процессе производства и эксплуатации синхронного электропривода наиболее вероятными являются чрезвычайные ситуации техногенного характера, а именно, возникновение пожара.

Основными причинами пожаров являются [15]:

- 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.

Место проведения исследования, согласно классификации производств по пожарной опасности [16], относится к классу Б, в связи с наличием горючих волокон или пыли. Наиболее вероятным источником взрыва может послужить короткое замыкание.

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 комплекс организационных и технических мероприятий по пожарной профилактике. Системы взрыво- и пожаросигнализации также являются эффективным методом профилактики пожаров.

Выводы по разделу

В данном разделе были определены правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности труда. Так же рассмотрены вредные факторы при производстве и эксплуатации электропривода. Были описаны организационно-технические мероприятия, которые способствуют снижению влияния вредных факторов на человека.

Далее было выявлено влияние электропривода на окружающую среду как при производстве, так и при эксплуатации. И рассмотрена наиболее вероятная чрезвычайная ситуация на данном производстве.

Помещение лаборатории НПФ Мехатроника-ПРО в отношении опасности поражения людей электрическим током является помещением без повышенной опасности, в котором отсутствуют условия, создающие повышенную или особую опасность [17]. По взрывопожарной и пожарной опасности помещение относится к категории Б (взрывопожароопасное).

Специалисты по охране труда субъектов электроэнергетики, контролирующие электроустановки, должны иметь группу V по электробезопасности и допускаются к выполнению должностных обязанностей в порядке, установленном для электротехнического персонала [18].

Категория тяжести труда на предприятии относится к группе Ib (энергозатраты организма 140-174 Вт). Это такие работы, которые производятся сидя, стоя или связаны с ходьбой, или сопровождаются физическим напряжением.

Электропривод трубопроводной арматуры относится к IV категории объекта, оказывающего негативное воздействие на окружающую среду [19].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Вольдек А.И. Электрические машины: учеб. для вузов. – 2-ое изд., перераб. и доп. - Л.: Энергия, 1974.
2. Усынин Ю.С. Системы управления электроприводов: учеб. пособие. – 2-е изд., перераб. и доп. – Челябинск: ЮУрГУ, 2004 – 328 с.
3. Калачев И.Ю. Векторное регулирование (Заметки практика) - 2013, 78 с.
4. ООО НПО «Сибирский машиностроитель» [Электронный ресурс]: Малогабаритные взрывозащищенные электроприводы «ГУСАР» с интегрированной системой управления ЭЗЗ, Томск, 2016 г. URL: <https://www.nposibmach.ru/product/cable/s-elektronnoj-sistemoj-upravleniya-e33/#> (дата обращения: 21.05.2022).
5. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 25.02.2022). – URL: <https://docs.cntd.ru/document/901807664>. – Текст: электронный.
6. Федеральный закон "О персональных данных" от 27.07.2006 N 152-ФЗ (последняя редакция). – URL: <https://docs.cntd.ru/document/901990046>. – Текст: электронный.
7. ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200003913>. – Текст: электронный.
8. СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/573500115>. – Текст: электронный.
9. ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200118606>. – Текст: электронный.

10. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/456054197>. – Текст: электронный.
11. ГОСТ 12.4.011-89 ССБТ. Средства защиты работающих. Общие требования и классификация. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200000277>. – Текст: электронный.
12. ГОСТ 12.1.005-88. Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200003608>. – Текст: электронный.
13. ГОСТ 12.1.019-2017 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200161238>. – Текст: электронный.
14. Федеральный закон "О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения" от 30.03.1999 N 52-ФЗ (последняя редакция). – URL: <https://docs.cntd.ru/document/901729631>. – Текст: электронный.
15. ГОСТ Р 22.0.01-2016. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Основные положения. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200136692>. – Текст: электронный.
16. СП 12.13130.2009. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200071156>. – Текст: электронный.
17. Правила устройства электроустановок (от 2003-01-01). – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200030216>. – Текст: электронный.
18. ПРИКАЗ от 15 декабря 2020 года N 903н. Об утверждении Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/573264184>. – Текст: электронный.

19. ПОСТАНОВЛЕНИЕ от 31 декабря 2020 года N 2398. Об утверждении критериев отнесения объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, к объектам I, II, III и IV категорий. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/573292854>. – Текст: электронный.