

Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего
образования

**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт электронного обучения

Направление подготовки (специальность) Электроэнергетика и электротехника

Кафедра электропривода и электрооборудования

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Электропривод центробежного насоса жилого здания

УДК 62-83-523:621.671:696.1

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3–5Г12	Николаев Владимир Викторович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Однокопылов И.Г.	К.Т.Н., доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Мелик-Гайказян М.В.	К.Э.Н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Романцов И.И	К.Т.Н., доцент		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Электропривода и электрооборудования	Дементьев Юрий Николаевич	К.Т.Н., доцент		

Томск – 2016 г.

Перечень графического материала:

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы:	
Раздел	Консультант
«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	Мелик-Гайказян Мария Вигеновна
«Социальная ответственность»	Романцов Игорь Иванович

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Однокопылов И.Г.	К.Т.Н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
З–5Г12	Николаев Владимир Викторович		

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

Студенту:

Группа	ФИО
3-5Г12	Николаеву Владимиру Викторовичу

Институт	ИнЭО	Кафедра	ЭПЭО
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Электроэнергетика и электротехника / Электропривод и автоматика

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

1. Стоимость затрат технического проекта	Затраты на оборудование определяются согласно стоимости оборудования по прейскурантам. Заработная плата определяется исходя из тарифной ставки и коэффициентов, зависящих от различных условий: организация, регион.
2. Используемая система налогообложения.	Отчисления во внебюджетные страховые фонды.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, анализу и разработке:

1. Оценка потенциала и перспективности реализации технического проекта с позиции ресурсоэффективности	Потенциал и перспективность реализации проекта оценивается проведением SWOT-анализа, ресурсоэффективность – интегральной оценкой ресурсоэффективности.
2. Планирование и формирование графика работ по реализации технического проекта	Используя оценку трудоемкости работ для каждого исполнителя, составляется ленточная диаграмма Ганта.
3. Составление сметы технического проекта	Составление сметы проводится используя группировки затрат по статьям: – затраты на оборудование; – полная заработная плата исполнителей; – отчисления во внебюджетные страховые фонды; – накладные расходы.

Перечень графического материала:

- Матрица SWOT
- График выполнения работ исполнителями (диаграмма Ганта)

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	11.02.16
--	----------

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5Г12	Николаев Владимир Викторович		

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

Насос водоснабжения жилого дома

Студенту:

Группа	ФИО
3-5Г12	Николаеву Владимиру Викторовичу

Институт	ЭНИН	Кафедра	ЭПЭО
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Электроэнергетика и электротехника / Электропривод и автоматика

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

3. Стоимость ресурсов технического проекта: материально-технических, финансовых, информационных и человеческих	-Расчет материальных затрат на оборудование.
4. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	-Отчисления во внебюджетные страховые фонды

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

4. Организация работ технического проекта	- Определение структуры работ в рамках технического проектирования; - Определение участников каждой работы; - Установление продолжительности работ; - Построение графика проведения проектирования работы.
5. Планирование и формирование сметы технического проекта	-Материальные затраты ; - Полная заработная плата исполнителей технического проекта; - Накладные расходы.
6. Определение ресурсоэффективности проекта	- Оценка интегрального показателя.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

--

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	11.02.16
--	----------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Мелик-Гайказян Мария Вигеновна	К.Э.Н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5Г12	Николаев Владимир Викторович		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа _____ 77 _____ с., _____ 32 _____ рис., _____ 3 _____ табл., _____ 17 _____ источников, _____ 1 _____ прил.

Ключевые слова: Электропривод, Насос, Регулятор частоты, Задатчик интенсивности, Инвертор.

В данной работе разработан регулируемый электропривод насосной установки для станции водоснабжения жилого дома.

Основная задача данной системы управления – создание постоянного давления в магистрали водопровода жилого дома, обеспечение выполнения суточной диаграммы водопотребления, обеспечение энергосбережения и защиты водопотребителей от перебоев водоснабжения центрального водопровода.

Исследование различных режимов электропривода центробежного насоса выполнено с помощью моделирования в программной среде matlab. Также проведен анализ экономической эффективности регулируемого электропривода насосной установки и разработаны мероприятия для безопасной эксплуатации насосной установки.

СОДЕРЖАНИЕ:

ВВЕДЕНИЕ.....	10
1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.	12
1.1 Анализ технологического процесса и задачи регулирования.....	12
1.2 Обоснование применения частотного регулирования электропривода насоса.....	14
1.3 Описание и технические характеристики насосной установки.....	15
2. ВЫБОР ПРИВОДНОГО УСТРОЙСТВА.....	18
2.1 Выбор приводного электродвигателя.....	18
2.2 Расчет параметров электродвигателя.....	20
2.3 Расчет параметров схемы замещения.....	20
2.4 Расчет естественных характеристик двигателя.....	24
2.5 Расчет семейства механических и электромеханических характеристик.....	27
2.6 Обоснование и выбор преобразователя электроэнергии.....	29
3. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СТАТИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ.....	30
3.1 Создание математической модели электропривода.....	30
3.2 Прямой пуск.....	31
3.3 Статический режим.....	33
3.4 Задатчик интенсивности.....	36
4. ИССЛЕДОВАНИЕ АВАРИЙНЫХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ НАСОСА.....	40
5. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	45
5.1 SWOT-анализ технического проекта.....	45
5.2 Планирование проведения работ технического проекта.....	48
5.2.1 Определение трудоемкости выполнения работ.....	48
5.2.2 Разработка графика технического проектирования.....	51
5.3 Составление сметы технического проекта.....	51
5.3.1 Расчет стоимости оборудования.....	54

5.3.2	Полная заработная плата исполнителей темы.....	54
5.3.3	Отчисления во внебюджетные страховые фонды.....	55
5.3.4	Накладные расходы.....	56
5.3.5	Формирование сметы технического проекта.....	56
5.4	Определение ресурсоэффективности проекта.....	57
6.	СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.....	60
6.1	Анализ опасных и вредных факторов.....	60
6.2	Техника безопасности.....	61
6.3	Производственная санитария.....	66
6.4	Пожарная безопасность.....	70
6.5	Охрана окружающей среды.....	71
6.6	Защита при ЧС.....	72
6.7	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности....	73
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	74
	СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	75
	ПРИЛОЖЕНИЕ 1.....	77

Введение

В жилищно–коммунальном хозяйстве и промышленности до 60% расхода электроэнергии потребляется электродвигателями. Самая большая доля энергопотребления приходится на долю приводных систем насосов, компрессоров, вентиляторов и прочих систем с периодической нагрузкой.

Постоянное увеличение цены на электроэнергию и другие энергоносители приводит к тому, что суммарные затраты на эксплуатацию электроустановок стали несравнимо большими. В связи с этим жилищно-коммунальные хозяйства и предприятия ставят перед собой задачу снижения расходов на электроэнергию, т.е. задачу энергосбережения. Анализируя расходы электроэнергии на множестве предприятий и хозяйств, делаем вывод, что решить данную задачу можно двумя способами – организационно-техническими мероприятиями для исключения бесполезных расходов электроэнергии, и применением энергоэффективного оборудования и энергосберегающих технологий, позволяющих выполнять один и тот же объём работы с наименьшими затратами электроэнергии.

Электроприводы – это энергосиловая основа для любого современного хозяйства или производства. Среди всех применяемых электроприводов большую часть занимают асинхронные электроприводы с короткозамкнутыми роторами, они потребляют до 50% электроэнергии потребляемой всеми электроприводами. Асинхронные электроприводы с короткозамкнутым ротором обладают простотой конструкции и невысокой стоимостью, благодаря этим параметрам они широко применяются в различных механизмах. Основными недостатками данных двигателей являются: тяжелый пуск при прямом подключении к питающей сети (6 – 7 кратные пусковые токи), затруднительное регулирование скорости вращения.

Основным примером эксплуатации асинхронных двигателей является их использование в насосных станциях различного водоснабжения, канализационных насосных станциях и насосов отопительных систем. Этот

вид установок расходует не меньше 25% всей произведенной электроэнергии.

Низкий КПД насосного оборудования и различных систем водоснабжения в частности приводит к высокому уровню расхода электроэнергии.

В основном большая часть электроприводов различных насосных установок является нерегулируемыми, это не может способствовать рациональному энергопотреблению при различных изменениях технологического процесса. Эти механизмы выбирают на максимальную производительность, а большую часть времени работают со значительно меньшей производительностью, что обуславливается различными потребностями в разных временных интервалах техпроцесса.

Цель данной выпускной квалификационной работы – разработка электропривода центробежного насоса жилого здания с применением современных технических решений для обеспечения следующих требований:

- экономия электроэнергии;
- регулирование электропривода при изменении режима работы

При реализации данного задания:

- изучить технический процесс водоснабжения;
- по данной теме проанализировать техническую литературу;
- выбрать принцип управления и провести его технико-экономическое обоснование;
- провести выбор электропривода обеспечивающего работоспособность данной установки;
- рассчитать статические характеристики электропривода;
- исследовать регулирование асинхронного электропривода насоса;
- провести математическое моделирование в среде Matlab.

1. Технологическая часть

1.1 Анализ технологического процесса и задачи регулирования

Насосная станция (НС) – это сложная электрогидравлическая техническая система, состоящая из оборудования и сооружений и предназначенная для преобразования электроэнергии в механическую энергию электропривода насоса, который приводит в движение поток жидкости под управлением процесса преобразования.

Насосные станции подразделяются на станции первого, второго, третьего и следующих подъемов, а также и канализационные:

- НС первого подъема управляет скважными насосами и предназначены для подъема воды с глубины на поверхность земли в накопительные резервуары.
- НС второго подъема служат для создания давления в распределительном водопроводе и обеспечивают постоянное значение давления в малоэтажной части населенного пункта.
- НС третьего и следующих подъемов создают и поддерживают давление в водопроводе высокотажной части населенного пункта.
- Канализационные НС устанавливаются для очистки и перекачки дренажных стоков из подземных строений, так же используются при спасательных и чрезвычайных ситуациях.

Основным энергоэлементом НС является установка, которая содержит один или (как правило) несколько насосов, нагнетательную и всасывающую систему водоводов, различную запорную арматуру и множество датчиков отслеживающих различные технологические параметры установки.

Характеристикой насосной установки является зависимость потребного напора от расхода воды в подающем трубопроводе.

Для обеспечения требуемых режимов работы насосной установки при изменяющихся условиях (увеличение или падение давления, срабатывание датчиков) работы, требуется регулирование режима работы насосной установки. Задача регулирования режима может быть решена двумя способами:

- 1) Регулировкой гидравлического режима работы насосов.
 - Дросселирование трубопровода;
 - Перепуск части выходного потока на вход;
 - Ступенчатое подключение (отключение) насосов;
- 2) Регулировкой энергоэффективности работы электропривода.
 - Изменение частоты вращения рабочих колес насоса;

При регулировании гидравлических режимов насосов существенная часть затраченной электроэнергии расходуется на тепло или циркуляцию воды в «холостую», что снижает КПД насосной установки. При ступенчатом регулировании насосной станции обеспечение качественного и непрерывного напора невозможно, из-за частых пусков двигателей и их работы не в оптимальном режиме. Все это приводит к весоному снижению КПД всей насосной станции.

Регулирование частоты вращения рабочих колес насосов позволяет непрерывно осуществлять регулировку производительности насосной установки с наименьшими затратами электроэнергии, относительно предыдущих вариантов регулирования. Однако данный способ требует значительных затрат на регулирующее оборудование. Тем не менее дешевеющее регулирующее оборудование и удорожание электроэнергии делают такой способ наиболее привлекательным экономически и перспективным.

Также возможен комбинированный способ регулирования. Один из оптимальных вариантов – это ступенчатое регулирование с изменением частоты вращения рабочих колес насосов, при помощи частотно-

регулируемого электропривода. В данном случае частотным регулятором оснащается один насос из группы.

1.2 Обоснование применения частотного регулирования электропривода насоса

Из сказанного выше нам известно, что регулировка дросселированием, перепуском и т.д. значительно уменьшает КПД относительно частотного регулирования скорости. При частотном регулировании насосной установки экономия электроэнергии зачастую превышает 50%, что экономически очень выгодно.

Частотное регулирование позволяет плавное и точное регулирование скорости вращения рабочих колес насоса. Благодаря этому нагрузки на задвижки, клапаны, трубопроводы и т.д. существенно ниже, что приводит к увеличению срока их эксплуатации и уменьшению затрат на обслуживание и ремонт.

Относительно прямого пуска, электропривод насоса с частотным преобразователем потребляет из сети всего часть пускового тока. Поэтому массогабаритные размеры электрооборудования можно уменьшить, тем самым удешевив их приобретение. Благодаря применению частотно-регулируемого электропривода габариты двигателя возможно тоже уменьшить на 10-20%, что также приведет к уменьшению финансовых затрат.

Статические нагрузки на трубопроводы жилого дома уменьшаются, так как насосы не создают постоянно высокое давление. Давление в системе поддерживается на требуемом уровне.

Динамические нагрузки существенно уменьшаются при плавном частотном регулировании. Также отсутствуют и гидравлические удары, которые негативно влияют на срок службы трубопроводов и оборудования. Срок эксплуатации оборудования может быть увеличен вдвое.

Частотное регулирование скорости вращения насосных установок также позволяет существенно экономить электроэнергию.

При диапазоне регулирования превышающее значение $D > 2$ и повышенном требовании к жесткости механической характеристики электропривода применяется схема тиристорный преобразователь напряжения – асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором (ПЧ-АД). Отсутствует необходимость применять электрическое торможение и реверс электропривода механизма центробежного насоса, что упрощает структурную схему тиристорного преобразователя частоты и допускает его выполнение по схеме с автономным инвертором напряжения и управляемым выпрямителем.

Существенным аргументом при выборе частотного регулирования электропривода являются преимущества асинхронных двигателей:

- Высокая надежность;
- Простота в эксплуатации;
- Высокая степень защищенности от внешней среды;
- Сравнительно низкая стоимость;
- Малые затраты при эксплуатации;

Принимая во внимание все вышеизложенное, выбираем способ регулирования путем изменения скорости вращения рабочих колес насосов.

1.3 Описание и технические характеристики насосной установки

Насосная установка повышения давления GRUNDFOS Hydro Multi-E предназначены для перекачивания и повышения давления чистой воды. Подходят для применения в многоквартирных домах, гостиницах, больницах, школах и т.д. GRUNDFOS Hydro Multi-E 2 CRE 15-3 представляют собой установки повышения давления, в состав которых входят 2 или 3 насоса CRE, установленные через виброизолирующие опоры на общей раме-

основании. Рама — основание снабжена всей необходимой арматурой, гидробаком и манометром.



Рисунок 1.1 Внешний вид насосной установки.

На раме смонтирован блок выключателей с предохранителями и главным выключателем. Бустерный модуль поставляется в комплекте с реле давления для защиты от сухого хода. Бустерные модули Hydro multi-E позволяют регулировать производительность в соответствии с уровнем потребления воды и поддерживать постоянное давление путем:

- Подключения или отключения необходимого количества насосов;
- Плавного изменения частоты вращения работающих насосов;

Система управления автоматически отключает или подключает соответствующие насосы — в зависимости от уровня нагрузки, времени эксплуатации и возможной неисправности того или иного насоса.

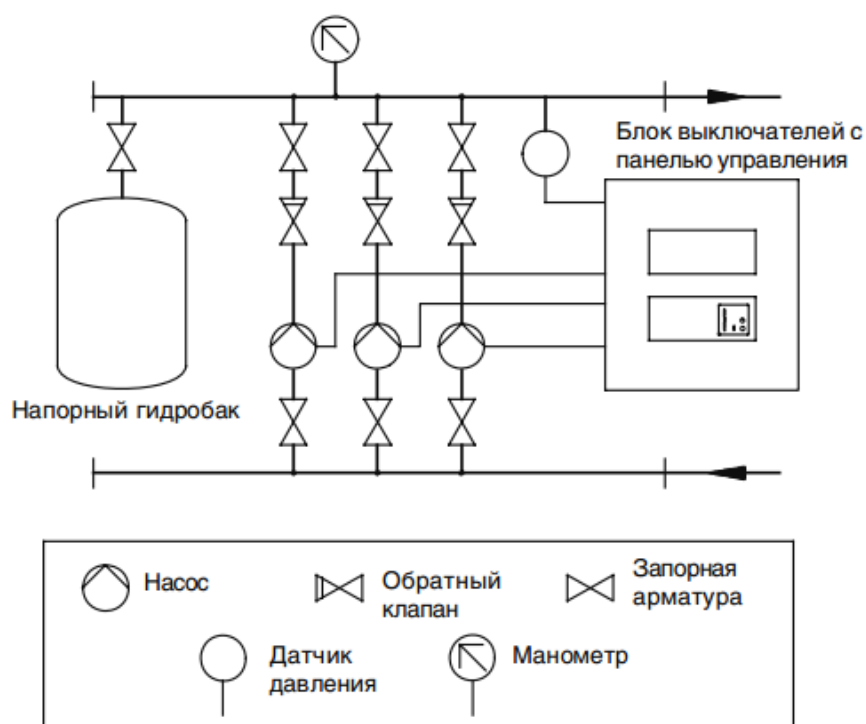


Рисунок 1.2 Функциональная схема насосной установки.

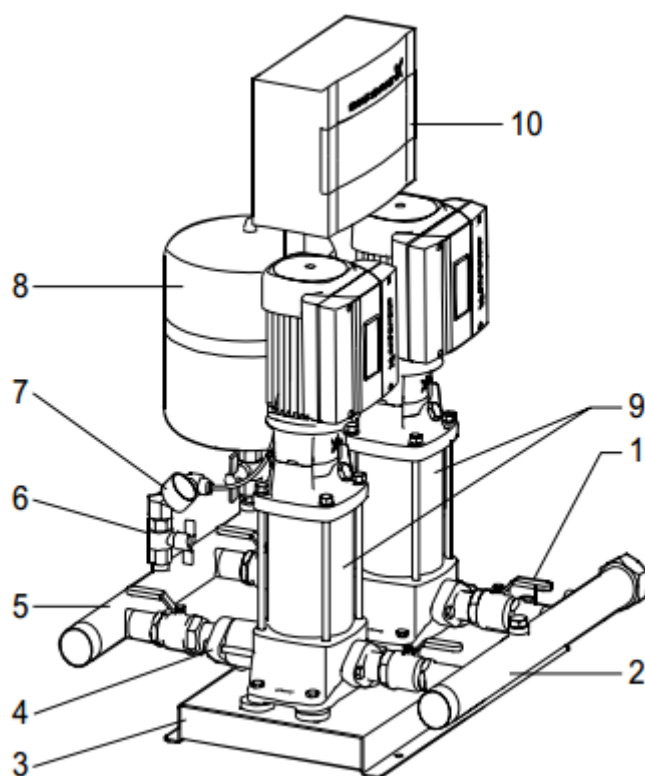


Рисунок 1.3 Конструкция насосной установки: 1-запорная арматура, 2-всасывающий коллектор, 3-рама-основание, 4-обратный клапан, 5-напорный коллектор, 6-вентиль, 7-манометр, 8-диафрагменный бак, 9-насосы CRE, 10-электрошкаф с системой управления.

Технические характеристики насосной установки GRUNDFOS Hydro
Multi-E 2 CRE 15-3:

- Мощность основных насосов – 3кВт;
- Номинальное напряжение – 3х400В;
- Промышленная частота – 50Гц;
- Номинальный ток – 11,9А;
- Класс защиты – IP54;
- Максимальный расход – 47,2 м³/ч;
- Максимальный напор – 43м;
- Максимальное рабочее давление – 10бар;

3 Математическое моделирование статических режимов

3.3 Статический режим

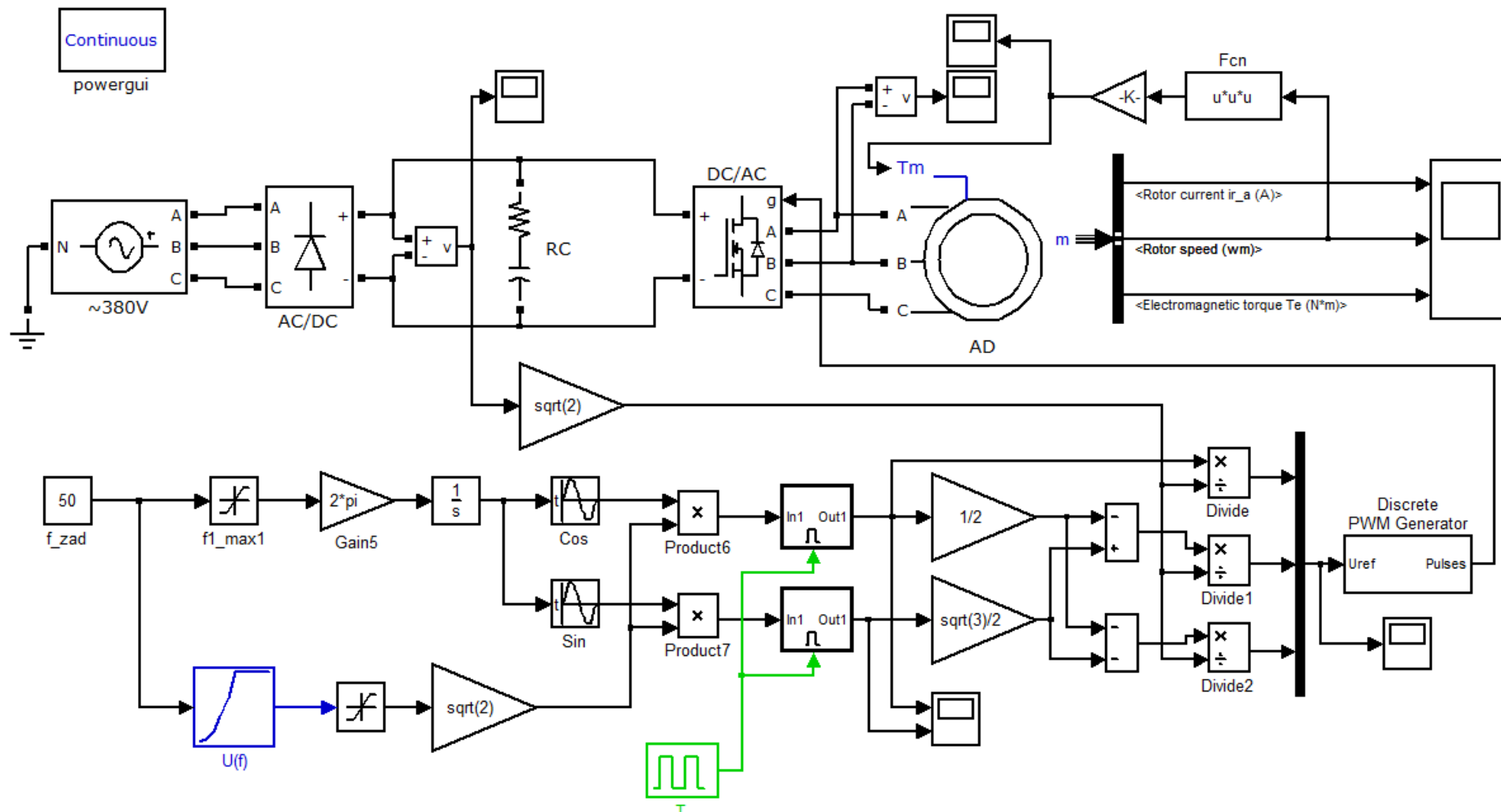


Рисунок 3.7 Силовая часть преобразователя со статическим частотным управлением с вентиляторной нагрузкой

3.4 Задатчик интенсивности

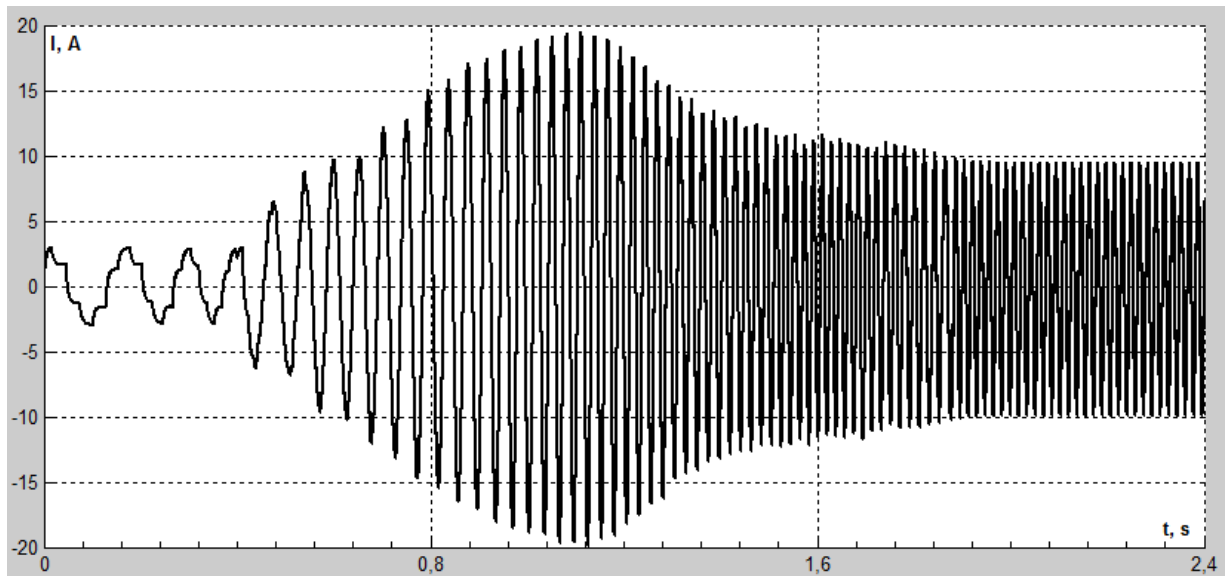


Рисунок 3.13 Ток статора с нагрузкой и ЗИ

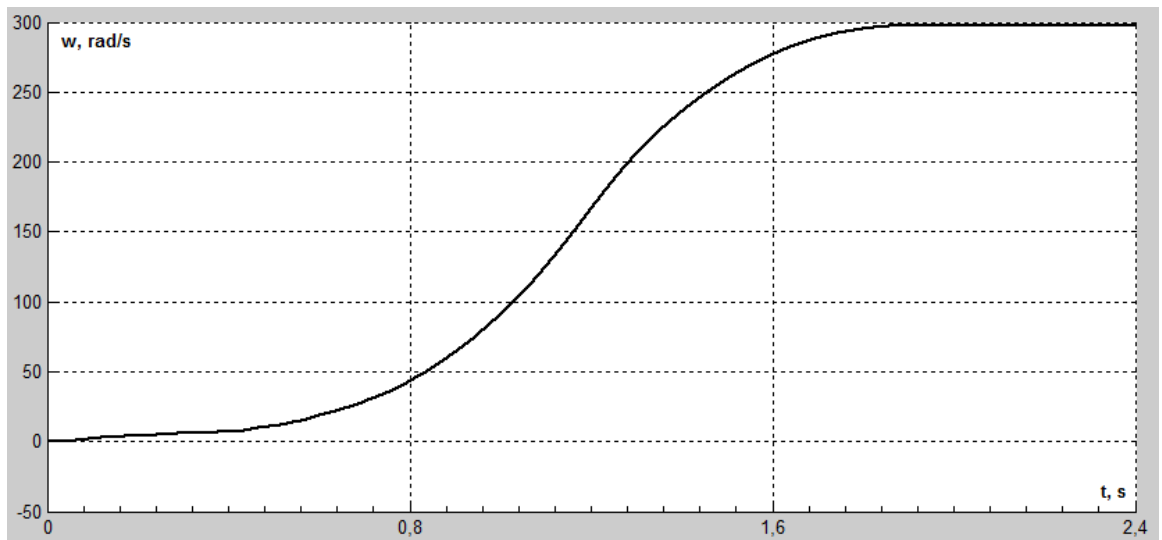


Рисунок 3.14 Скорость ротора под нагрузкой с ЗИ

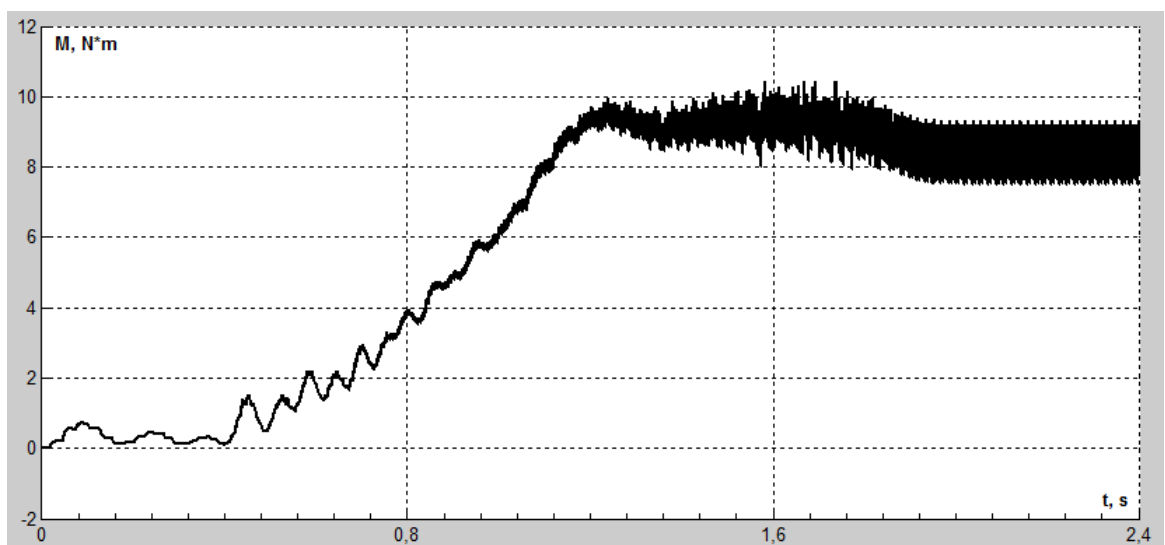


Рисунок 3.15 Момент на валу привода под нагрузкой с ЗИ

4 Исследование аварийных режимов насоса

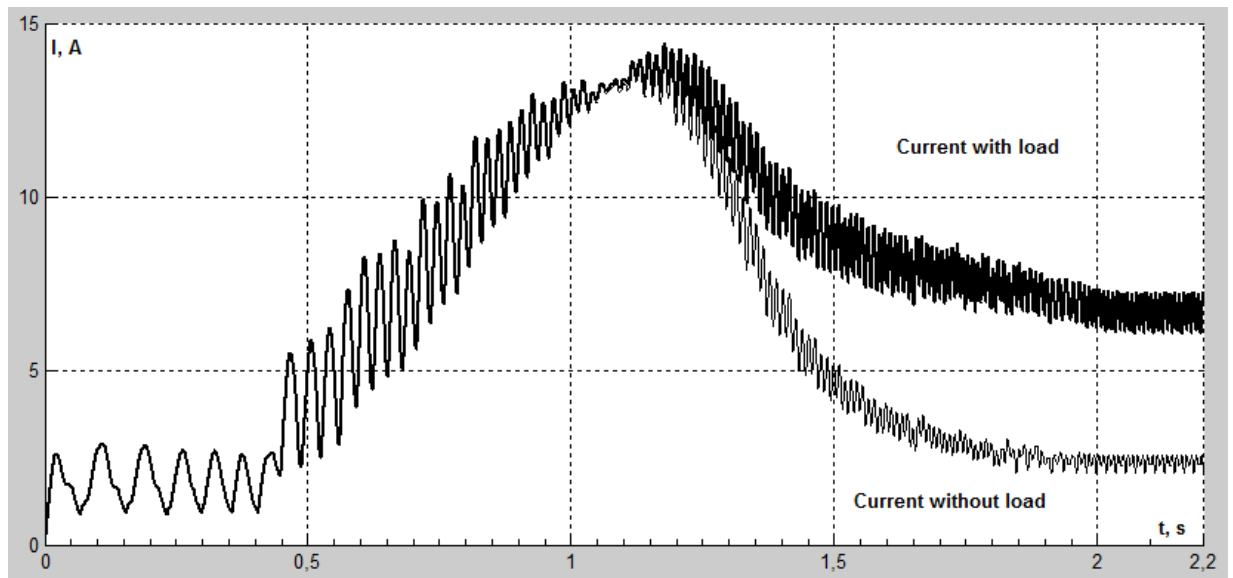


Рисунок 4.1 График токов без нагрузки и под нагрузкой

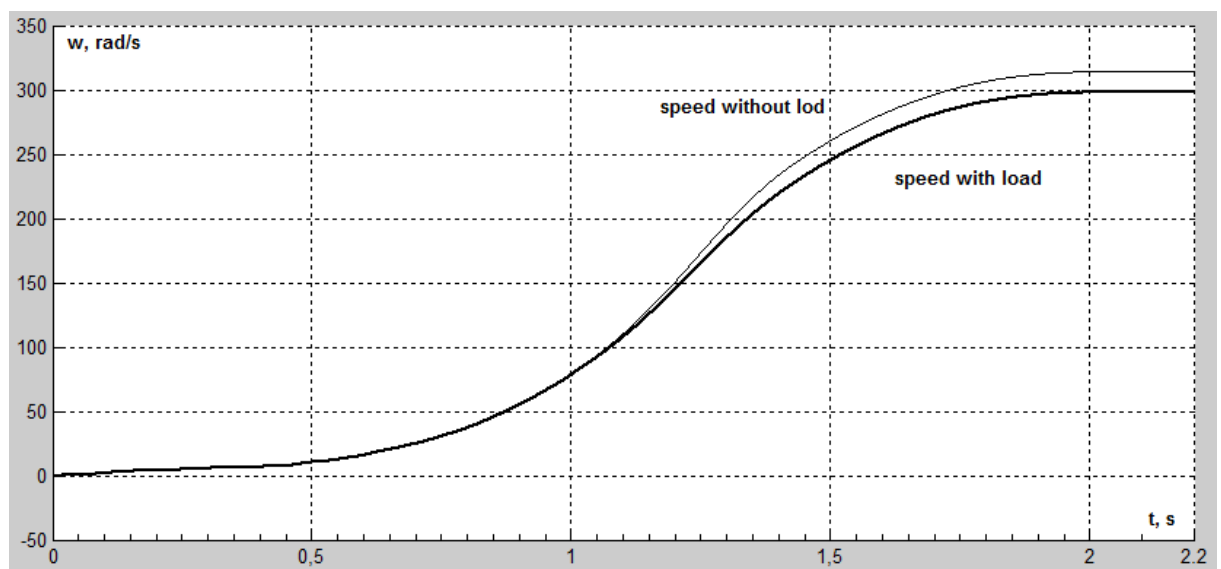


Рисунок 4.2 График скоростей без нагрузки и под нагрузкой

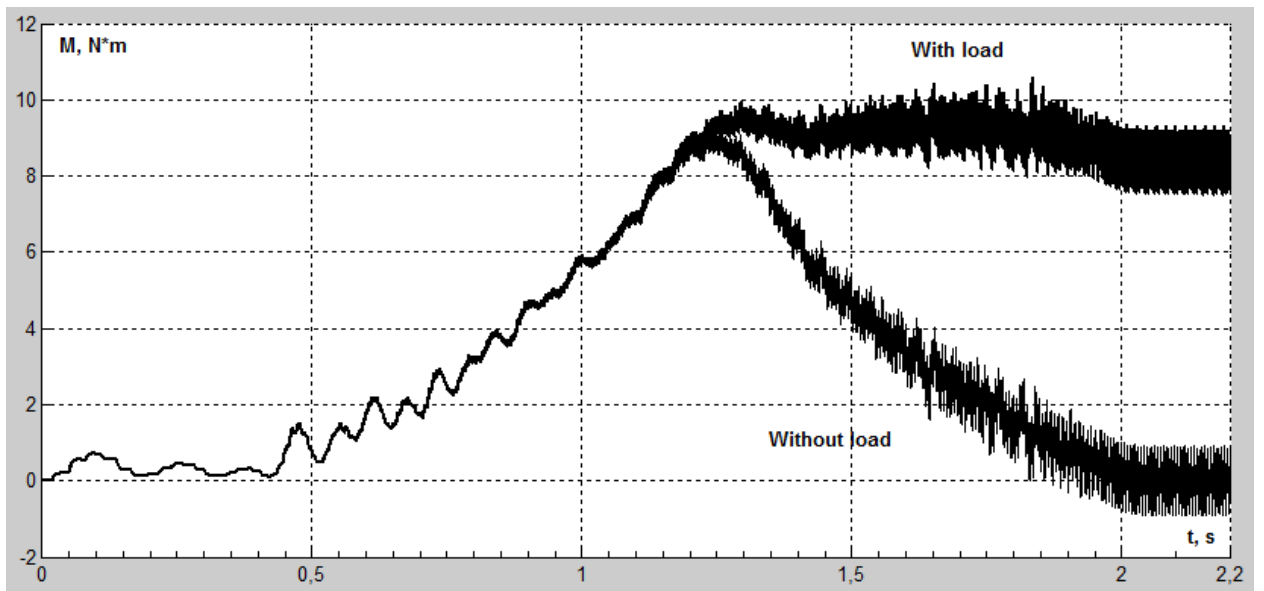


Рисунок 4.3 График моментов без нагрузки и под нагрузкой

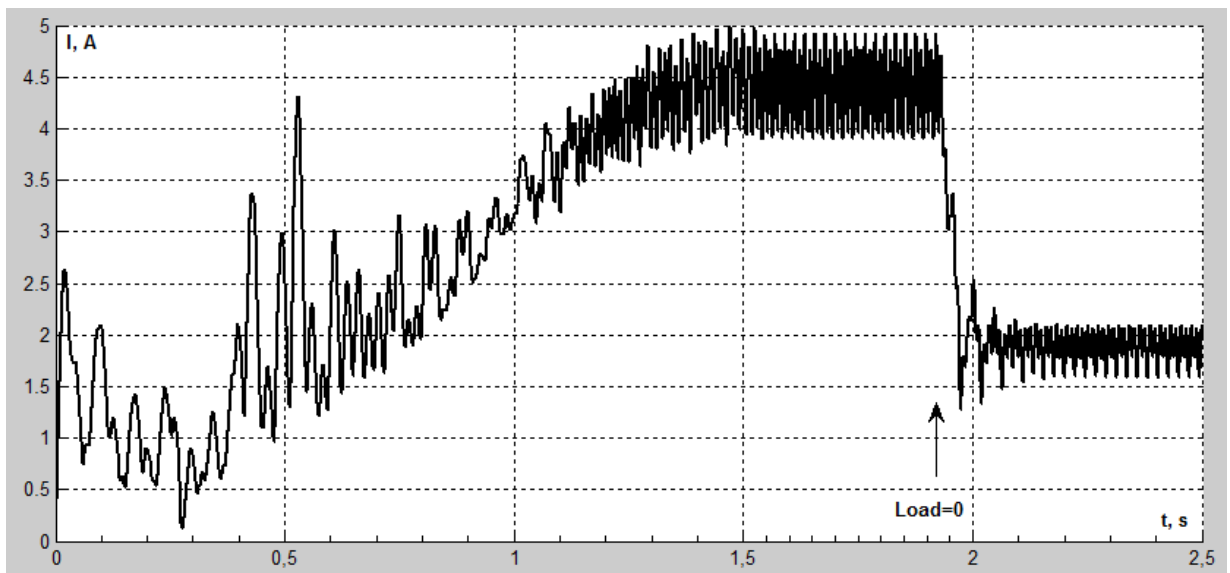


Рисунок 4.4 Ток фазы статора при обрыве нагрузки

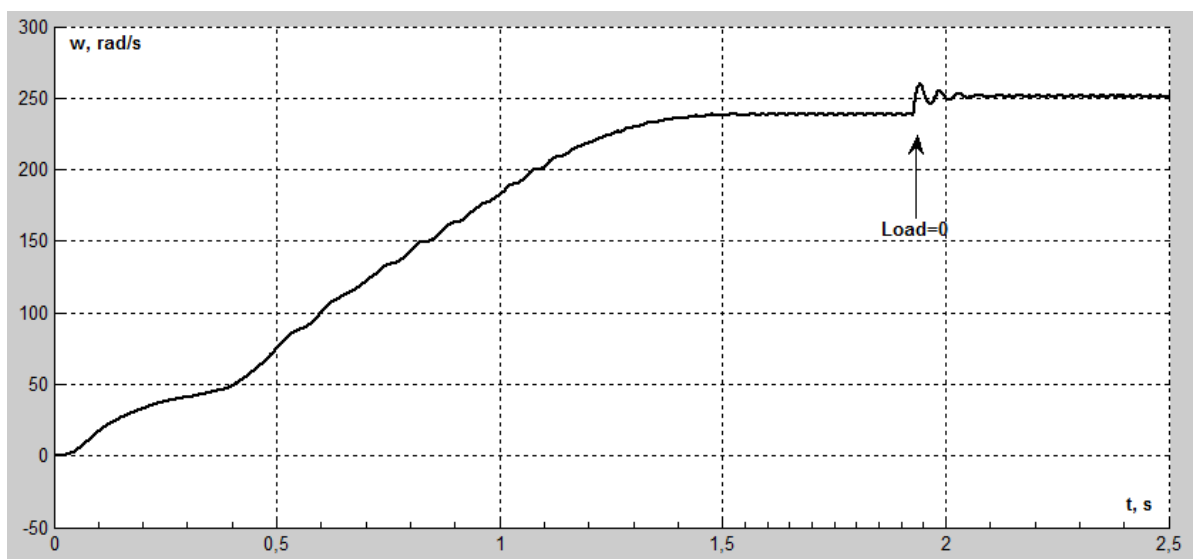


Рисунок 4.5 График скорости при обрыве нагрузки

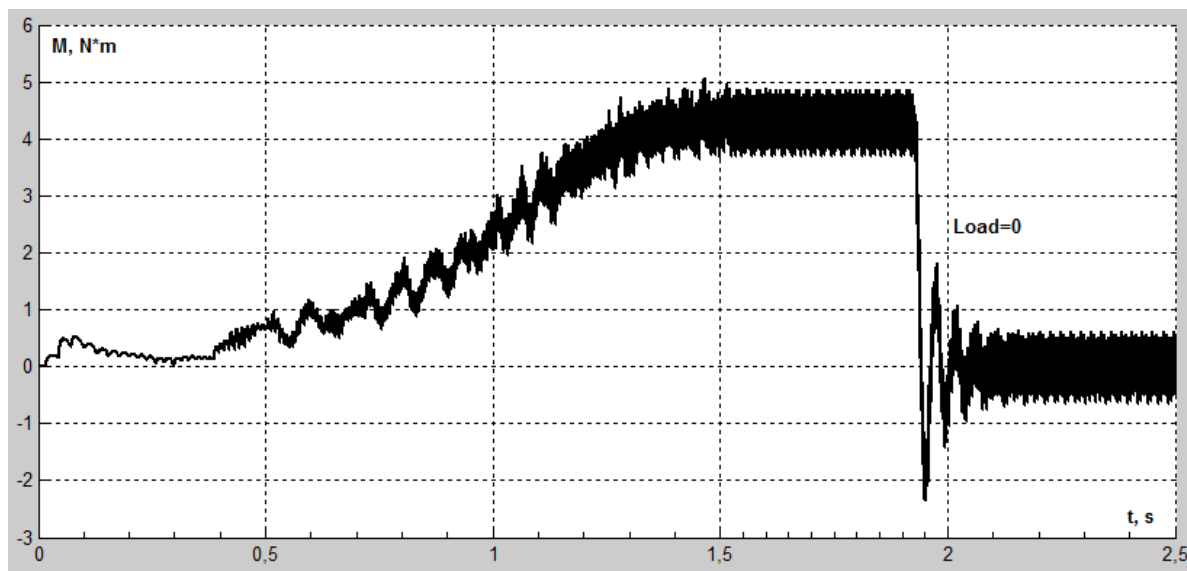


Рисунок 4.6 Момент при обрыве нагрузки

5. Финансовый менеджмент, ресурсосбережение и ресурсоэффективность

Целью раздела является определение целесообразности выпускной квалификационной работы в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

Достижение цели обеспечивается решением задач:

- оценка потенциала и перспективности реализации технического проекта с помощью SWOT - анализа;
- планирование и формирование графика работ;
- Определение ресурсоэффективности проекта.

5.1 SWOT-анализ технического проекта

SWOT-анализ является инструментом стратегического менеджмента. Представляет собой комплексное исследование технического проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта [5].

Применительно к проектируемой частотно-регулируемой системе электропривода, SWOT-анализ позволит оценить сильные и слабые стороны технического проекта, а также его возможности и угрозы.

- Сильные стороны – факторы, характеризующие конкурентоспособную сторону научно-исследовательского проекта. Сильные стороны свидетельствуют о том, что у проекта есть отличительное преимущество или особые ресурсы, являющиеся особенными с точки зрения конкуренции.
- Слабые стороны – недостаток, упущение или ограниченность научно-исследовательского проекта, которые препятствуют достижению его целей.
- Возможности включают в себя любую предпочтительную ситуацию в настоящем или будущем, возникающую в условиях окружающей среды проекта.
- Угроза представляет собой любую нежелательную ситуацию, тенденцию или изменение в условиях окружающей среды проекта,

которые имеют разрушительный или угрожающий характер для его конкурентоспособности в настоящем или будущем.

Данные SWOT-анализа технического проекта приведены в таблице 5.1. При составлении матрицы SWOT использованы следующие обозначения:

С – сильные стороны проекта;

Сл – слабые стороны проекта;

В – возможности; У – угрозы.

Таблица 5.1 – SWOT-анализ технического проекта

	Сильные стороны проекта: С1. Высокая надежность (отказоустойчивость) С2. Отсутствие непроизводительных затрат электроэнергии С3. Высокая точность и эффективность работы системы (эксплуатационные характеристики) С4. Снижение затрат на содержание и обслуживание С5. Безопасность эксплуатации (производственная безопасность)	Слабые стороны проекта: Сл1. Отсутствие квалифицированного персонала Сл2. Высокая цена на комплектующие и оборудование Сл3. Отсутствие инжиниринговой компании, способной построить под ключ
Возможности: В1. Автоматизация технологического процесса В2. Энерго и ресурсосбережение В3. Отсутствие в гидравлической сети избыточного напора В4. Уменьшение числа насосных агрегатов В5. Увеличение межремонтного периода системы В6. Сокращение производственной площади	В1С1С2С4С5 В2С1С2С4С5 В3С1С2С3С4С5 В4С2С4С5 В5С4С5 В6С4	В1Сл1Сл2Сл3
Угрозы: У1. Снижение цены конкурентами У2. Изменения в отношениях с поставщиками У3. Несвоевременное финансовое обеспечение У4. Введения дополнительных государственных требований к стандартизации и сертификации продукции	У1С4 У2С4	У1Сл1Сл2 У2Сл2

Соответствие сильных и слабых сторон технического проекта возможностям и угрозам, приведено в таблице 5.2. При построении интерактивных матриц используются следующие обозначения:

«+» – сильное соответствие;

«-» – слабое соответствие.

Таблица 5.2 – Интерактивная матрица технического проекта

Возможности	Сильные стороны проекта					
		C1	C2	C3	C4	C5
	B1	+	+	–	+	+
	B2	+	+	–	+	+
	B3	+	+	+	+	+
	B4	–	+	–	+	+
	B5	–	–	–	+	+
	B6	–	–	–	+	–
	Слабые стороны проекта					
		Сл1	Сл2	Сл3		
	B1	+	+	+		
	B2	–	–	–		
	B3	–	–	–		
	B4	–	–	–		
	B5	–	–	–		
	B6	–	–	–		
Угрозы	Сильные стороны проекта					
		C1	C2	C3	C4	C5
	У1	–	–	–	+	–
	У2	–	–	–	+	–
	У3	–	–	–	–	–
	У4	–	–	–	–	–
	Слабые стороны проекта					
		Сл1	Сл2	Сл3		
	У1	+	+	–		
	У2	–	+	–		
	У3	–	–	–		
	У4	–	–	–		

Анализ интерактивной матрицы, приведенной в таблице 5.2, показывает, что сильные стороны проекта такие как: надежность оборудования, современные эксплуатационные характеристики и возможность автоматизации техпроцесса экономически привлекательны. Кроме того, большая экономия потребляемой электроэнергии и резервирование насоса показывает перспективность проекта в целом. Угрозы имеют низкие вероятности, что говорит о высокой надежности проекта.

5.2 Планирование проведения работ технического проекта

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

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

Перечень этапов работы, распределение исполнителей по видам работ приведен в табл. 5.3.

5.2.1 Определение трудоемкости выполнения работ

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

Трудоемкость выполнения технического проекта оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, так как зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ожі}$ используется следующая формула [5]:

$$t_{ожі} = \frac{3 \times t_{мині} + 2 \times t_{максі}}{5},$$

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

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

$t_{максі}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел–дн. Временные показатели проведения технического проектирования сведены в таблицу 5.4.

Таблица 5.3– Перечень этапов работ

Основные этапы	№ работ	Содержание работ	Должность исполнителя
1. Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель
2. Подбор литературы	2	Подбор материалов по теме изучение литературы источников, ознакомление с предметом работы, анализ опубликованных данных.	Инженер
3. Описание объекта автоматизации	3	Анализ технологического процесса. Описание и основные технические характеристики насоса. Обоснование применения частотно–регулируемого электропривода.	Инженер
4. Расчет параметров, выбор двигателя и преобразователя частоты	4.1	Выбор приводного электродвигателя. Расчет параметров электродвигателя. Определение параметров схемы замещения. Расчет естественных характеристик насоса. Расчет механических и электромеханических характеристик электродвигателя.	Инженер
	4.2	Выбор преобразователя частоты.	Инженер
	4.3	Расчет параметров элементов структурной схемы силового канала.	Инженер
	4.4	Разработка электрической схемы привода.	Инженер
5. Моделирование и исследование работы электропривода	5.1	Разработка имитационной модели электропривода со скалярным управлением.	Инженер
	5.2	Исследование нелинейной САУ ЭП асинхронного привода с частотным управлением.	Инженер

Продолжение таблицы 5.3

6. Составление раздела "Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение"	6.1	SWOT-анализ технического проекта.	Инженер
	6.2	Планирование работ технического проекта.	Инженер
	6.3	Составление сметы технического проекта.	Инженер
	6.4	Определение ресурсоэффективности технического проекта.	Инженер
7. Составление раздела "Социальная ответственность"	7	Анализ опасных и вредных факторов. Техника безопасности. Производственная санитария. Пожарная безопасность. Охрана окружающей среды. Защита при ЧС.	Инженер
8. Оформление пояснительной записки	8.1	Объединение, систематизация и оформление согласованных и утвержденных разделов ВКР в пояснительную записку.	Инженер
	8.2	Оформление пояснительной записки, окончательная проверка руководителем, устранение замечаний.	
9. Проверка и утверждение ВКР	9	Размещение пояснительной записки на ЭБС-ресурсе ТПУ для проверки, утверждение руководителем.	Инженер
10. Сдача проекта	10	Подготовка к защите, защита ВКР.	Инженер

5.2.2 Разработка графика технического проектирования

При выполнении ВКР, удобным и наглядным является построение ленточного графика проведения работ в форме диаграммы Ганта – на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ [5].

На основе таблицы 5.4 строится календарный план-график, таблица 5.5, с разбивкой по месяцам и декадам за период подготовки ВКР.

По календарному план-графику видно, что продолжительность работ занимает 13 декад, начиная со второй декады февраля и заканчивая второй декадой июня. Продолжительность выполнения технического проекта составляет 104 рабочих дня.

Из них:

103 дня – продолжительность выполнения работ дипломником;
7 дней – продолжительность выполнения работ руководителем.

5.3 Составление сметы технического проекта

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

- затраты на оборудование;
- полная заработная плата исполнителей;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы.

Таблица 5. 4 – Временные показатели проведения технического проектирования, чел–дн.

Наименование работ	Время минимальное		Время максимальное		Время ожидаемое	
	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер
1. Разработка технического задания	1	–	1	–	1	–
2. Подбор литературы	–	14	–	29	–	20
3. Описание объекта автоматизации	–	9	–	14	–	11
4. Расчет параметров, выбор двигателя и преобразователя частоты	1	9	1	14	1	11
5. Разработка и исследование электропривода с частотным скалярным управлением	1	11	1	19	1	14
6. Составление раздела "Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение"	–	8	–	13	–	10
7. Составление раздела "Социальная ответственность"	–	7	–	12	–	9
8. Оформление пояснительной записки	–	14	–	29	–	20
9. Проверка и утверждение ВКР	2	3	4	8	3	5
10. Сдача проекта	1	2	1	5	1	3
Итого, дн.					7	103

Таблица 5.5 – Календарный план-график

Вид работ	Исполнитель	Продолжительность работ, дн.	Продолжительность выполнения работ												
			Февраль		Март			Апрель			Май			Июнь	
			2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2
1. Разработка технического задания	Р	1	-												
2. Подбор литературы	И	20													
3. Описание объекта автоматизации	И	11													
4. Расчет параметров, выбор двигателя и ПЧ	Р	1						-							
	И	11													
5. Разработка и исследование работы ЭП	Р	1							-						
	И	14													
7. Составление раздела "Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение"	И	9													
9. Составление раздела "Социальная ответственность"	И	9													
11. Оформление пояснительной записки	И	20													
12. Проверка и утверждение ВКР	Р	2													-
	И	4													-
13. Сдача проекта	Р	1													-
	И	3													-
Принятые сокращения и обозначения: Р – руководитель темы; И – инженер.															

5.3.1 Расчет стоимости оборудования

Данная статья включает стоимость технических средств.

Стоимость проектируемого оборудования приведена в таблице 5.6.

Таблица 5.6 – Стоимость оборудования

Наименование оборудование	Кол-во, шт.	Цена, руб.
Насос Grundfos Hydro Multi-E 2 CRE 1-15 (комплектный)	1	342 650
Щит управления насосами ШС-2-25 ip41	1	7 450
Итого*		350 100
* – оборудование поставляется комплектно по согласованию с заказчиком		

Первоначальная стоимость оборудования рассчитывается по формуле:

$$C_{об} = k_T \times C_{об} ,$$

где $C_{об}$ – цена приобретения единицы оборудования (руб./шт.);

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы,
 $k_T = 1,2$.

$$C_{об} = 1,2 \times 350 = 420 \text{ тыс. руб.}$$

5.3.2 Полная заработная плата исполнителей темы

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

Расчет полной заработной платы производим по формуле:

$$З_{зп} = З_{осн} + З_{доп} ,$$

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

$З_{доп}$ – дополнительная заработная плата .

Основная заработная плата ($З_{осн}$) исполнителя рассчитывается по формуле:

$$З_{осн} = З_{зд} \times T_p ,$$

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

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

T_p – продолжительность работ, выполняемых работником, раб.дн. (табл.5.4).

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_{тс} + Z_{допл} + Z_{рк}}{F_d},$$

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

$Z_{допл}$ – доплаты и надбавки, руб.;

$Z_{рк}$ – районная доплата, руб. ;

F_d – количество рабочих дней в месяце.

Расчёт основной заработной платы приведён в таблице 5.7.

Таблица 5.7 – Расчёт основной заработной платы исполнителей

Работники	Оклад, руб.	Доплаты и надбавки, руб.	Районная доплата, руб.	Зарплата месячная, руб	Среднед- невная за- работная плата, руб.	Продолжи- тельность работ, раб. дн.	Основная заработ- ная плата, руб.
Руководитель	23 264	2 200	7 639	33 103	1 273	7	8 900
Дипломник	7 864	–	2 359	10 223	393	103	40 500
Итого							49 400

Расчёт полной заработной платы приведен в таблице 5.8.

Таблица 5.8 – Расчет дополнительной и полной заработной платы

Исполнители	Коэффициент дополнительной заработной платы	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.	Полная заработной плата, руб.
Руководитель	0,15	8 900	1 300	10 000
Дипломник	0,12	40 500	4 900	45 000
Итого		49 400	6 200	55 000

5.3.3 Отчисления во внебюджетные страховые фонды

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

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$З_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \times (З_{\text{осн}} + З_{\text{доб}}),$$

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды, ($k_{\text{внеб}} = 30,2\%$ в условиях ТПУ).

Отчисления во внебюджетные фонды составят:

$$З_{\text{внеб}} = 0,32 \times 55,0 = 17,6 \text{ тыс. руб.}$$

5.3.4 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не включенные в предыдущие статьи расходов: печать, ксерокопирование, оплата услуг связи.

Величину накладных расходов принимаем в размере 16% от общей суммы затрат.

5.3.5 Формирование сметы технического проекта

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

Затраты на технический проект приведены в таблице 5.9.

Таблица 5.9 – Смета технического проекта

Наименование статьи	Сумма, тыс. руб.	Структура затрат, %
1. Материальные затраты	420,0	72
2. Затраты по полной заработной плате исполнителей темы	55,0	9

3. Отчисления во внебюджетные фонды	17,6	3
4. Накладные расходы	93,8	16
Итого	586,5	100

Исходя из представленной выше сметы, можно сделать вывод, что сумма затрат на выполнение технического проекта составляет 586 тыс.руб. Из них более половины составляют материальные затраты.

5.4 Определение ресурсоэффективности проекта

Ресурсоэффективность технического проекта можно оценить с помощью интегрального критерия ресурсоэффективности [5]:

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

где: I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности;

a_i – весовой коэффициент разработки;

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

Для определения ресурсоэффективности технического проекта используются следующие критерии разработки:

- Повышение производительности труда пользователя осуществляется путем автоматизации технологического процесса.
- Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей) – возможность диспетчеризации позволяет сократить количество осмотров системы за период эксплуатации и упрощает гидравлические схемы насосных станций (меньшее количество гидромеханической аппаратуры) [3].
- Энергоэкономичность – применение в насосных агрегатах частотно-регулируемого электропривода дает возможность использовать крупные насосные агрегаты в режиме малых

подачи и уменьшить их количество (более мощные агрегаты имеют более высокие технические показатели, в том числе, более высокие КПД) [3].

- Надежность – отсутствие избыточного напора и гидроударов: плавное изменение технологических параметров насосов (подачи и давления) [3], позволяет повысить надежность гидравлической системы.
- Уровень шума – применение частотно-регулируемого электропривода значительно снижает уровень шума насосного агрегата в режиме малых подач воды.
- Безопасность – нет необходимости постоянного присутствия обслуживающего персонала, так как управление и мониторинг за работой насосного агрегата осуществляется дистанционно.

Критерии ресурсоэффективности технического проекта и их количественные характеристики приведены в таблице 5.10.

Таблица 5.10 – Показатели ресурсоэффективности

Критерии	Весовой коэффициент	Балльная оценка разработки
1. Повышение производительности труда пользователя	0,20	4
2. Удобство в эксплуатации	0,15	5
3. Энергоэкономичность	0,20	5
4. Надежность	0,20	5
5. Уровень шума	0,10	4
6. Безопасность	0,15	5
Итого:	1,00	4,7

Интегральный показатель ресурсоэффективности составит:

$$I_{pi} = 0,20 \cdot 4 + 0,15 \cdot 5 + 0,20 \cdot 5 + 0,20 \cdot 5 + 0,10 \cdot 4 + 0,15 \cdot 5 = 4,70 .$$

Показатель ресурсоэффективности имеет высокое значение (по 5-балльной шкале), что говорит об эффективности использования технического проекта.

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

- при проведении SWOT-анализа, определены сильные и слабые стороны технического проекта;
- разработан календарный план-график исполнителей технического проекта, позволяющий оптимально скоординировать работу;
- рассчитана смета затрат на выполнение технического проекта;
- определен показатель ресурсоэффективности проекта, который имеет достаточно высокое значение – 4,7 (по 5-балльной шкале).

Реализация данного технического проекта позволяет повысить эффективность работы насоса водоснабжения жилого дома, путем улучшения ресурсоэффективности и ресурсосбережения при внедрении частотно-регулируемого электропривода.

6. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Введение

В выпускной квалификационной работе разработан регулируемый электропривод центробежного насоса жилого дома, типа GRUNDFOS Hydro Multi-E 2 CRE 15-3.

Цель данного раздела – анализ и оценка вредных, и опасных факторов труда, которые могут оказать воздействие на персонал (электромонтер по ремонту и обслуживанию электроустановок), занимающийся обслуживанием насосной станции, где установлен данный электропривод. Проведена разработка мер защиты от этих факторов, оценка условий труда и микроклимата рабочей среды. Так же рассмотрены вопросы касающиеся техники и безопасности, пожарной профилактики и охраны окружающей среды, рекомендации по созданию оптимальных условий труда.

При эксплуатации насосной установки возможно воздействие на человека опасных и вредных производственных факторов. Производственные факторы классифицируются в соответствии с [6].

6.1 Анализ опасных и вредных факторов

При эксплуатации насосной установки возможно воздействие на человека опасных производственных факторов:

- Поражение электрическим током
- Ожог паром
- Пожар
- Вращающиеся части производственных механизмов

Так же присутствуют вредные факторы, которые оказывают негативное воздействие на человека.

К ним относятся:

- Повышенный уровень вибрации

- Недостаток естественного света
- Повышенная влажность
- Тепловое излучение
- Повышенная температура воздуха
- Повышенный уровень шума

6.2 Техника безопасности

Насосная установка водоснабжения относится к объектам в торой категории опасности. Помещение можно охарактеризовать к ак сырое, в котором при нормальных условиях влажность врем енно может повышаться до насыщения.

Для контроля процесса работы насосной установки, на пер едней панели установленные приборы индикации, продублированны е звуковой сигнализацией, позволяющие вести наблюдение за ре жимами работы установки.

Техническая эксплуатация действующих электроустановок насо сной станции осуществляется электротехническим персоналом в с оответствии с Правилами технической эксплуатации электроустанов ок потребителей (ПТЭЭП) [7] и Межотраслевыми правилами по охране труда (Правила безопасности при эксплуатации электроу становок – МПОТ (ПБ) ЭЭУ) ПОТ Р М-016-2001. РД 153-34.0-03.150-

00. Действующей называют электроустановку или ее часть, кото рая находится под напряжением, либо на которую напряжение может быть подано включением коммутационных аппаратов [7].

Обслуживание электроустановок насосной станции осуществляютс я административно-техническим, дежурным, ремонтным или оперативно-ремонтным электротехническим персоналом. Лица из числа дежур ного и оперативно-

ремонтного персонала должны пройти необходимую подготовку, обучение на рабочем месте и проверку знаний ПТЭЭП и МПОТ (ПБ) ЭЭУ. Оперативное обслуживание предусматривает периодические осмотры электрооборудования распределительных устройств, приборов релейной защиты, автоматики, кабельных и воздушных линий, а также производство необходимых оперативных переключений.

В процессе эксплуатации электроустановок насосной станции производятся работы, предусмотренные графиками планово-предупредительного ремонта действующего электрооборудования, профилактические испытания изоляции электрических машин, кабелей, наладка и проверка аппаратуры управления электроприводами, релейной защиты и автоматики. Также возможны внеплановые ремонты, ликвидация последствий аварий.

До начала работы на электроустановках насосной станции и в процессе ее выполнения необходимо выполнять организационные и технические мероприятия, обеспечивающие безопасность труда.

Работы в действующих электроустановках подразделяются в отношении мер безопасности:

1. Со снятием напряжения с токоведущих частей;
2. Под напряжением на токоведущих частях с применением электрозащитных средств;
3. Без снятия напряжения на нетоковедущих частях.

Для безопасного выполнения работ с полным или частичным снятием напряжения в электроустановках насосной станции необходимо выполнить следующие технические мероприятия:

1. Произвести отключения и принять меры, препятствующие подаче напряжения к месту работы.

2. Вывесить на рукоятках коммутационных аппаратов запрещающие плакаты: *"Не включать - работают люди!"*.

3. Проверить наличие остаточного напряжения индикатором.

Насосная установка системы водоснабжения включает в себя два насосных агрегата, два электродвигателя и шкаф электрооборудования, являющиеся источником опасности. Для обеспечения безопасной работы предусмотрена аварийная сигнализация и индикация режимов работы. Панель индикации передает следующую информацию: индикация наличия трехфазного напряжения на входе системы управления по фазам А, В, С; индикация состояния насосных агрегатов; индикация отказа САУ; индикация режима ручного управления.

Помещение насосной станции в отношении опасности поражения людей электрическим током относится к особо опасным помещениям, так как характеризуется наличием следующих условий, создающих особую опасность:

- сырость и токопроводящая пыль;
- токопроводящие полы (металлические, железобетонные);
- высокая температура;
- возможность одновременного прикосновения человека к металлоконструкциям зданий, имеющим соединение с землей, технологическим аппаратам, механизмам и т.п., с одной стороны, и к металлическим корпусам электрооборудования (открытым проводящим частям), с другой.

В случае аварийной ситуации при работе насосной станции возможно появление напряжения на металлических частях электрооборудования и других нетоковедущих частях. При прикосновении к металлическим частям установки может произойти замыкание электрической цепи через тело человека. В настоящее время в РФ действует ГОСТ 12.1.000-

02 [8], который распространяется на производственные и бытовые электроустановки постоянного и переменного токов и устанавливает нормы предельно допустимых для человека значений напряжения прикосновения и токов, протекающих через его тело.

Контроль предельно допустимых уровней напряжения прикосновения и тока должен осуществляться измерениями этих величин в перечисленных местах, где может произойти замыкание электрической цепи через тело человека.

Для защиты обслуживающего персонала корпуса шкафов управления и прочего электрооборудования заземляются, а двигатели - зануляются.

Заземление – преднамеренное электрическое соединение какой - либо точки сети, электроустановки или оборудования с заземляющим устройством.

Защитное заземление – заземление, выполняемое в целях электробезопасности.

Принцип действия защитного заземления – снижение до безопасных значений напряжений прикосновения и шага, обусловленных замыканием на корпус или другими причинами. Это достигается путем уменьшения потенциала на заземленном оборудовании (за счет уменьшения сопротивления заземления), а также путем выравнивания потенциалов основания, на котором стоит человек, и заземленного оборудования.

Защитное зануление в ЭУ напряжением до 1 кВ – преднамеренное соединение открытых проводящих частей с глухозаземленной нейтралью генератора или трансформатора в сетях трехфазного тока, с глухозаземленным выводом источника одно

Принцип действия зануления – превращение замыкания на корпус в однофазное короткое замыкание (между фазным и нулевым проводником) с целью вызвать большой ток, способный обеспечить срабатывание защиты и автоматически отключить поврежденное электрооборудование от питающей сети. Схема защитного зануления приведена на рисунке 6.1.

The diagram shows a three-phase power supply system connected to a transformer. The top three horizontal lines represent phases A, B, and C. Phase A has a current I_K flowing to the right. Phase B has a current I_K flowing downwards. Phase C has a current I_H flowing to the left. Below these is a neutral line labeled '0 (н.з.)'. On the left side, there is a resistor R_0 connected between the neutral line and ground. On the right side, there is a resistor R_{II} connected between the neutral line and ground. In the center, there is a transformer with three primary windings connected to phases A, B, and C. The secondary winding is connected to a load. Currents are indicated throughout the circuit: I_3 flows from phase C through the transformer primary to the neutral line; I_K flows upwards from the neutral line into the transformer secondary; I_3 flows from the transformer secondary back to the neutral line; and I_3 flows from the neutral line down to ground.

I – корпус; 2 – аппараты защиты от токов короткого замыкания (предохранители, автоматы); R_0 – сопротивление заземления нейтрали источника тока; R_n – сопротивление повторного заземления нулевого защитного проводника; $I_{кз}$ – ток короткого замыкания; I_n – часть тока короткого замыкания, протекающая через нулевой проводник; I_3 – часть тока короткого замыкания, протекающая через землю; 0 (н.з.) – нулевой защитный проводник.

Отключение поврежденной установки от питающей сети произойдет, если значение тока однофазного короткого замыкания ($I_{кз}$), которое искусственно создается в цепи, будет больше значения тока срабатывания автоматического выключателя и выполняется следующее условие:

$$I_{кз} \geq k \times I_{ном}$$

где k – коэффициент кратности тока, выбирается в зависимости от типа защиты электроустановки.

Для проверки обеспечения отключающей способности зануления необходимо проверить следующее условие:

$$I_{кз2} \geq I_{кз1}$$

где $I_{кз1}$ – наименьшее допустимое значение тока короткого замыкания;

$I_{кз2}$ – действительное значение тока однофазного короткого замыкания.

Нам необходимо определить:

- наименьшее допустимое значение тока ($I_{кз1}$) короткого замыкания, при котором произойдет срабатывание защиты и поврежденное оборудование отключится от сети;

- действительное значение тока однофазного короткого замыкания, которое будет иметь место в схеме при возникновении аварии ($I_{кз2}$).

Определим величину тока $I_{к1}$:

$$I_{к1} = k \times I_{ном} = 1,25 \times 50 = 62,5 \text{ А.}$$

где $I_{ном} = 50 \text{ А}$ –

номинальный ток срабатывания автоматического выключателя. Определим полное сопротивление петли "фаза-нуль":

$$Z_{\Pi} = \sqrt{(R_{\phi} + R_{H.A})^2 + (X_{\phi} + X_{H.A} + X_{\Pi})^2}$$

где $R_{\phi} = 0,9 \text{ Ом}$ (алюминий);

$$R_{н. а} = 0,154 \text{ Ом (сталь)} -$$

активное сопротивление фазного и нулевого защитного проводников;

$$X_{\phi} = 0,015 \text{ Ом}, \quad X_{н. а} = 0,154 \text{ Ом} -$$

внутренние индуктивные сопротивления фазного и нулевого проводников;

$$X_n = 0,02 \text{ Ом} -$$

внешнее индуктивное сопротивление петли "фаза-нуль".

$$Z_{II} = \sqrt{(R_{\phi} + R_{н.а})^2 + (X_{\phi} + X_{н.а} + X_n)^2} = \sqrt{(0,9 + 0,154)^2 + (0,015 + 0,154 + 0,02)^2} = 1,07 \text{ Ом}$$

Находим действительное значение тока однофазного короткого замыкания, проходящего в схеме в аварийном режиме:

$$I_{к2} = \frac{U_{\phi}}{\frac{Z_T}{3} + Z_{II}} = \frac{220}{\frac{0,12}{3} + 1,07} = 198,2 \text{ А}$$

где U_{ϕ} – фазное напряжение, В;

Z_n – полное сопротивление цепи "фаза-нуль", Ом;

Z_m – полное сопротивление трансформатора, Ом.

Сравним действительные (вычисленные) значения токов однофазного короткого замыкания ($I_{к2}$) с наименьшим, допустимым по условиям срабатывания защиты током ($I_{к31}$):

$$I_{к2} \geq I_{к1} \longrightarrow 198,2 > 62,5 \text{ А},$$

следовательно, отключающая способность системы зануления обеспечена и нулевой защитный проводник выбран правильно.

1.3 Производственная санитария

Для обеспечения безопасности обслуживающего персонала, вращающиеся части электродвигателей и насосов должны быть закрыты защитными кожухами. При работе насосной возможно воздействие на человека (оператора) следующих вредных [6] факторов:

- Повышенные уровни шума

- Повышенная вибрация
- Недостаток естественного света

При возникновении на насосной станции биологически опасных факторов, к которым относятся патогенные микроорганизмы (бактерии, вирусы, риккетсии, спирохеты) и продукты их жизнедеятельности, возможно заражение большого числа людей, поэтому помещения насосной станции должны находиться под санитарным контролем.

Насосные установки являются источниками шума. Допустимые уровни звукового давления в октавных полосах частот и уровень звука на рабочих местах приведены в таблице 6.1 [6].

Таблица 6.1 –

Допустимые уровни звукового давления в октавных полосах частот.

Рабочее место	Уровни звукового давления дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами								Уровни звука, дБА
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Постоянные рабочие места	95	87	72	78	75	73	71	69	80

Для обеспечения допустимого уровня шума применяются следующие меры безопасности:

- Разработка шумобезопасной техники;
- применение средств и методов коллективной защиты в соответствии с [10];
- применение средств индивидуальной защиты согласно [10].

Освещенность помещений насосной станции должна соответствовать виду производимых работ: в помещении с пультом управления -

- зрительной работе средней точности, а в прочих помещениях - малой точности.

Нормы освещенности на рабочих местах согласно [11] приведены в таблице 6.2.

Таблица 6.2 – Нормы освещенности на рабочих местах.

Характеристика зрительной работы	Минимальный размер объекта, мм	Разряд зрительной работы	Контраст объекта с фоном	Характеристика фона	Искусственное освещение, лк	Естественное освещение КЕО, %	Совместное освещение КЕО, %
Средней точности	0,5÷1,0	IVв	средний	средний	400	4	2,4
Малой точности	1,0÷5,0	Vв	средний	средний	150	3	1,8

Допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений указаны в таблице 6.3 [12].

Таблица 6.3-Допустимые показатели микроклимата на рабочих местах

Период года	Категория работ по уровням энергозатрат(ккал/ч)	Температура воздуха, °С		Относительная влажность воздуха, %		Скорость движения воздуха, м/с	
		Опт.	Доп.	Опт.	Доп.	Опт.	Доп.
Теплый	2а (151-200)	20-22	18-27	60-40	15-75	0,2	0,4
Холодный	2а (151-200)	19-21	17-23	60-40	15-75	0,2	0,3

При наличии теплового излучения обслуживающего персонала, температура воздуха на рабочих местах не должна превышать 22°С [12].

Таблица 6.4 – Допустимые величины интенсивности теплового облучения поверхности тела работающих, от производственных источников

Облучаемая поверхность тела, %	Интенсивность теплового излучения, Вт/м ² , не более
50 и более	35
25-50	70
не более 25	100

Для снижения влияния теплового излучения на обслуживающий персонал, выдается спецодежда, которая должна обеспечивать защиту от воздействия опасных производственных факторов, вызываемых тепловым излучением и конвективной теплотой, при соответствии условий работы, режима и охраны труда установленным требованиям. Материалы одежды не должны оказывать вредного воздействия на организм человека. Одежда должна иметь санитарно-эпидемиологическое заключение установленного образца о соответствии государственным санитарно-эпидемиологическим правилам и нормам [17].

Содержание пыли в воздухе рабочего помещения ниже установленной нормы, по которой предельно-допустимая концентрация составляет более 10 мг/м³.

Насосная установка относится к 3 категории вибрации - технологическая вибрация, которая воздействует на человека на рабочем месте. Источником вибрации служат: станки металло- и деревообрабатывающие, кузнечнопрессовое оборудование, литейные машины, электрические машины, стационарные электрические установки, насосные агрегаты и вентиляторы, оборудование для бурения скважин, буровые станки, машины для животноводства, очистки и сортировки зерна (в том числе сушилки), оборудование промышленности стройматериалов (кроме бетоноукладчиков), установки химической и нефтехимической промышленности и др.

Длительное воздействие вибрации на организм человека приводит к серьезным последствиям под названием «вибрационная б

лезнь». Это профессиональная патология, которая возникает в результате длительного влияния на организм человека производственной вибрации, превышающей предельно допустимый уровень (ПДУ). Болеют, как правило, мужчины среднего возраста. Вибрация может действовать как локально (например, на рабочие руки), так и на весь организм. Но в любом случае она способна к распространению, отражаясь на нервной и опорно-двигательной системе. Гасится вибрация благодаря эластическим свойствам мышц, связок, хрящей. Кроме того, от длительной вибрации страдает сердечно-сосудистая система и особенно - микроциркуляторное русло (мелкие сосуды, в которых идет не посредственная отдача кровью кислорода, и утилизация из тканей углекислого газа). Далее согласно[13] в таблице 6.5 приведены допустимые уровни вибрации для производственных помещений

Таблица 6.5 – Допустимые величины вибрации в производственных помещениях

Амплитуда колебаний вибрации, мм	Частота вибрации, Гц	Скорость колебательных движений, см/с	Ускорение колебательных движений, см/с ²
0,6-0,4	До3	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
1,5-2	45-55	1,5-2,5	25-40

Для снижения воздействия вибрации на человека, изменяют конструкцию, в частности смещают ее основные собственные

частоты, при которых возможно возникновение резонанса, что достигается увеличением жесткости системы или ее массы.

6.4 Пожарная безопасность

Помещение насосной установки согласно [14] относится к категории Д. Опасными факторами пожара для людей являются открытый огонь, искры, повышенная температура воздуха, токсичные продукты горения, дым, пониженная концентрация кислорода, обрушение и повреждение зданий, сооружений, установок, а также взрыв.

Для предотвращения пожара необходимо соблюдать следующие меры:

- предотвращение образования горючей среды;
- предотвращение образования в горючей среде источников зажигания;
- поддержание температуры и давления горючей среды ниже допустимых значений;
- уменьшение определяющего размера горючей среды.

При коротких замыканиях, перегреве и т.п. возможно возгорание электропроводки, электроустановок. Для тушения пожара в таких условиях необходимо применять специальные средства, невозможно использовать воду и другие токопроводящие вещества.

Поэтому помещения насосной станции должны быть оборудованы средствами для тушения электропроводок и электроустановок под напряжением. Применяемый тип огнетушителей: ОУ-10 (огнетушитель углекислотный).

6.5 Охрана окружающей среды

При проектировании объекта установлены основные виды воздействий:

- физическое наличие объекта (сооружение и эксплуатация объекта) влияет на гидрологию, климат, социально-экономические условия жизни, природопользование местного населения;
- химические вещества, пыль, твердые бытовые отходы загрязняют компоненты окружающей среды (воздух, воду, водные биоресурсы, почвы, растительность), воздействуют на биопродуктивность водоемов и здоровье населения;
- шум, вибрация, электромагнитное излучение воздействуют на компоненты окружающей среды;
- динамическое воздействие движущихся машин и механизмов на людей, животных, растительность, почву.

Мероприятия по снижению интенсивности загрязнения атмосферного воздуха, создание препятствий на пути распространения и их очистки разными методами:

- физико-химические –
для сварочных работ применение устройств для сбора и очистки газов (местных отсосов);
- биологические –
сохранение и создание полос озеленения вокруг объекта.

Воздействие на гидросферу.

Ведется систематическая работа по сокращению загрязнения сточных вод и общих объемов водопотребления и водоотведения, а так же проводится очистки загрязненных и ливневых сточных вод.

Мероприятиями по снижению негативного шумового воздействия являются сохранения природных и создание искусственных препятствий для снижения уровня шума. При складировании (утилизации) отходов промышленного производства выявляются источники и образования отходов потребления и производства, мероприятия

по их утилизации. К таковым источникам относятся горюче-смазочные материалы, металлолом, бытовые отходы. В качестве мероприятий по утилизации всех видов отходов предусматривается их вывоз на площадки хранения ТБО, повторная переработка ГСМ и металлолома.

6.6 Защита при ЧС

Насосные станции в соответствии с требованиями постановления Правительства Российской Федерации от 19.09.98 N 1115 "О порядке отнесения организаций к категориям по гражданской обороне" отнесены к объектам по гражданской обороне.

В соответствии с [14] насосные станции расположены в следующих зонах возможных опасностей – в зоне возможных слабых разрушений.

Доведение сигналов оповещения ГО и в случае ЧС до персонала объектов осуществляется с помощью речевой информации по каналам радиовещания, по радиотрансляционным сетям и сетям связи. Электроснабжение основных электроприемников объектов предусматривается по I категории надежности от двух независимых источников.

Проектные решения по предупреждению чрезвычайных ситуаций (ЧС).

На территории насосных станций не используют, не производят, не перерабатывают, не хранят радиоактивные, пожароопасные, взрывоопасные, опасные химические и биологические вещества, создающие реальную угрозу возникновения источника чрезвычайной ситуации. В качестве наиболее вероятных чрезвычайных ситуаций техногенного характера проектом рассматриваются:

- пожар на территории объектов;
- постороннее вмешательство в деятельность объекта.

Население, которое может оказаться в зоне действия поражающих факторов в случае аварии на объектах, отсутствует.

Для обеспечения нормальной работоспособности объекта при ЧС приняты следующие меры безопасности:

- установка дополнительного резервного электропитания;
- наличие дополнительных сменных частей;
- наличие запасов питьевой воды.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Целью данной выпускной квалификационной работы является разработка электропривода насоса водоснабжения жилого дома.

Предложено заменить существующий морально устаревший и выработавший ресурс нерегулируемый электропривод на частотно–регулируемый асинхронный электропривод. По результатам расчета требуемой мощности двигателя выбран комплектный электропривод GRUNDFOS Hydro Multi-E 2 CRE 15-3.

Результаты аналитических расчетов и имитационного моделирования подтверждают правильность выбора силовых элементов – электродвигателя и преобразователя – и реализации системы автоматического частотно-регулируемого электропривода насосной установки.

Система преобразователь частоты – асинхронный электродвигатель обеспечивает требуемые характеристики насоса, а система автоматического регулирования обеспечивает поддержание технологических параметров в режимах пуска и воздействия возмущений с принятыми параметрами.

В экономической части выпускной квалификационной работы рассмотрены вопросы оценки потенциала и перспективности реализации ТП с позиции ресурсоэффективности, планирования и формирования графика работ по реализации технического проекта, составление сметы технического проекта.

В разделе социальная ответственность освещены вопросы: производственной и экологической безопасности; техники безопасности; анализ опасных и вредных производственных факторов; пожарная безопасность; рассмотрены мероприятия по охране окружающей среды и защите при ЧС.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Удут Л.С., Мальцева О.П., Кояин Н.В. Проектирование и исследование автоматизированных электроприводов. Часть 1. Введение в технику регулирования линейных систем. Часть 2. Оптимизация контура регулирования: учебное пособие. – Изд. 2-е, перераб. и дополн. – Томск: Изд-во ТПУ, 2007. – 156 с.
2. Удут Л.С., Мальцева О.П., Кояин Н.В. Проектирование и исследование автоматизированных электроприводов. Ч. 7. Теория оптимизации непрерывных многоконтурных систем управления электроприводов: учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2007. – 164 с.
3. Мальцева О.П., Удут Л.С., Кояин Н.В. Системы управления асинхронных частотно-регулируемых электроприводов: учебное пособие.– Томск: Изд. ТПУ, 2011. – 476с.
4. Волкова Л. Методика проведения SWOT-анализа // http://m-arket.narod.ru/S_StrAn/SWOT.html.
5. Криницына З.В., И.Г. Видяев Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: Учебно-методическое пособие – Томск, издательство Томского политехнического университета, 2014. – 73 с.
6. ГОСТ 12.0.00374 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
7. ПУЭ, МПОТ, ПТЭ. — 6-е и 7-е изд.. — Новосибирск: Сибирское университетское изд-во, 2009. — 687 с.: ил.. — ISBN 978-5-379-01195-6.
8. ГОСТ 12.1.000-02 ССБТ – Электробезопасность. Допустимые уровни напряжений прикосновения и токов.

9. ГОСТ 12.1.003-83(СТ СЭВ 1930-79) – Шум. Общие требования безопасности.
10. ГОСТ 12.4.051-87 – Средства индивидуальной защиты органа слуха.
11. СП 52.13330.2011 Естественное и искусственное освещение.
12. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы.
13. ГОСТ 12.4.012-83 – Вибрация. Средства измерения и контроля вибрации на рабочих местах. Технические требования..
14. НПБ 105-03 Определение категории помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности.
15. СНиП 2.01.51 – 90 Инженерно – технические мероприятия гражданской обороны.
16. СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
17. ГОСТ 12.4.221-2002 Одежда специальная для защиты от повышенных температур теплового излучения, конвективной теплоты