

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт Энергетический институт
Направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»
Кафедра Электропривода и электрооборудования

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

| Тема работы |
|--------------------------------------------------------|
| Автоматизация насосного агрегата системы водоснабжения |

УДК 628.12-047.64

Студент

| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
|--------|-------------------------------|---------|------|
| 5ГЗБ | Казанцев Константин Андреевич | | |

Руководитель

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-----------|--------------|---------------------------|---------|------|
| Доцент | Ланграф С.В. | к.т.н. | | |

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|--------------------------|---------------|---------------------------|---------|------|
| Старший преподаватель | Потехина Н.В. | - | | |

По разделу «Социальная ответственность»

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-----------|------------|---------------------------|---------|------|
| Профессор | Панин В.Ф. | д.т.н. | | |

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

| Зав. кафедрой | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|---------------|----------------|---------------------------|---------|------|
| ЭПЭО | Дементьев Ю.Н. | к.т.н., доцент | | |

Томск – 2017 г.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт Энергетический институт
Направление подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника
Кафедра Электропривода и электрооборудования

УТВЕРЖДАЮ:
Зав. кафедрой ЭЭС
_____ Дементьев Ю.Н.

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

| |
|---------------------|
| Бакалаврской работы |
|---------------------|

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

Студенту:

| Группа | ФИО |
|--------|----------------------------------|
| 5ГЗБ | Казанцеву Константину Андреевичу |

Тема работы:

| |
|--------------------------------------------------------|
| Автоматизация насосного агрегата системы водоснабжения |
|--------------------------------------------------------|

| | |
|---------------------------------------------|--|
| Утверждена приказом директора (дата, номер) | |
|---------------------------------------------|--|

| | |
|------------------------------------------|--|
| Срок сдачи студентом выполненной работы: | |
|------------------------------------------|--|

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Исходные данные к работе</p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p> | <p>Производительность = 0,028 м³/с; Напор = 45 м; Скорость вращения вала = 2450 об/мин; Плотность перекачиваемой жидкости = 1000 кг/м³; Коэффициент запаса = 1,05;</p> |
| <p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p> | <p>Оглавление; Введение; Общие вопросы проектирования; Разработка электропривода системы водоснабжения ; Расчет параметров и характеристик асинхронного двигателя; Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение; Социальная ответственность; Заключение; Список литературы.</p> |

| | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|--|
| Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i> | | |
| Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы | | |
| Раздел | Консультант | |
| Социальная ответственность | Панин Владимир Филиппович | |
| Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение | Потехина Нина Васильевна | |

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

Задание выдал руководитель:

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-----------|--------------|---------------------------|---------|------|
| Доцент | Ланграф С.В. | К.Т.Н. | | |

Задание принял к исполнению студент:

| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
|--------|-------------------------------|---------|------|
| 5ГЗБ | Казанцев Константин Андреевич | | |

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

Студенту:

| | |
|---------------|----------------------------------|
| Группа | ФИО |
| 5ГЗБ | Казанцеву Константину Андреевичу |

| | | | |
|--------------------------------|-----------------------|----------------------------------|-------------------------------------------------------|
| Институт | Энергетический (ЭНИН) | Кафедра | Электроснабжение промышленных предприятий (ЭПП) |
| Уровень образования | Бакалавриат | Направление/специальность | Электроэнергетика и электротехника |

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

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, финансовых и человеческих ресурсов.</i> | Оклад руководителя составляет 26300 руб., Оклад инженера составляет 17000руб. |
| 2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i> | 30% премии 33% надбавки 16% накладные расходы 30% районный коэффициент 33.3% норма амортизации ПК |
| 3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений</i> | Отчисления во внебюджетные фонды 30 % |

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.</i> | Quad-анализ. |
| 2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований.</i> | Расчет временных показателей проведение исследования ТП. Составление календарного план-графика. Расчёт бюджета затрат. |
| 3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.</i> | Определение эффективности исследования. |

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

| | |
|-------------------------------------------|--|
| 1. <i>Оценочная карта Quad</i> | |
| 2. <i>Календарный план проведения НИИ</i> | |
| 3. <i>Бюджет затрат НИИ</i> | |

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

| | | | | |
|-----------------------|---------------|-----------------------------------|----------------|-------------|
| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
| Старший преподаватель | Потехина Н.В. | | | |

Задание принял к исполнению студент:

| | | | |
|---------------|---------------|----------------|-------------|
| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
| 5ГЗБ | Казанцев К.А. | | |

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ АВТОМОТИЗАЦИЯ НАСОСНОГО
АГРЕГАТА СИСТЕМЫ ВОДОСНАБЖЕНИЯ»**

Студенту:

| | |
|--------|----------------------------------|
| Группа | ФИО |
| 5ГЗБ | Казанцеву Константину Андреевичу |

| | | | |
|---------------------|-------------|---------------------------|------------------------------------|
| Институт | ЭНИН | Кафедра | ЭПЭО |
| Уровень образования | Бакалавриат | Направление/специальность | Электроэнергетика и электротехника |

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><i>1. Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования) на предмет возникновения:</i></p> <p><i>1.1. вредных проявлений факторов производственной среды (метеоусловия, вредные вещества, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения)</i></p> <p><i>1.2. опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы)</i></p> <p><i>1.3. негативного воздействия на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу, литосферу)</i></p> <p><i>1.4. чрезвычайных ситуаций (техногенного, стихийного, экологического и социального характера)</i></p> | <p>Территория насосной станции с главным объектом рассмотрения исследования – регулируемый электропривод погружного насоса. Необходимо поддержание:</p> <p>1.1. Нормативных метеоусловий, уровней вибрации и шума; 1.2. Нормативных мер обеспечения электро- и пожаробезопасности. 1.3. Использование ПЭВМ, освещение и отопление требуют сжигания топлива на ТЭЦ, дающего выбросы в атмосферу ЗВ. 1.4. Наиболее вероятные ЧС: загорания (пожары), электрический удар, например, при замыкании фазы питания на корпус электрической машины при нарушенном его заземлении.</p> |
| <p><i>2. Ознакомление и отбор законодательных и нормативных документов по теме и отбор их.</i></p> | <p>ГОСТ 12.0.003-74 «ОиВПФ»; ГОСТ 12.1.003-83 «Шум. Общие требования безопасности»; ГОСТ 12.1.01290 «Вибрационная безопасность»; ГОСТ 12.1.005-88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны»; ПУЭ, утвержденный министерством энергетики России от 08.07.2002, №204, Глава 1.7.; №123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности»; Постановление Правительства РФ от 03.09.2010 №681; Постановление Администрации г. Томска от 11.11.2009 №1110 (с изменениями от 24.12. 2014).</p> |

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><i>1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</i></p> <p><i>1.1. физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой;</i></p> <p><i>1.2. действие фактора на организм человека;</i></p> <p><i>1.3. приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ);</i></p> | <p>Вредные факторы:</p> <p>1. Шум;</p> <p>2. Вибрации;</p> <p>3. Возможные ненормативные метеоусловия;</p> |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.4.предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства) | |
| 2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности 2.1.механические опасности (источники, средства защиты); 2.2.термические опасности (источники, средства защиты); 2.3.электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты); 2.4.пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения) | Вся электрическая цепь помещения оснащена заземлительным контуром, выполненным в соответствии с ПУЭ от 08.07.2002, №204.Глава 1.7. – в соответствии с выполненным расчетом. Основные опасные факторы: 2.1.Опасность электропоражения; 2.2.Пожаровзрывоопасность. |
| 3. Охрана окружающей среды: 3.1.анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); 3.2.анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); 3.3.анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); | По п.п.3.1.,3.3: Люминесцентные лампы утилизируются в соответствии с Постановлением Правительства РФ от 03.09. 2010 №681.По п.3.1.:оценить масштабы уменьшения выбросов ЗВ от возможной экономии электроэнергии на рабочем месте. По п.3.3.: дать схему обращения твердых отходов от рабочего места согласно Постановлению Администрации г. Томска от 11.11.2010. |
| 4. Защита в чрезвычайных ситуациях: 4.1.перечень возможных ЧС на объекте; 4.2.выбор наиболее типичных ЧС; 4.3.разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; | Разработать мероприятия по предупреждению загораний и электропоражений и мер по ликвидации их последствий. |
| Перечень графического и инструктивного материалов: | |
| Обязательные графические материалы к расчётам по заданию (обязательно для специалистов и магистров). | |

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

Задание выдал консультант:

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|--------------------------|------------------------------|---------------------------|---------|------|
| профессор кафедры ЭБЖ | Панин Владимир Филиппович | д.т.н., профессор | | |

Задание принял к исполнению студент:

| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
|--------|-------------------------------|---------|------|
| 5ГЗБ | Казанцев Константин Андреевич | | |

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа стр.78, рис.32, табл.16, 39 источников, Ключевые слова: преобразователь частоты, насос, асинхронный электропривод, давление, скалярное управление, моделирование.

Объектом исследования является система управления асинхронного электропривода насоса.

Цель работы – исследование системы скалярного управления асинхронного электропривода насоса в системе водоснабжения.

В процессе исследования проводился расчет и построение нагрузочной характеристики, а также статических естественных и искусственных характеристик двигателя при изменении частоты питающего напряжения.

Разрабатывалась имитационная модель системы скалярного управления насоса в среде MATLAB.

В результате исследования имитационной модели были сняты характеристики переходных процессов при различных отклонениях давления в системе.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: надежность, энергосберегаемость, высокая эффективность, долговечность.

Область применения: в асинхронных электроприводах насосных станций.

Экономическая эффективность/значимость работы заключается в улучшении управления асинхронным электроприводом насосной станции, за счет плавного пуска асинхронного двигателя, отсутствия гидравлических ударов, снижение уровня шума при пуске и работе.

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ВВЕДЕНИЕ | 10 |
| 1 ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДА НАСОСНОГО АГРЕГАТА | 11 |
| 1.1. Технологический процесс водоснабжения | 11 |
| 1.2. Электропривод насосного агрегата в технологическом процессе водоснабжения | 14 |
| 1.3. Функция насосных станций | 15 |
| 1.4. Выбор двигателя ЭП насосного агрегата | 16 |
| 2 Разработка электропривода системы водоснабжения | 20 |
| 2.1. Выбор преобразовательного устройства для системы регулируемого электропривода | 20 |
| 2.2. Выбор и обоснование датчика давления | 23 |
| 2.3. Выбор и обоснование контактора | 25 |
| 2.4. Выбор источника питания | 26 |
| 2.5. Выбор кабелей | 27 |
| 2.6. Выбор клемных зажимов | 27 |
| 2.7. Выбор и компоновка шкафа электроавтоматики | 28 |
| 3 Расчёт статических и динамических характеристик для разомкнутой системы регулируемого электропривода | 30 |
| 3.1. Расчёт естественных характеристик системы регулируемого электропривода | 30 |
| 3.1.1. Расчет естественной механической характеристики | 33 |
| 3.1.2. Расчет естественной электромеханической характеристики | 35 |
| 4 Система автоматического управления электропривода | 38 |
| 5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение | 47 |
| 5.1. Технология QuaD | 47 |
| 5.2. Планирование научно-исследовательских работ и формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта | 49 |
| 5.2.1. Структура работ в рамках научно-технического исследования | 49 |
| 5.2.2. Определение трудоемкости выполнения работ | 50 |
| 5.2.3. Разработка графика проведения научно-технического исследования | 51 |
| 5.3. Бюджет научно-технического исследования (НТИ) | 55 |
| 5.3.1. Расчет материальных затрат | 55 |
| 5.3.2. Амортизация | 55 |
| 5.3.3. Заработная плата исполнителей темы | 56 |
| 5.3.4. Отчисления во внебюджетные фонды | 57 |
| 5.3.5. Накладные расходы | 58 |
| 5.3.6. Определение эффективности НТИ | 59 |

| | | |
|----------|-------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 6 | Социальная ответственность..... | 60 |
| 6.1. | Анализ вредных факторов, которые может создать объект исследования..... | 60 |
| 6.1.1. | Защита от шума и вибрации..... | 60 |
| 6.1.2. | Индивидуальные средства защиты от вибрации..... | 61 |
| 6.1.2.1. | Индивидуальные средства защиты от шума..... | 62 |
| 6.1.3. | Повышенная влажность воздуха..... | 62 |
| 6.1.3.1. | Средства защиты от влажности..... | 62 |
| 6.1.3.2. | Микроклимат..... | 62 |
| 6.2. | Анализ опасных факторов, которые может создать объект исследования..... | 63 |
| 6.2.1. | Загорание (пожар)..... | 64 |
| 6.2.2. | Электробезопасность..... | 64 |
| 6.2.3. | Защита от случайного прикосновения..... | 65 |
| 6.2.4. | Защитное заземление..... | 66 |
| 6.2.5. | Зануление..... | 66 |
| 6.3. | Защита окружающей среды от воздействия лаборатории..... | 69 |
| 6.3.1. | Тепловое излучение..... | 69 |
| 6.3.2. | Утилизация твердых отходов..... | 70 |
| 6.3.3. | Утилизация жидких отходов..... | 71 |
| 6.3.4. | Предотвращение ЧС и устранение их последствий..... | 71 |
| 6.4. | Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности..... | 72 |
| | Заключение..... | 74 |
| | Список использованных источников..... | 76 |

ВВЕДЕНИЕ

Ускорение научно-технического прогресса и интенсификация производства невозможны без применения средств автоматизации. Характерной особенностью современного этапа автоматизации состоит в том, что она опирается на революцию в вычислительной технике, на самое широкое использование микропроцессорных контроллеров, а также на быстрое развитие робототехники, гибких производственных систем, интегрированных систем проектирования и управления, SCADA-систем.

Применение современных средств и систем автоматизации позволяет решать следующие задачи:

- вести процесс с производительностью, максимально достижимой для данных производительных сил, автоматически учитывая непрерывные изменения технологических параметров, свойств исходных материалов, изменений в окружающей среде, ошибки операторов;

- управлять процессом, постоянно учитывая динамику производственного плана для номенклатуры выпускаемой продукции путем оперативной перестройки режимов технологического оборудования, перераспределения работ на однотипном оборудовании и т. п.;

- автоматически управлять процессами в условиях вредных или опасных для человека.

Решение поставленных задач предусматривает целый комплекс вопросов по проектированию и модернизации существующих и вновь разрабатываемых систем автоматизации технологических процессов и производств.

1 ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДА НАСОСНОГО АГРЕГАТА

В данном разделе были рассмотрены технологические процессы водоснабжения, также рассмотрены вопрос электропривода насосного агрегата в технологическом процессе водоснабжения и выбран двигатель для нашего электропривода.

1.1. Технологический процесс водоснабжения

Водоснабжение — подача поверхностных или подземных вод водопотребителям в требуемом количестве и в соответствии с целевыми показателями качества воды в водных объектах. Инженерные сооружения, предназначенные для решения задач водоснабжения, называют системой водоснабжения, или водопроводом.

Система водоснабжения представляет собой комплекс сооружений для обеспечения определенной (данной) группы потребителей (данного объекта) водой в требуемых количествах и требуемого качества. Кроме того, система водоснабжения должна обладать определенной степенью надежности, т е обеспечивать снабжение потребителей водой без недопустимого снижения установленных показателей своей работы в отношении количества или качества подаваемой воды (перерывы или снижение подачи воды или ухудшение ее качества в недопустимых пределах).

После того как будет определен необходимый объем водопотребления объекта и будут собраны сведения о возможных для использования природных источниках, может быть выбран источник и намечена схема водоснабжения

Система водоснабжения (населенного места или промышленного предприятия) должна обеспечивать получение воды из природных источников, ее очистку, если это вызывается требованиями потребителей, и подачу к местам потребления. Для выполнения этих задач служат следующие сооружения, входящие обычно в состав системы водоснабжения:

- а) водоприемные сооружения, при помощи которых осуществляется прием воды из природных источников,
- б) водоподъемные сооружения, т е насосные станции, подающие воду к местам ее очистки, хранения или потребления,
- в) сооружения для очистки воды,
- г) водоводы и водопроводные сети, служащие для транспортирования и подачи воды к местам ее потребления,
- д) башни и резервуары, играющие роль регулирующих и запасных емкостей в системе водоснабжения

Вода расходуется различными потребителями на самые разнообразные нужды. Тем не менее все виды водопотребления можно свести к трем основным категориям.

А. Хозяйственно-питьевое водопотребление.

В этой категории вода расходуется:

1) на утоление жажды рабочих и служащих предприятия, приготовления пищи и мытья посуды в столовых и буфетах;

2) для помывки рабочих и служащих предприятия в душевых и умывальниках;

3) на стирку в заводских прачечных, уборку помещений, цехов и т.п.;

4) на полив зеленых насаждений, тротуаров и т.п.

Б. Производственно-техническое водопотребление.

Потребители этой воды сведены в группы. При этом вода расходуется:

1) в качестве теплоносителя для охлаждения продуктов производства и технологических аппаратов, с целью обеспечения необходимого температурного уровня либо процессов, либо оборудования.

Например, защита оборудования от прогара, для конденсации паров хладагента в холодильных установках, водяного пара в паротурбинных установках, охлаждения компрессоров и т.п. В этом случае вода обычно не загрязняется, только нагревается.

Эта группа водопотребителей самая значительная, на ряде производств она расходует 70-90% всего количества производственной воды;

2) для выработки пара в паровых котлах, системах испарительного охлаждения и других утилизационных установках.

На эту группу потребителей расходуется от 2 до 20% всей производственной воды;

3) на промывку различных материалов, машин, деталей, мокрую очистку газов, вентиляционных систем и т.п. Вода при этом сильно загрязняется;

4) на гидротранспорт, гравитационное обогащение материалов, гидрозолоудаление. Загрязнение тоже сильное, главным образом механическими примесями;

5) на приготовление растворов, электролитов и т.п. Это характерно для химической и рудообогатительной (при флотации руд) промышленности, электрохимического производства и т.п.;

6) для комплексного использования. В этом случае вода служит средой охлаждающей, поглощающей, транспортирующей и т.п.

Например, очистка дымовых газов, мокрое тушение кокса, грануляция шлаков и т.д.

На потребителей групп 3) – 6) может расходоваться от 5 до 15% всего количества производственной воды.

В. Пожарное водопотребление.

Вода расходуется на тушение пожаров и внутренних возгораний.

Система водоснабжения – это комплекс сооружений для обеспечения потребителей водой в требуемых количествах и требуемого качества.

В состав системы водоснабжения входят следующие сооружения:

а) водоприемные сооружения (водозабор);

б) водоподъемные сооружения (насосные станции);

в) сооружения для очистки, обработки и охлаждения воды;

г) водоводы и водопроводные сети;

д) башни и резервуары. Это регулирующие и запасные емкости для сохранения и аккумуляции воды.

При подаче воды учитывают её качество, например, к питьевой воде предъявляются требования СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества». Для доведения качества воды до требуемых норм используют водоподготовку. При проектировании и эксплуатации систем водоснабжения также учитываются принятые нормы расхода воды потребителями.

На состав и схему системы водоснабжения большое влияние оказывают местные природные условия, источник водоснабжения и характер потребления воды. Поэтому в некоторых случаях могут отсутствовать те или иные сооружения. Например, в самотечных системах отсутствуют насосные станции, в системах водоснабжения от артезианских скважин нет очистных сооружений, при равномерном графике потребления не устанавливают водонапорные башни или резервуары и т.п.

На предприятиях может быть несколько систем водоснабжения одновременно. Например, отдельно системы производственно-технического, хозяйственно-питьевого назначения.

Систему противопожарного водоснабжения обычно объединяют с какой-либо другой. Чаще всего с хозяйственно-питьевой в силу ее разветвленности. Но может быть создана и отдельная противопожарная система.

Системы водоснабжения в Древнем мире для подачи воды использовали силу тяжести и прокладывались из труб (свинец, дерево, бамбук) или каналов (как правило из глины или камня). Выдолбленные деревянные трубы, обёрнутые стальной полосой использовались в качестве сантехнических труб, в частности, водопроводов: в Англии около 500 лет назад, в городах США для распределения воды начали использовать выдолбленные брёвна с конца 1700-х по 1800-е годы. Современные сантехнические трубы изготавливают из стали, меди и пластика, а большинство канализационных труб — из стали, меди, пластика и чугуна.

Современные системы водоснабжения использующие циркуляционные насосы высокого давления и трубы в зданиях изготавливают из меди, латуни, пластика (особым способом скроенного полиэтилена РЕХ, который используется в 60% многоквартирных и индивидуальных домов) или другого малотоксичного материала. В водопроводных системах США с 1930-х годов из-за токсичности не используется свинец, хотя свинец продолжали использовать в составе припоя в процессе пайки трубопроводов для питьевой воды, пока она не была запрещена в 1986 году. Современные дренажные и канализационные трубопроводы изготавливают из пластика, стали, чугуна или свинца.

– Допустимая продолжительность перерыва подачи холодной воды: 8 часов (суммарно) в течение 1 месяца; 4 часа одновременно, при аварии в

централизованных сетях холодного водоснабжения в соответствии с требованиями РФ о техническом регулировании (СНиП 2.04.02-84).

– Допустимая продолжительность перерыва подачи горячей воды: 8 часов (суммарно) в течение 1 месяца; 4 часа одновременно, а при аварии на тупиковой магистрали – 24 часа, продолжительность перерыва горячего водоснабжения связанная с ремонтными и профилактическими работами осуществляется с требованиями законодательства РФ о техническом регулировании (СанПин 2.1.4.2496-09).

1.2. Электропривод насосного агрегата в технологическом процессе водоснабжения

Прямоточная система применяется для хозяйственно-питьевого и противопожарного водоснабжения. В некоторых случаях применяется и для производственно-технического водоснабжения.

На рис.1 приведена схема взаимосвязи основных элементов в прямоточной системе водоснабжения. Именно по такой схеме осуществляется водоснабжение городов, поселков и других населенных пунктов.

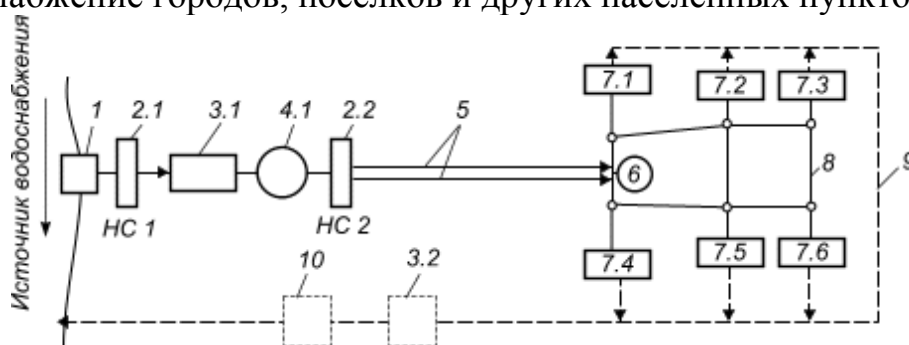


Рис 1 – Схема прямоточной системы водоснабжения

1 – водозабор; 2.1 – насосная станция 1-го подъема; 3.1 – очистные сооружения природной воды; 3.2 – очистные устройства для загрязненных стоков; 4.1 – резервуар чистой воды; 5 – водоводы; 6 – водонапорная башня (резервуар); 7.1-7.6 – потребители воды (цеха, здания); 8 – водопроводная сеть; 9 – сеть трубопроводов для сбора отработанной воды; 10 – водоохлаждающее устройство.

При работе этой системы вода забирается из источника с помощью водозаборного устройства 1 и подается насосами насосной станции 1-го подъема (НС 1) на очистные сооружения 3.1. Здесь обычно вода идет самотеком. Очищенная до необходимого качества она собирается в резервуаре очищенной воды 4.1. Отсюда насосами насосной станции 2-го подъема (НС 2) вода по водоводам 5 подается на территорию предприятия. Из водоводов вода попадает в водопроводную сеть 8 и подается потребителям 7.1-7.6.

Присоединенная к сети регулирующая емкость 6 позволяет сглаживать влияние пиков водопотребления на работу насосов НС 2. Она может быть установлена в любой точке водопроводной сети.

Вся отработанная вода сбрасывается в источник ниже (по течению) места

забора воды. При необходимости эта вода очищается и охлаждается перед сбросом. В этом случае в системе предусматриваются устройства 3.2 и 10.

Недостатки прямоточной системы водоснабжения:

а) производительность всех элементов приходится выбирать из условия покрытия максимума суточного расхода. Это увеличивает размеры сооружений и мощности всех элементов системы, что удорожает ее. Возрастает и удельный расход энергии из-за работы насосных агрегатов большую часть времени в нерасчетном режиме;

б) необходим источник с достаточным дебитом воды. Часто он удален от предприятия и приходится сооружать длинные водоводы. Это тоже ведет к удорожанию и снижению надежности системы;

в) в прямоточной системе вся отработавшая вода сбрасывается в природные водоемы. Эти водоемы должны обладать способностью поглощать эти сбросы без нарушения экологического равновесия.

Прямоточная система обеспечивает подачу наиболее качественной воды. Она единственно возможна там, где исключается повторное использование воды. Это в хозяйственно-питьевом и противопожарном водоснабжении.

1.3 Функция насосных станций

Поддержание давления в трубопроводе.

По сигналу от датчика давления, установленного напорном трубопроводе, система управления автоматически изменяет частоту вращения рабочего колеса насоса, оперативно реагируя на изменение расхода жидкости и обеспечивая поддержание заданного давления с высокой точностью. Системой управления также производится подключение дополнительного насосного агрегата при недостаточной производительности основного.

Поддержание уровня жидкости в аккумулярующем резервуаре.

По сигналам от датчиков уровня, расположенных в резервуаре, система управления изменяет приток или отток жидкости таким образом, чтобы уровень жидкости находился в заданном диапазоне.

Управление задвижкой.

Система управления производит управление задвижкой для обеспечения необходимых условий запуска насосного агрегата. Запуск происходит на закрытую задвижку, после чего она открывается. Закрытие задвижки происходит после остановки насоса. Некоторые станции позволяют также регулировать выходное давление в трубопроводе изменением положения задвижки. Этот способ оказывается единственно возможным при выходе из строя преобразователя частоты.

Определение и исключение неисправных блоков.

Если попытка запуска насосного агрегата с использованием ПЧ или УПП оказалась безуспешной, станция предпримет следующую попытку по истечении заданного времени. При исчерпании попыток перезапуска ПЧ или УПП будет сделана попытка запуска насоса напрямую от сети. Если и этот вариант не приведет к успешному запуску, насосному агрегату будет присвоен

атрибут «аварийный», и оно будет исключен из дальнейшей работы станции. Вместо него будет запущен следующий насосный агрегат. Подобным способом производится определение неисправности ПЧ или УПП и исключение их из работы станции. Аварийный останов станции произойдет только при полном отсутствии исправных насосных агрегатов.

Автоматический ввод резервного электропитания (АВР).

Питание станции производится от нескольких (обычно двух) независимых вводов напряжения питания. Непрерывно производится контроль напряжения обоих вводов. При пропадании напряжения на основном вводе система управления переводит станцию на питание от резервного ввода. При появлении на основном вводе напряжения и сохранении его в течение заданного времени станция возвращается при необходимости на питание от основного ввода.

Автоматическое чередование двигателей производится для равномерной выработки ресурса всех имеющихся в составе станции двигателей. При различной мощности двигателей обычно есть возможность устанавливать более сложный алгоритм переключения двигателей, чем простое чередование.

Работа по расписанию (график давления). Так называют автоматическое изменение уставки поддерживаемого параметра в зависимости от времени суток.

1.4 Выбор двигателя ЭП насосного агрегата

Расчёт мощности двигателя, выбор двигателя и насосного агрегата

Исходные данные к работе представлены в табл. 1

Таблица 1 – Исходные данные

| Производительность , м ³ /с | Напор, м | Скорость вращения вала насоса, об/мин | КПД | Плотность перекачиваемой жидкости, кг/м ³ | Коэффициент запаса |
|-------------------------------------------|-------------|---------------------------------------------------|------|---------------------------------------------------------------|-----------------------|
| 0,028 | 45 | 2450 | 0,68 | 1000 | 1,05 |

По формуле определяется необходимая расчетная мощность, для дальнейшего выбора двигателя:

$$P = K_3 \cdot \frac{\rho \cdot g \cdot Q \cdot H}{1000 \cdot \eta} =$$

$$= 1,05 \cdot \frac{1000 \cdot 9,81 \cdot 0,028 \cdot 45}{0,68 \cdot 1000} = 19,08 \text{ кВт}$$

$$P_H \geq P_{расч} = 19,08 \text{ кВт}$$

Из каталога выбран двигатель АИР180S2 имеющий параметры, представленные в табл. 2

Таблица 2 – Технические характеристики выбранного двигателя АИР180S2

| Заданные величины | Условное обозначение | Единица измерения | Численное значение |
|---------------------------------|----------------------|---------------------|--------------------|
| Фазное напряжение | U_{ϕ} | В | 220 |
| Линейное напряжение | $U_{л}$ | В | 380 |
| Мощность двигателя | $P_{дв.}$ | Вт | 22000 |
| КПД | η_n | % | 91 |
| Синхронная частота вращения | η_c | Об/мин | 3000 |
| Коэффициент мощности | $\cos \varphi_n$ | о.е. | 0,87 |
| Номинальное скольжение | S_n | % | 2,333 |
| Кратность пускового тока | k_i | о.е. | 7 |
| Кратность пускового момента | k_n | о.е. | 2,2 |
| Кратность максимального момента | k_{max} | о.е. | 2,9 |
| Кратность минимального момента | k_{min} | о.е. | 2 |
| Коэффициент загрузки двигателя | $p_{жс}$ | о.е. | 0,75 |
| Число пар полюсов | p | - | 1 |
| Частота питающей сети | f | Гц | 50 |
| Число фаз двигателя | m | - | 3 |
| Момент инерции ротора | J | кг · м ² | 0,062 |



Рисунок 2 – Внешний вид двигателя АИР180S2

Таблица 3 – Габаритные размеры, мм

| | | |
|----------|----------|----------|
| l_{30} | h_{31} | d_{24} |
| 820 | 560 | 550 |

Таблица 4 – Установочные и присоединительные размеры, мм

| Тип | l_1 | l_{10} | l_{31} | d_1 | d_{10} | d_{20} | d_{22} | d_{25} | b_{10} | n | h | l_{21}^* | l_{20}^* | h_{10}^* | h_5 |
|----------|-------|----------|----------|-------|----------|----------|----------|----------|----------|-----|-----|------------|------------|------------|-------|
| АИР180S2 | 140 | 311 | 149 | 55 | 19 | 500 | 19 | 450 | 356 | 8 | 225 | 15 | 4 | 12 | 35 |

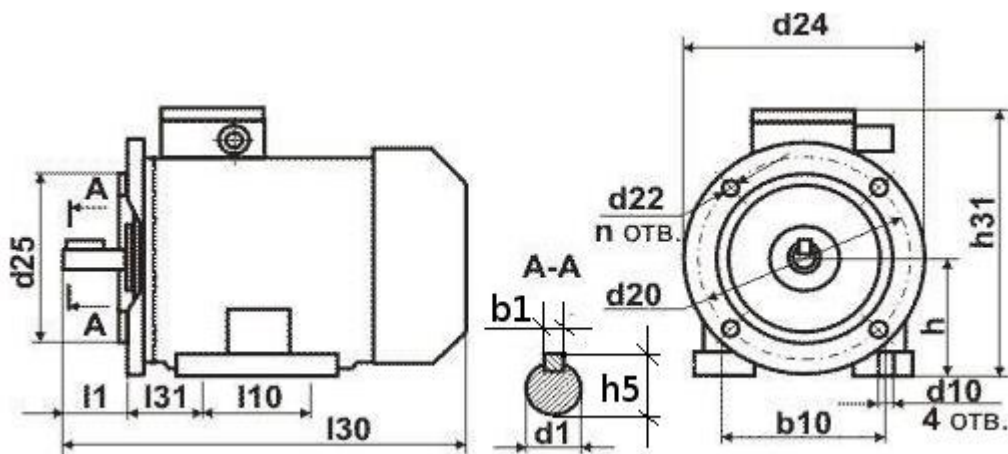


Рисунок 3 – Габаритные и присоединительные размеры двигателя

Из каталога выбирается насос, ЦМЛ 150/208-22/2, по номинальной мощности электродвигателя АИР180S2. Центробежный моноблочный насос ЦМЛ 150/208-22/2 имеет следующие параметры :

Таблица 2 – Технические характеристики насоса ЦМЛ 150/208-22/2

| Тип насоса | Подача, м ³ / ч, | Напор, м | Макс. потребляемая мощность насоса, кВт | Частота вращения, (об / мин) |
|----------------------|--------------------------------|----------|--------------------------------------------|------------------------------------|
| ЦМЛ 150/208- 22/2 | 100 | 50 | 22 | 2900 |



Рисунок 4 – Внешний вид насосного агрегата ЦМЛ 150/208-22/2

В центробежных насосах движение жидкости происходит под влиянием центробежных сил, возникающих при вращении жидкости лопатками рабочего колеса. Рабочее колесо с лопатками, насаженное на вал, вращается внутри корпуса. Жидкость, поступающая к центру колеса по всасывающему патрубку, вращается вместе с колесом, отбрасывается центробежной силой к периферии и выходит через нагнетательный патрубок.

2 Разработка электропривода системы водоснабжения

2.1. Выбор преобразовательного устройства для системы регулируемого электропривода

Основными недостатками асинхронных электродвигателей до недавнего времени оставались сложность и неэкономичность регулирования их частоты вращения, а плавное регулирование двигателей с короткозамкнутым ротором было практически невозможно. В то же время необходимость регулирования частоты вращения была особенно важна для привода механизмов, применяемых для изменения расходов и работающих с переменной нагрузкой. С развитием силовой полупроводниковой и микропроцессорной техники в последние 15-20 лет стало возможным создание устройств частотного регулирования электроприводов с асинхронными двигателями. Эти устройства позволили экономично и точно управлять скоростью и моментом двигателя, избавиться от дросселирования производительности насосов и вентиляторов при помощи вентилялей и заслонок, от применения неэкономичных гидромуфт, а также сложных и дорогостоящих приводов постоянного тока.

Частотно-регулируемый привод (ЧРП) состоит из асинхронного электрического двигателя М и преобразователя частоты ПЧ (рисунок 5):

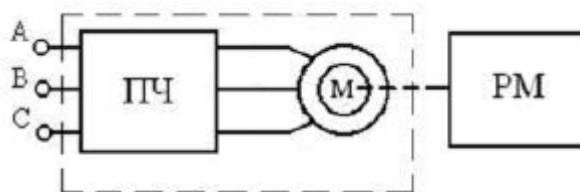


Рисунок 5 – Общая структура ЧРП Электрический

двигатель приводит в движение рабочий механизм РМ (насос, вентилятор, конвейер, питатель и т.п.). Преобразователь частоты ПЧ представляет собой статическое электронное устройство, которое управляет электрическим двигателем. На выходе преобразователя формируется электрическое напряжение с регулируемой частотой и амплитудой.

Регулирование частоты вращения ротора асинхронного двигателя основано на изменении частоты вращающегося магнитного поля, создаваемого статором двигателя.

В наиболее распространенном частотно-регулируемом приводе на основе асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором применяются два вида управления – скалярное и векторное.

При скалярном управлении одновременно изменяют частоту и амплитуду подводимого к двигателю напряжения.

Частотный преобразователь состоит из системы управления, выпрямителя и шины постоянного тока. Входное синусоидальное напряжение с постоянной амплитудой и частотой выпрямляется в звене постоянного тока В,

сглаживается фильтром состоящим из дросселя $L_{\text{в}}$ и конденсатора фильтра $C_{\text{в}}$, а затем вновь преобразуется инвертором АИН в переменное напряжение изменяемой частоты и амплитуды. Регулирование выходной частоты $f_{\text{вых}}$ и напряжения $U_{\text{вых}}$ осуществляется в инверторе за счет высокочастотного широтно-импульсного управления. Широтно-импульсное управление характеризуется периодом модуляции, внутри которого обмотка статора электродвигателя подключается поочередно к положительному и отрицательному полюсам выпрямителя.

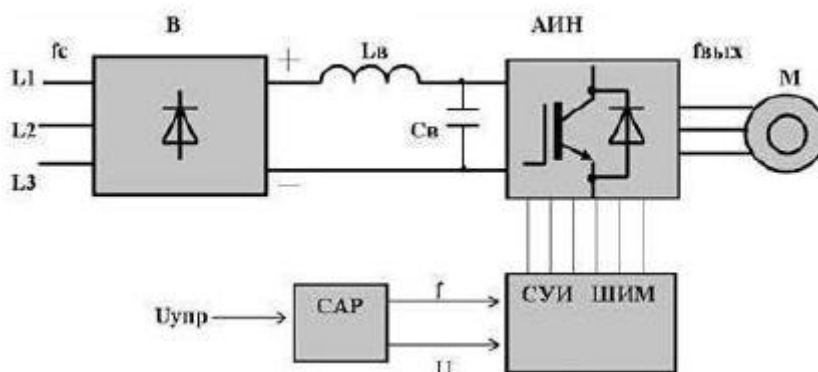


Рисунок 6 – Структурная схема частотного преобразователя

Длительность подключения каждой обмотки в пределах периода следования импульсов модулируется по синусоидальному закону. Наибольшая ширина импульсов обеспечивается в середине полупериода, а к началу и концу полупериода уменьшается. Таким образом, система управления СУИ обеспечивает широтно-импульсную модуляцию (ШИМ) напряжения, прикладываемого к обмоткам двигателя. Амплитуда и частота напряжения определяются параметрами модулирующей синусоидальной функции. Таким образом, на выходе преобразователя частоты формируется трехфазное переменное напряжение изменяемой частоты и амплитуды. Выбираем ПЧ при условии, что $I_{\text{н пч}} \geq I_{\text{н дв}} 150 \geq 100$ выбираем преобразователь типа EI-P7012-030H производитель компания «Эффективные Системы»

Насосный преобразователь частоты EI-P7012-030H представлен на рисунке 7.



Рисунок 7 – Преобразователь частоты

Модель новейшего поколения преобразователей частоты насосной серии. Применяется для управления приводами с переменной нагрузкой насосного типа. Свежую модель выгодно отличают расширенные функциональные возможности, минимальные массогабаритные характеристики, увеличенный диапазон мощностей.

- Диапазон мощностей 7,5 кВт – 370 кВт.
- Возможность управления группой электродвигателей от одного преобразователя.
- Встроенный ПИД-регулятор. Управление по вольт-частотной характеристике U/F.
- Аналоговые и цифровые входы/выходы для регулирования дистанционного управления.
- Управление и диагностика по линии RS-485/RS-232.
- Питание 380 В, 50 Гц.

Специальная серия преобразователей разработана для управления устройствами, предназначенными для транспортировки жидкостей и газов. Эти механизмы подразделяются на три группы:

- насосы;
- вентиляторы;
- компрессоры.

Преобразователи серии EI-P7012 ориентированы на наиболее распространенную в настоящее время группу насосов, вентиляторов и компрессоров центробежного типа, которые имеют так называемую вентиляторную нагрузку. Отличительными особенностями преобразователей этой серии, которые определены типом нагрузки, являются:

- скалярное управление с фиксированным соотношением между напряжением питания и частотой питающего напряжения (U/f);
- отсутствие встроенных и дополнительных тормозных устройств;
- пониженная перегрузочная способность по моменту в пределах 15% – 20%.

Некоторое упрощение функций преобразователя позволило снизить стоимость, упростить обслуживание и предложить его для массового внедрения на многих объектах в различных отраслях.

Преобразователи серии EI-P7012 рекомендуется применять для регулирования подачи и поддержания заданного напора жидкости, давления или разрежения газа, температуры газа и т.п. на нефте- и газоперекачивающих станциях, насосных водопроводных станциях, в котельных, на станциях водоочистки, в центральных тепловых пунктах, в установках главного проветривания шахт и т.п. Применение EI-P7012 позволяет существенно уменьшить потребление электроэнергии и энергоресурсов, продлить срок службы оборудования, упростить техническое обслуживание, снизить число аварийных ситуаций.

При решении перечисленных задач преобразователь может работать как в ручном, так и в автоматическом режиме. В обоих режимах предусмотрено местное или дистанционное управление.

В ручном режиме управление осуществляется оператором с местного или дистанционного пульта без обратной связи. Для удобства пользователя в преобразователе имеется возможность подсоединения внешнего задающего аналогового устройства – потенциометра. Слежение за параметрами рабочего процесса (подача, напор, давление, разряжение) совершается оператором по измерительным приборам. Точность поддержания скорости в ручном режиме составляет $\pm 2\% - 3\%$. Диапазон управления скоростью равен 1:20.

Предпочтительнее с точки зрения качества управления параметрами рабочего процесса использовать автоматический режим с обратной связью по регулируемому параметру. Для измерения параметров процесса можно использовать все популярные датчики физических величин аналогового типа. Выходной токовый сигнал датчика может быть от 4 мА до 20 мА, сигнал по напряжению – от 0В до 10В. При совместном соглашении преобразователи могут поставляться компанией в наборе с датчиками.

В автоматическом режиме с обратной связью в преобразователе реализуется ПИД-закон регулирования. Для оперативной настройки параметров регулятора под требуемый технологический процесс Вы имеете возможность управлять коэффициентами обратной связи. Использование ПИД-регулятора позволяет поддерживать заданные параметры практически без ошибки. При выборе ЧП для мощных вентиляторов, дымососов, компрессоров с большими инерционными массами необходимо обратить внимание на возможность ограничения пусковых токов. Ограничение пусковых токов требуется также для исключения гидроударов в трубопроводах. В преобразователе для исключения ударных нагрузок на двигатель и механическую долю привода имеется функция мягкого пуска. Можно выставить время разгона или торможения электродвигателя автономно друг от друга в пределах от 0,1 с до 3600 с.

Важное значение для электропривода в целом имеет тип защиты от аварийных режимов. Преобразователь EI-P7012 обеспечивает полную защиту электродвигателя.

2.2. Выбор и обоснование датчика давления

Устройства получения информации о состоянии технологического процесса предназначены для сбора и преобразования информации без изменения ее содержания о контролируемых и управляемых параметрах ТП. Входом устройств являются естественные или унифицированные сигналы, выходом – соответствующие значения унифицированных сигналов.

К устройствам для получения информации о состоянии процесса, образующим канал сбора и преобразования информации, причисляют чувствительные элементы или собственно датчики.

Датчики физических величин воспринимают контролируемый параметр и преобразуют его в величину, удобную для передачи подканалам связи или дальнейшего преобразования.

Основными характеристиками измерительных устройств для получения информации о состоянии ТП являются: входная величина, воспринимаемая и преобразуемая датчиком; выходная величина, используемая для передачи информации; статическая и динамическая характеристики датчика; порог чувствительности; основная и дополнительные погрешности.

В данном ТП в качестве измерительного механизма используется датчик давления подачи воды (ДД).

Входная величина Q , поступающая на вход датчика ДД, относится к классу входных величин датчика, характеризующих протекание процесса. Выходная величина, используемая для передачи информации, моделируется по амплитуде. Динамическая характеристика датчика определяет поведение датчика при изменении входной величины и определяется внутренней структурой датчика и его элементов.

Точность измерений давления воды характеризуют следующие факторы:

- порог восприимчивости датчика – минимальное изменение входной величины, вызывающее изменение выходного сигнала;

- главная погрешность датчика – максимальная разность между получаемой в нормальных эксплуатационных ситуациях величиной выходного сигнала и его номинальным значением, устанавливаемая по статической характеристике для данной входной величины;

- добавочные погрешности датчика – погрешности, вызываемые изменениями наружных условий по сравнению с нормальными условиями (температурная погрешность и др.).

Датчики, обеспечивающие управление технологическими переменными и управляющими воздействиями:

В комплект поставки преобразователя частоты входит датчик давления ОТ-1 (МН-2) представленный на рис.8.



Рисунок 8 – Датчик давления

Технические характеристики датчика давления ОТ-1 (МН-2) представлены в табл.4

Таблица 4 – Технические характеристики датчика давления ОТ-1 (МН-2)

| Название | ОТ-1 (МН-2) |
|-----------------------------------------------|-------------------------------------|
| Тип | Тензорезистивный |
| Диапазоны давления | 0...6, 0...10, 0...16, 0...25 бар |
| Погрешность | 1 % |
| Выходной сигнал | 4-20 мА (двухпроводное подключение) |
| Питание | 10...30 В постоянного тока |
| Присоединение | G1/4 |
| $T_{раб}$ измеряемой среды | -40 °С... +125 °С |
| $T_{раб}$ окружающей среды | -40 °С... +100 °С |
| Защита от ударных нагрузок | 500g (механический удар) |
| Защита от вибрации | 20g (вибрация в условиях резонанса) |
| Материалы, контактирующие с измеряемой средой | Нержавеющая сталь с добавками CrNi |
| Пылевлагозащитна | IP67 |
| Масса | 70 |

2.3. Выбор и обоснование контактора

По номинальному току и мощности был выбран контактор фирмы Danfoss серии CI 45 (рис. 8).



Рисунок 8 – Контактор CI 45

Также был выбран автоматический выключатель, который предназначен для защиты проводов, кабелей, электрооборудования от короткого замыкания и перегрузок. Для этого было выполнено следующее:

$$1. I_{расц} \geq I_{дл}, I_{дл} \geq I_{н.ЭД} = 39,203 \text{ A};$$

$$2. I_{кз} \geq 1,5 \cdot I_{пуск} \text{ (для одного ЭП);}$$

$$I_{кз} \geq 1,5 \cdot I_{кр} = 1,5 \cdot 267,682 = 401,523 \text{ A,}$$

$$I_{кр} = I_n = 267,682 \text{ A} - \text{пусковой ток.}$$

Выбран автоматический выключатель типа ВА14-26 (рис. 9)



Рисунок 9 – Автоматический выключатель типа ВА14-26

Выбор плавких предохранителей:

Выбраны плавкие предохранители исходя из условий:

$$I_{ВС} \geq I_{н.ЭД}$$

$$I_{ВС} \geq I_{н.ЭД}$$

Выбран предохранитель типа ПН2-100 с параметрами, приведенными в табл. 5

Таблица 5 – Параметры предохранителя типа ПН2-100

| Тип | I _{ном} , А | |
|---------|----------------------|-----------------|
| | Предохранителя | Плавкой вставки |
| ПН2-100 | 100 | 40 |

2.4. Выбор источника питания

Для питания логического модуля совместно с модулем расширения выбираем блок питания фирмы Siemens серии LOGO! Power =24В/ 4А, 90 Вт 6EP1332-1SH51 (рис. 10)



Рисунок 10 – Блок питания LOGO! Power =24В/4А

2.5. Выбор кабелей

Соединение оборудования в шкафах производится одножильным проводом марки ПВ-1, имеющим однопроволочную и многопроволочную медную жилу с поливинилхлоридной изоляцией различного цвета. Выбирается провод с однопроволочной жилой сечением 1,5 мм² для подключения оборудования цепи управления; провод сечением 2,5 мм², для подключения преобразователя частоты и контакторов. Для питания преобразователей частоты и электродвигателей (а также насосов) выбран по

$I_{\text{каб}} \geq I_{\text{доп}}; 42 \geq 40$ условию силовой кабель ВВГнг 5х25

2.6. Выбор клемных зажимов

Клемные зажимы широко применяются как в бытовой электропроводке, так и в промышленном монтаже в местах, требующих повышенной надежности и виброустойчивости. В данной работе выбраны клемные зажимы фирмы «WAGO» (Германия). Фирма «WAGO» – мировой лидер в производстве клемм и разъемов, с использованием пружинной технологии соединения. В настоящее время на российском рынке присутствует широкая номенклатура продукции «WAGO».

Выбираем клеммы для установки на DIN-рельс с зажимом CAGE CLAMP фирмы WAGO (рис. 11) с боковым подключением:



Рисунок 11 – Клемма фирмы WAGO

2.7. Выбор и компоновка шкафа электроавтоматики

Перечень блоков компоновки шкафа приведены в табл. 6

Таблица 6 – Перечень блоков компоновки шкафа

| Обозначение | Расшифровка |
|-------------|--------------------------------------------|
| ПЧ | Преобразователь частоты |
| БПМК | Блок питания LOGO!POWER |
| МК | Базовый модуль LOGO!Basic |
| QF1 – QF3 | Автоматический выключатель 175x112,5x112,5 |
| K1 | Контактор 1 |
| K2 | Контактор 2 |
| K3 | Контактор 3 |

Выбирается один настенный шкаф Hyperline TWM-0945-GR-RAL9004
Шкаф настенный, 501x600x450, со стеклянной дверью. (рис 12.)



Рисунок 13 – Внешний вид шкафа электроавтоматики

Так как из-за массогабаритных показателей проблемно ставить ПЧ в шкаф электроавтоматики, то ПЧ ставится в отдельный шкаф. И выбирается Hyperline TTC-2268-GS-RAL9004, 1166x600x800.



Рисунок 14 – Внешний вид шкафа Hyperline для ПЧ

3 Расчёт статических и динамических характеристик для разомкнутой системы регулируемого электропривода

3.1 Расчёт естественных характеристик системы регулируемого электропривода

Для расчетов статических и динамических характеристик асинхронного двигателя найдем параметры схемы замещения. Т – образная схема замещения асинхронного двигателя для одной фазы приведена на рисунке 15.

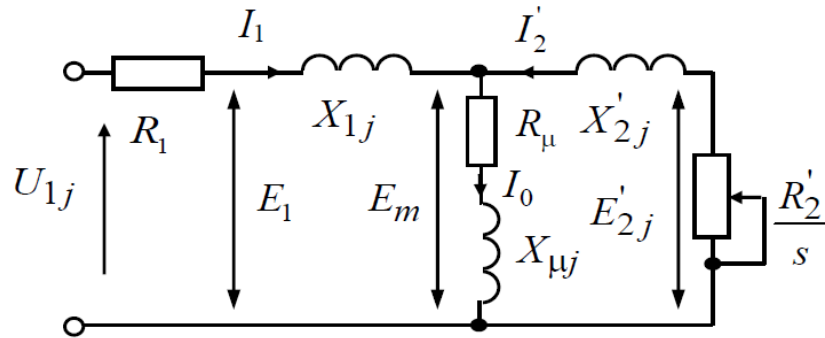


Рисунок 15 – Схема замещения асинхронного двигателя

$X_{1\sigma}$ – индуктивное сопротивление рассеяния обмотки статора;

$X'_{2\sigma}$ – приведенное индуктивное сопротивление рассеяния цепи обмотки ротора к цепи обмотке статора;

I_1 – ток обмотки статора;

$U_{1\phi}$ – фазное напряжение, подводимое к обмотке статора двигателя;

R_1 – активное сопротивление обмотки статора;

R'_2 – приведенное активное сопротивление цепи обмотки ротора к цепи обмотке статора;

X_μ – индуктивное сопротивление контура намагничивания.

Синхронная угловая частота вращения двигателя:

$$\omega_c = \frac{\pi \cdot n_c}{30} = \frac{3,14 \cdot 3000}{30} = 314,159 \text{ рад} / \text{с}$$

Номинальная частота и угловая скорость вращения двигателя:

$$n_{\text{дв.н}} = (1 - S_n) \cdot n_c = (1 - 0,023) \cdot 3000 = 2930 \text{ об} / \text{мин}$$

$$\omega_{\text{дв.н}} = (1 - S_n) \cdot \omega_c = (1 - 0,023) \cdot 314,159 = 306,83 \text{ рад} / \text{с}$$

Номинальный момент двигателя:

$$M_{\text{дв.н}} = \frac{P_{\text{дв}}}{\omega_{\text{дв.н}}} = \frac{22000}{306,83} = 71,701 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Номинальное фазное напряжение и номинальный фазный линейный ток статора при схеме соединения обмоток в звезду:

$$U_{1\text{фн}} = 220 \text{ В}; m = 3$$

$$I_{1\text{фн}} = \frac{P_{\text{дв}}}{m \cdot U_{1\text{фн}} \cdot \cos \varphi_n \cdot \eta_n} = \frac{22000}{3 \cdot 220 \cdot 0,87 \cdot 0,91} = 42,103 \text{ А}$$

Максимальный потребляемый ток двигателя при прямом пуске:

$$I_{1\text{макс}} = k_{i\text{дв}} \cdot I_{1\text{н}} = 7 \cdot 42,103 = 294,7 \text{ А}$$

Критический момент двигателя на естественной характеристике:

$$M_{\text{к}} = m_{\text{к}} \cdot M_{\text{дв.н}} = 2,9 \cdot 71,701 = 207,9 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Пусковой момент двигателя при прямом пуске:

$$M_{\text{дв.пуск}} = m_{\text{н}} \cdot M_{\text{дв.н}} = 2,2 \cdot 71,701 = 157,7 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Определение параметров схемы замещения в абсолютных единицах

Активное сопротивление обмотки статора:

$$R_1 = R_1' \cdot \frac{U_{1\text{фн}}}{I_{1\text{фн}}} = 0,293 \text{ Ом}$$

Индуктивное сопротивление рассеяния:

$$X_{1\sigma} = X_1' \cdot \frac{U_{1\text{фн}}}{I_{1\text{фн}}} = 0,679 \text{ Ом}$$

Индуктивность обмотки статора, обусловленная потоком рассеяния:

$$L_{1\sigma} = \frac{X_{1\sigma}}{2\pi \cdot f_{1\text{н}}} = 0,0021 \text{ Ом}$$

Приведенное к обмотке статора активное сопротивление обмотки ротора:

$$R_2' = R_2'' \cdot \frac{U_{1\phi_n}}{I_{1\phi_n}} = 0,153 \text{ Ом}$$

Приведенное индуктивное сопротивление рассеяния обмотки ротора:

$$X_{2\sigma}' = X_2'' \cdot \frac{U_{1\phi_n}}{I_{1\phi_n}} = 0,941 \text{ Ом}$$

Приведенная индуктивность рассеяния обмотки ротора:

$$L_{2\sigma}' = \frac{X_{2\sigma}'}{2\pi \cdot f_{1n}} = 0,0029 \text{ Ом}$$

Индуктивное сопротивление короткого замыкания при номинальном режиме:

$$X_{кн} = X_{1\sigma} + X_{2\sigma}' = 1,62 \text{ Ом}$$

Индуктивное сопротивление контура намагничивания:

$$X_{\mu} = X_{\mu}' \cdot \frac{U_{1\phi_n}}{I_{1\phi_n}} = 10,816 \text{ Ом}$$

Результирующая индуктивность, обусловленная магнитным потоком в воздушном зазоре, создаваемым суммарным действием токов статора:

$$L_m = \frac{X_{\mu}}{2\pi \cdot f_{1n}} = 0,034 \text{ Гн}$$

Определение тока холостого хода:

$$\cos \varphi_n = 0.87$$

$$a \cos(\cos \varphi_n) = 0.516$$

$$\sin \varphi_n = \sin(a \cos(\cos \varphi_n)) = 0.493$$

ЭДС ветви намагничивания, наведенная потоком воздушного зазора в номинальном режиме:

$$E_1 = \sqrt{(U_{1\phi_n} \cdot \cos \varphi_n - I_{1\phi_n} \cdot R_1)^2 + (U_{1\phi_n} \cdot \sin \varphi_n - I_{1\phi_n} \cdot X_{1\sigma})^2} = 196,084 \text{ В}$$

$$I_0 = \frac{E_1}{X_{\mu}} = 18,129 \text{ А}$$

Проверка расчетных параметров двигателя

Номинальный электромагнитный момент двигателя:

$$M_{\Theta_{эм.н}} = \frac{3 \cdot U_{1\phi н}^2 \cdot R_2'}{\omega_0 \cdot s_n \cdot \left[X_{кн}^2 + \left(R_1 + \frac{R_2'}{s_n} \right)^2 + \left(\frac{R_1 \cdot R_2'}{s_n \cdot X_{\mu}} \right)^2 \right]} = 61,009 H \cdot м$$

$$\psi_{2н} = \sqrt{2} \cdot I_0 \cdot L_m = 0.883 Bб$$

$$M_{\Theta\Theta_{эм.н}} = \frac{3}{2} \cdot z_p \cdot \frac{L_m}{(L_m + L_{2\sigma})} \cdot \psi_{2н} \cdot \sqrt{2 \cdot \sqrt{I_{1\phi н}^2 - I_0^2}} = 65,463 H \cdot м$$

Должны выполняться следующие условия:

$$M_{дв.н} = 71,701 < M_{\Theta_{эм.н}} = 65,463$$

$$M_{\Theta\Theta_{эм.н}} = 65,463 < M_{дв.н} \cdot 1.1 = 78,871$$

3.1.1 Расчет естественной механической характеристики

$$M_{эм}(\omega) = \frac{3 \cdot U_{1\phi н}^2 \cdot R_2'}{\omega_0 \cdot \frac{\omega_0 - \omega}{\omega_0} \cdot \left[X_{кн}^2 + \left(R_1 + \frac{R_2'}{\frac{\omega_0 - \omega}{\omega_0}} \right)^2 + \left[\frac{R_1 \cdot R_2'}{\left(\frac{\omega_0 - \omega}{\omega_0} \right) \cdot X_{\mu}} \right]^2 \right]}$$

Электромагнитный номинальный момент в номинальном режиме:

$$M_{эм}(\omega) = \frac{3 \cdot U_{1\phi н}^2 \cdot R_2'}{\omega_0 \cdot s_n \cdot \left[X_{кн}^2 + \left(R_1 + \frac{R_2'}{s_n} \right)^2 + \left(\frac{R_1 \cdot R_2'}{s_n \cdot X_{\mu}} \right)^2 \right]} = 61,009$$

Электромагнитный критический момент:

$$s_{\kappa} = R_2' \cdot \sqrt{\frac{1 + \left(\frac{R_1}{X_{\mu}}\right)^2}{R_1^2 + X_{\kappa H}^2}} = 0.093 \text{ – критическое скольжение}$$

$$\omega_{\kappa} = \omega_0 \cdot (1 - s_{\kappa}) = 284,879 \text{ рад} / \text{с} \text{ – критическая угловая скорость}$$

$$M_{\kappa p} = \frac{3 \cdot U_{1\phi H}^2}{\omega_0 \cdot 2 \cdot \left[R_1 + \sqrt{(R_1^2 + X_{\kappa H}^2) \cdot \left[1 + \left(\frac{R_1}{X_{\mu}}\right)^2 \right]} \right]} = 119,166 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

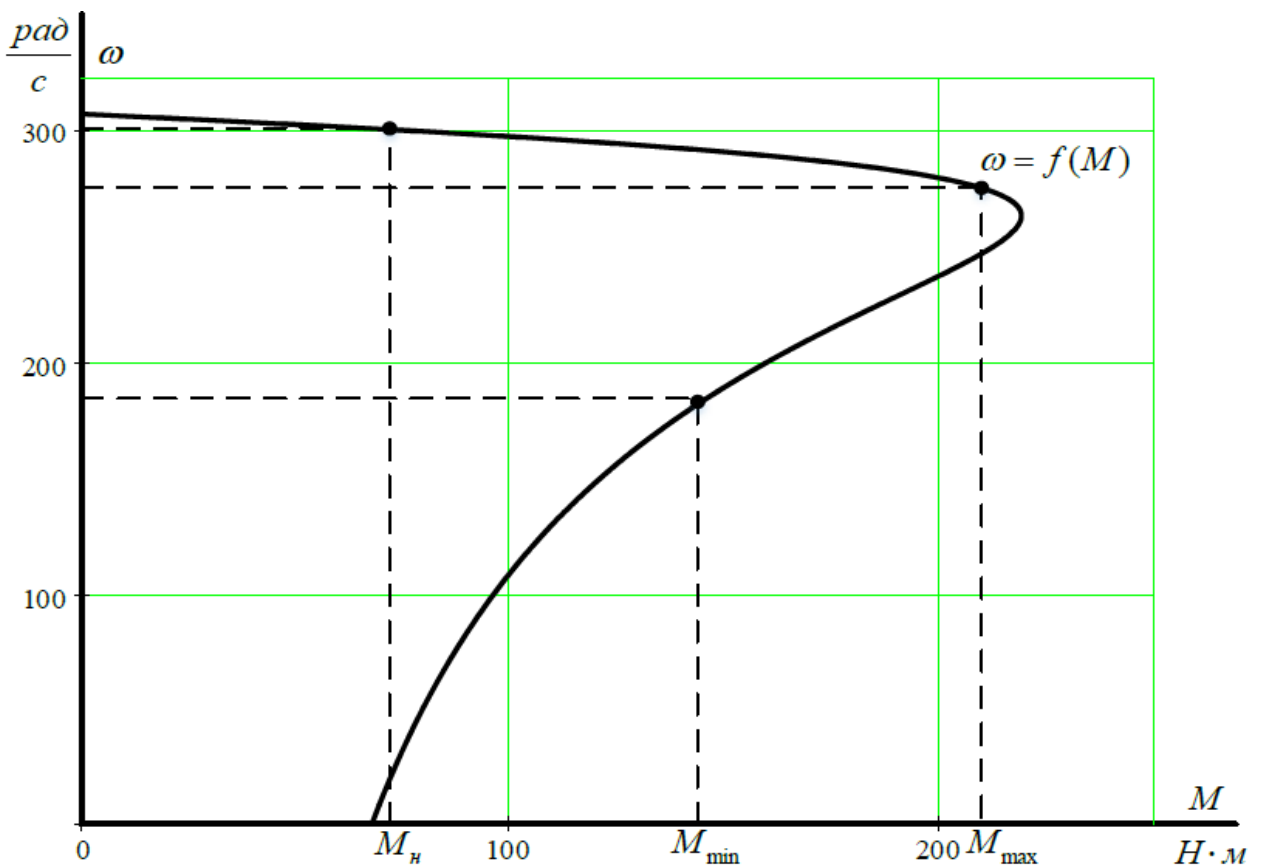


Рисунок 16 – Естественная механическая характеристика асинхронного двигателя

3.1.2 Расчет естественной электромеханической характеристики

Для построения электромеханической характеристики тока обмотки статора используем следующее выражение:

$$I_1(\omega) = \sqrt{I_0^2 + (I_2'(\omega))^2 + 2 \cdot I_0 \cdot I_2'(\omega) \cdot \sin \varphi_2(\omega)}$$

Приведенный ток ротора:

$$I_2'(\omega) = \frac{U_{1\phi n}}{\sqrt{\left(R_1 + \frac{R_2'}{\omega_0 - \omega} \right)^2 + X_{кн}^2 + \left(R_1 \cdot \frac{R_2'}{\omega_0 - \omega} \cdot X_{\mu} \right)^2}}$$

Действующее значение тока холостого хода:

$$I_0 = \frac{U_{1\phi n}}{\sqrt{R_1^2 + (X_{1\sigma} + X_{\mu})^2}} = 19,132 \text{ A}$$

$$\sin \varphi_2(\omega) = \frac{X_{кн}}{\sqrt{\left(R_1 + \frac{R_2'}{\omega_0 - \omega} \right)^2 + X_{кн}^2 + \left(R_1 \cdot \frac{R_2'}{\omega_0 - \omega} \cdot X_{\mu} \right)^2}}$$

Зависимость тока ротора, приведенного к обмотке статора, от скольжения S определяется следующим образом:

$$I_2(s) = \frac{U_{1\phi}}{\sqrt{\left(R_1 + \frac{R_2'}{s} \right)^2 + (X_1 + X_2')^2}}$$

График электромеханической характеристики
рисунок 17.

приведен на

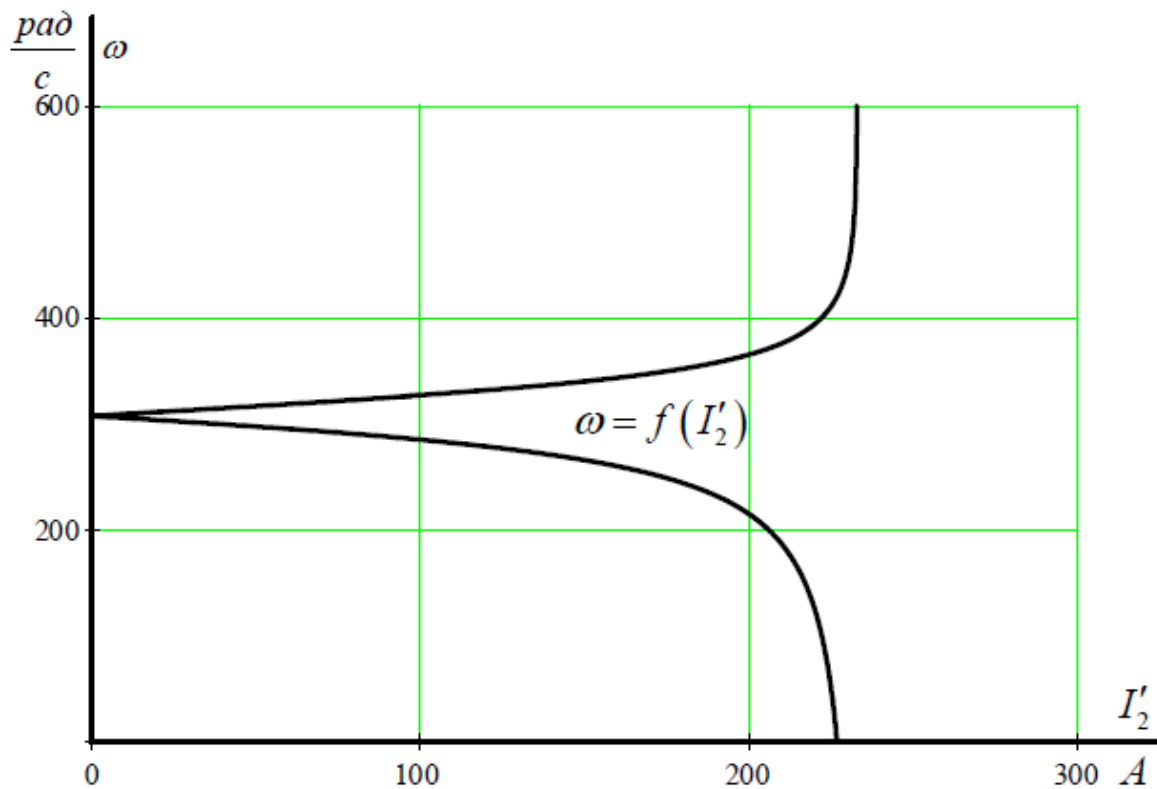


Рисунок 17 – Естественная электромеханическая характеристика
асинхронного двигателя $\omega = f(I'_2)$

Для построения электромеханической характеристики тока обмотки
статора использовано следующее выражение:

$$I_1(s) = \sqrt{I_0^2 + I'_2(\omega)^2 + 2 \cdot I_0 \cdot I'_2(\omega) \cdot \sin \varphi_{2H}} =$$

$$= \sqrt{10,915^2 + I'_2(\omega)^2 + 2 \cdot 10,915 \cdot I'_2(\omega) \cdot \sin \varphi_{2H}}$$

$$I_2(s) = \frac{X_k}{\sqrt{\left(R_1 + \frac{R'_2}{s}\right)^2 + X_k^2}} = \frac{0,944}{\sqrt{\left(0,138 + \frac{0,135}{s}\right)^2 + 0,944^2}}$$

Электромеханические характеристики двигателя приведены на рисунке
18.

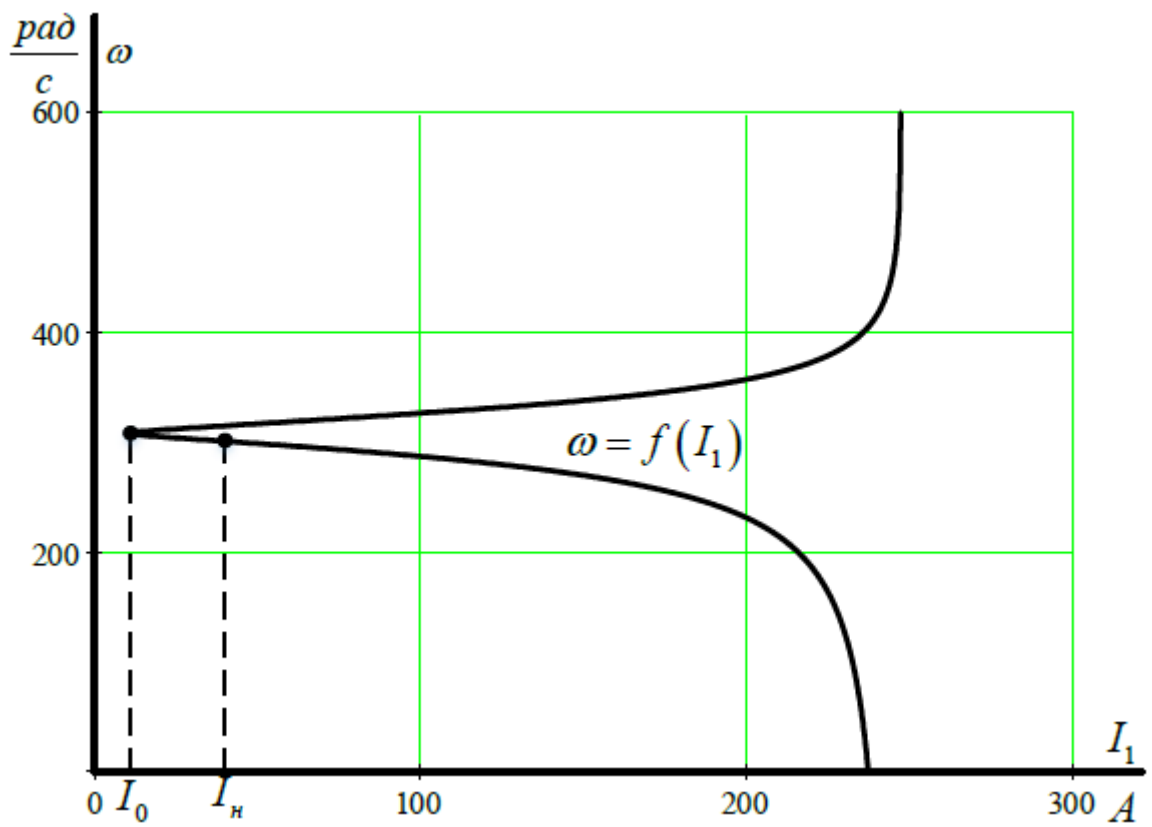


Рисунок 18 – График естественной электромеханической характеристики

$I_1 = f(s)$ асинхронного двигателя

4 Система автоматического управления электропривода

Структурная схема частотного - регулируемого электропривода насоса в системе поддержания давления воды со скалярной ИР-компенсацией представлена на рис.19.

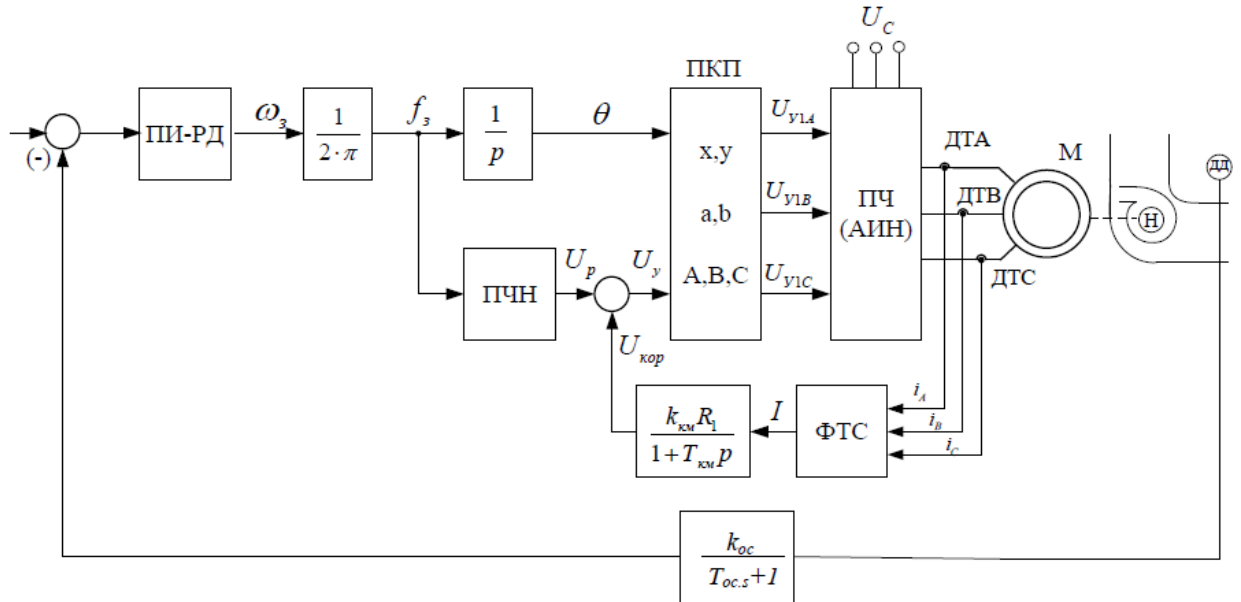


Рисунок 19 – Структурная схема частотного – регулируемого электропривода насоса в системе поддержания давления воды со скалярной ИР-компенсацией

Для начала рассмотрим контур давления (рис.20).

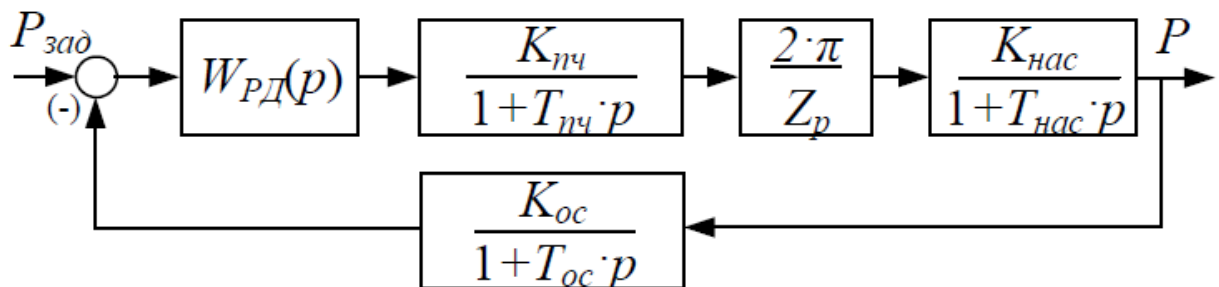


Рисунок 20 - Структурная схема контура давления

На рисунке 20 приняты следующие обозначения:

$W_{р\partial}(p)$ – передаточная функция регулятора давления;

$K_{пч}$ – коэффициент передачи преобразователя частоты;

Принимается $K_{пч} = 1$

T_{nc} – постоянная времени запаздывания автономного инвертора напряжения;

$$\text{где } T_{nc} = \frac{1}{5000} = 0,0002c$$

$K_{нас}$ – коэффициент передачи насоса;

$$K_{нас} = \frac{p}{\omega_n} = \frac{4,839}{306,83} = 0,0158$$

где $p=4,839$ атм. – номинальное при ω_n

$T_{нас}$ – постоянная времени запаздывания насоса;

Принимается $T_{об} = 0,1c$

$K_{ос}$ – коэффициент передачи обратной связи;

Принимается $K_{ос} = 1$

$T_{ос}$ – постоянная времени запаздывания обратной связи;

Принимается $T_{ос} = 0,1c$.

Разомкнутый контур давления (рис.21) с ПИ регулятором (рис.22), настроенный на модульный оптимум, должен иметь следующую передаточную функцию:

$$W_{TO}(p) = \frac{1}{2 \cdot T_{\mu} p (T_{\mu} p + 1)}$$

где T_{μ} – малая постоянная времени контура давления.

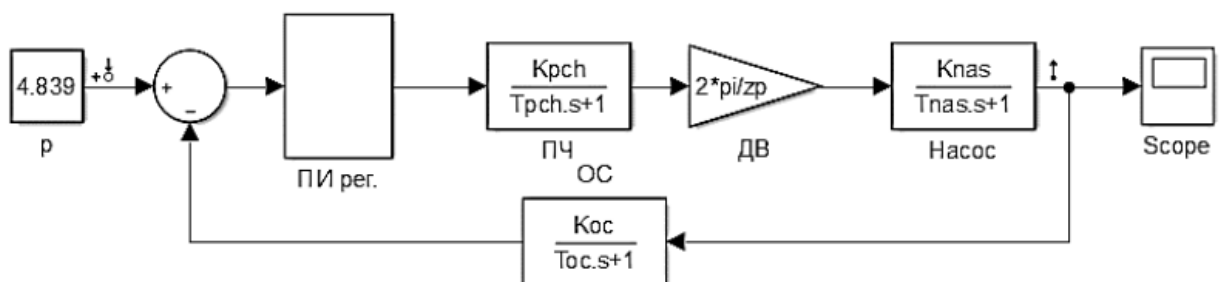


Рисунок 21 – Имитационная модель контура давления в программной среде MatLab Simulink

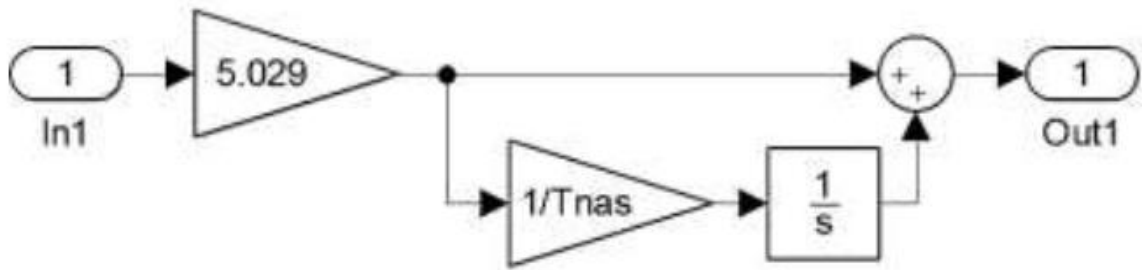


Рисунок 22 – Имитационная модель ПИ-регулятора

Передаточная функция разомкнутого контура давления системы определяется следующим образом:

$$W_{РАЗ\ КД}(p) = W_{РД}(p) \cdot \frac{2\pi}{z_p} \cdot \frac{K_{ПЧ}}{1+T_{ПЧ}p} \cdot \frac{K_{нас}}{1+T_{нас}p} \cdot \frac{K_{ос}}{1+T_{ос}p}$$

отсюда получается следующее выражение:

$$W_{РД}(p) = \frac{1}{2 \cdot T_{\mu} p (T_{\mu} p + 1)} \cdot \frac{(1+T_{ПЧ}p) \cdot (1+T_{нас}p) \cdot (1+T_{ос}p)}{K_{ПЧ} \cdot K_{нас} \cdot K_{ос}} \cdot \frac{z_p}{2\pi}$$

При оптимизации, инерционность в канале обратной связи относится к «малым», и за малую некомпенсируемую постоянную времени всего контура принимают:

$$T_{\mu k} = T_{\mu} + T_{ос} = 0,0002 + 0,1 = 0,1002$$

$$T_{об} \gg T_{\mu k}$$

$$T_{ПЧ} = T_{\mu}$$

$$W_{РД}(p) = \frac{1}{2 \cdot T_{\mu k} p (T_{\mu k} p + 1)} \cdot \frac{(T_{\mu k} p + 1) \cdot (1+T_{нас}p)}{K_{ПЧ} \cdot K_{нас} \cdot K_{ос}} \cdot \frac{z_p}{2\pi}$$

$$W_{РД}(p) = \frac{1}{2 \cdot T_{\mu k} p} \cdot \frac{(1+T_{нас}p)}{K_{ПЧ} \cdot K_{нас} \cdot K_{ос}} \cdot \frac{z_p}{2\pi}$$

$$W_{РД} = \frac{T_{нас} \cdot z_p}{2 \cdot T_{\mu k} \cdot K_{ПЧ} \cdot K_{нас} \cdot K_{ос} \cdot 2\pi} \cdot \frac{(1+T_{нас}p)}{T_{нас}p} =$$

$$= \frac{0,1 \cdot 1}{2 \cdot 0,1002 \cdot 0,0158 \cdot 1 \cdot 2 \cdot 3,14} \cdot \frac{(0,1p + 1)}{0,1p} = 5,029 \cdot \frac{(0,1p + 1)}{0,1p}$$

Анализируя полученную передаточную функцию регулятора, видно, что в дальнейшем моделировании требуется использовать ПИ-регулятор.

С помощью инструмента Linear Analysis программной среде MatLAB Simulink, получен переходный процесс контура давления и его показатели качества, которые представлены на рис.23.

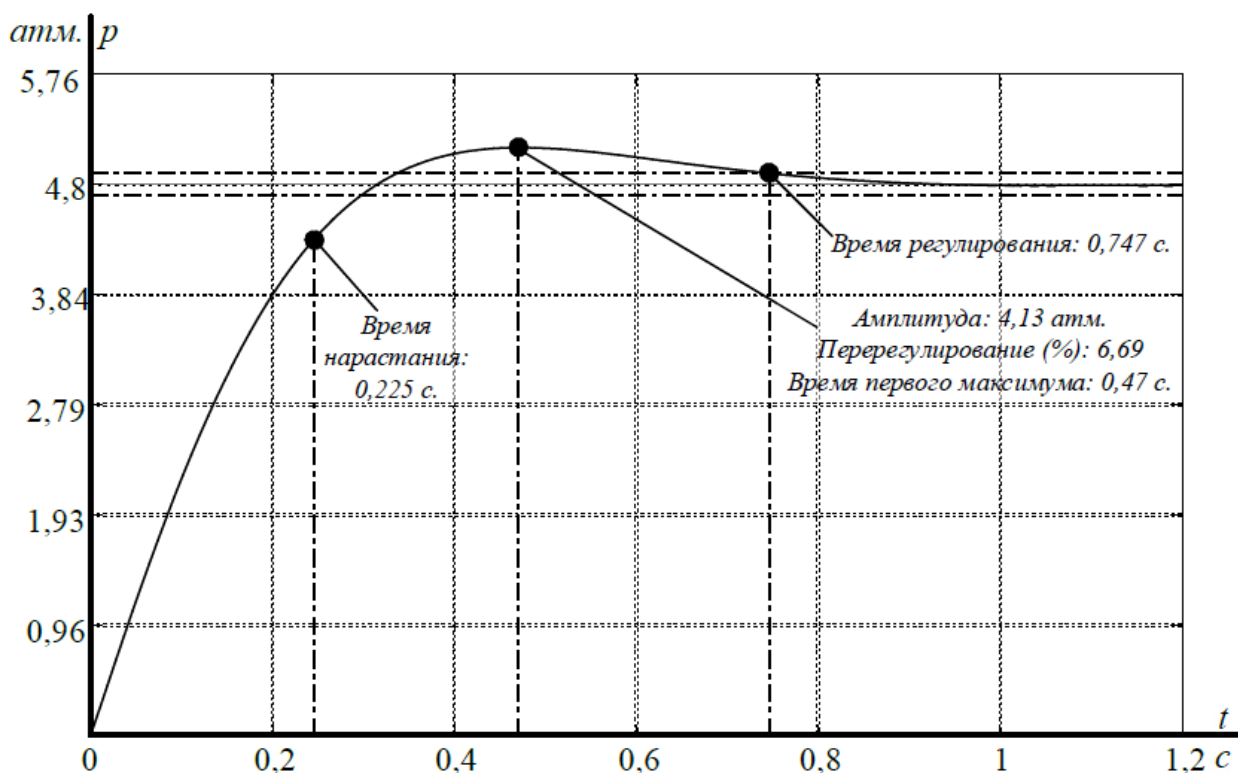


Рисунок 23 – Переходные процессы контура давления

В таблице 7 приведены показатели качества работы контура давления.

Таблица 7 - Показатели качества работы контура давления

| $t_{PY1}^{(5)}, c$ | $t_{PY2}^{(5)}, c$ | $\sigma, \%$ | $\Delta P_{уст}, A$ |
|--------------------------|--------------------|--------------|---------------------|
| Ожидаемые показатели | | | |
| 0,41082 | 0,41082 | 4,3% | 0 |
| Результаты моделирования | | | |
| 0,747 | 0,747 | 6,69 | 0 |

$$t_{PY1}^{(5)} = t_{PY2}^{(5)} = 4,1 \cdot (0,0002 + 0,1) = 0,41082$$

В результате моделирования можно сделать вывод, что контур давления настроен верно.

На рисунке 24 изображена имитационная модель асинхронного частотно-регулируемого электропривода насоса.

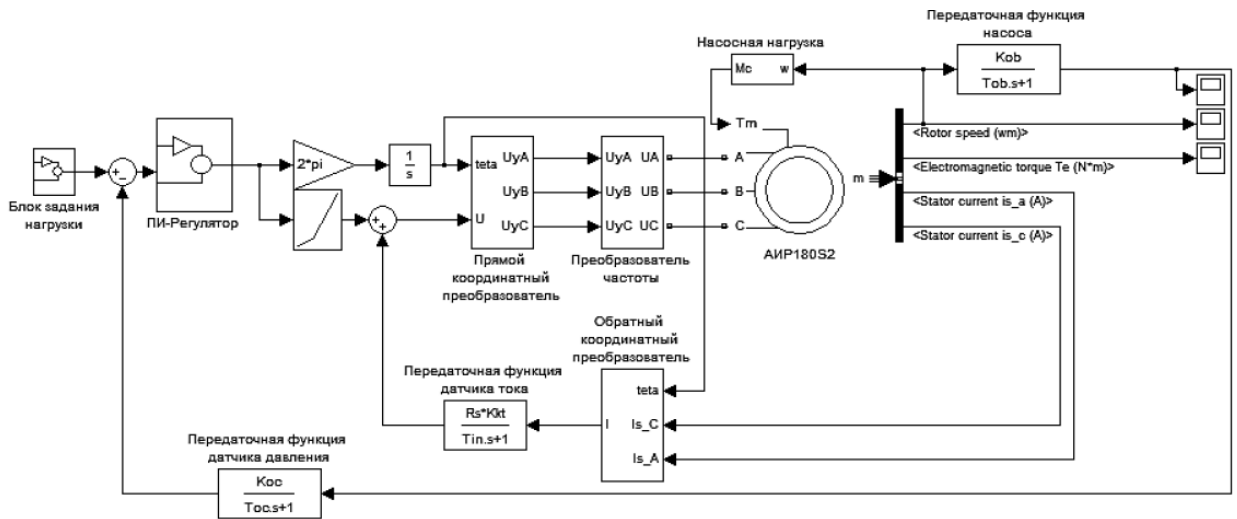


Рисунок 24 – Имитационная модель асинхронного частотно-регулируемого электропривод насоса в программной среде MatLab

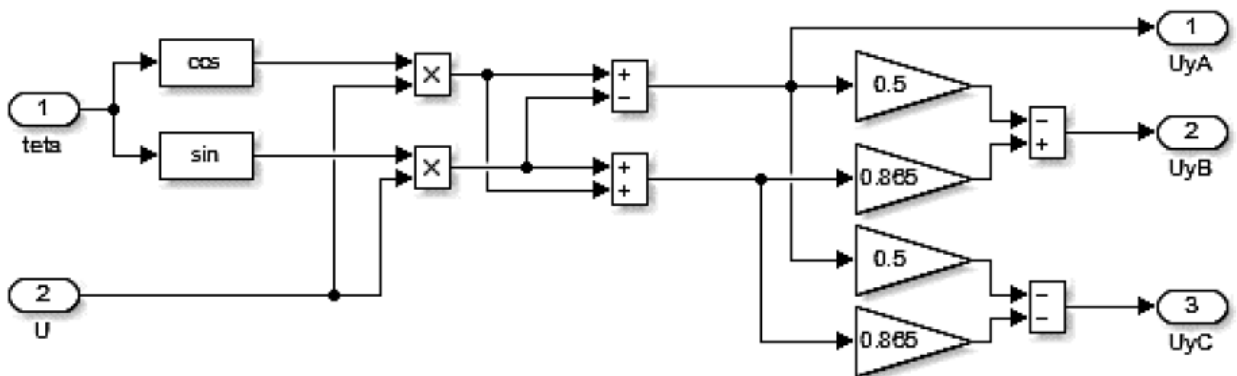


Рисунок 25 – Имитационная модель прямого координатного преобразователя

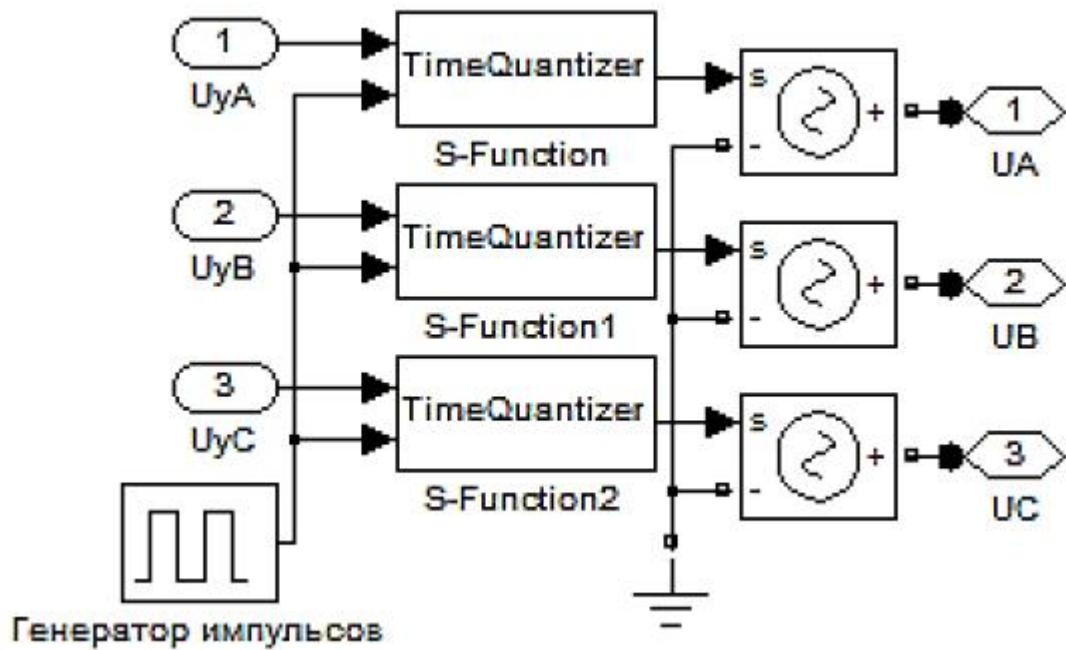


Рисунок 26 – Имитационная модель преобразователя частоты

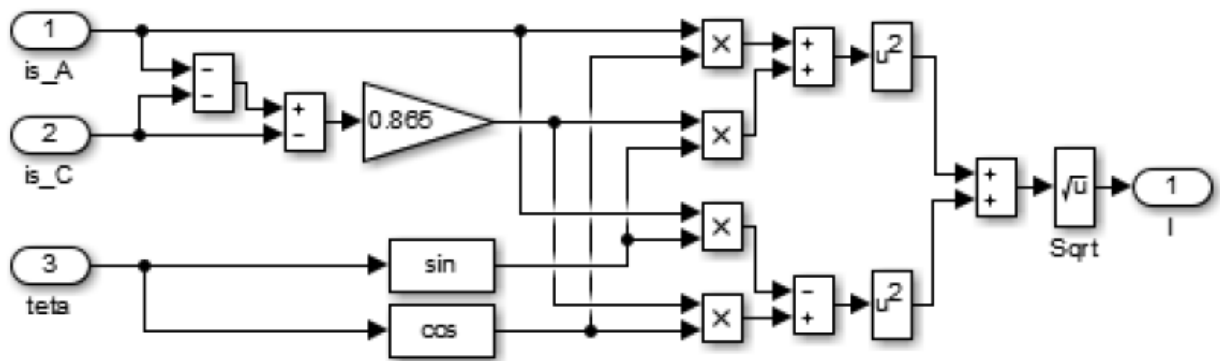


Рисунок 27 – Имитационная модель обратного координатного преобразователя

Результаты моделирования системы при приведены на рисунках 28-30

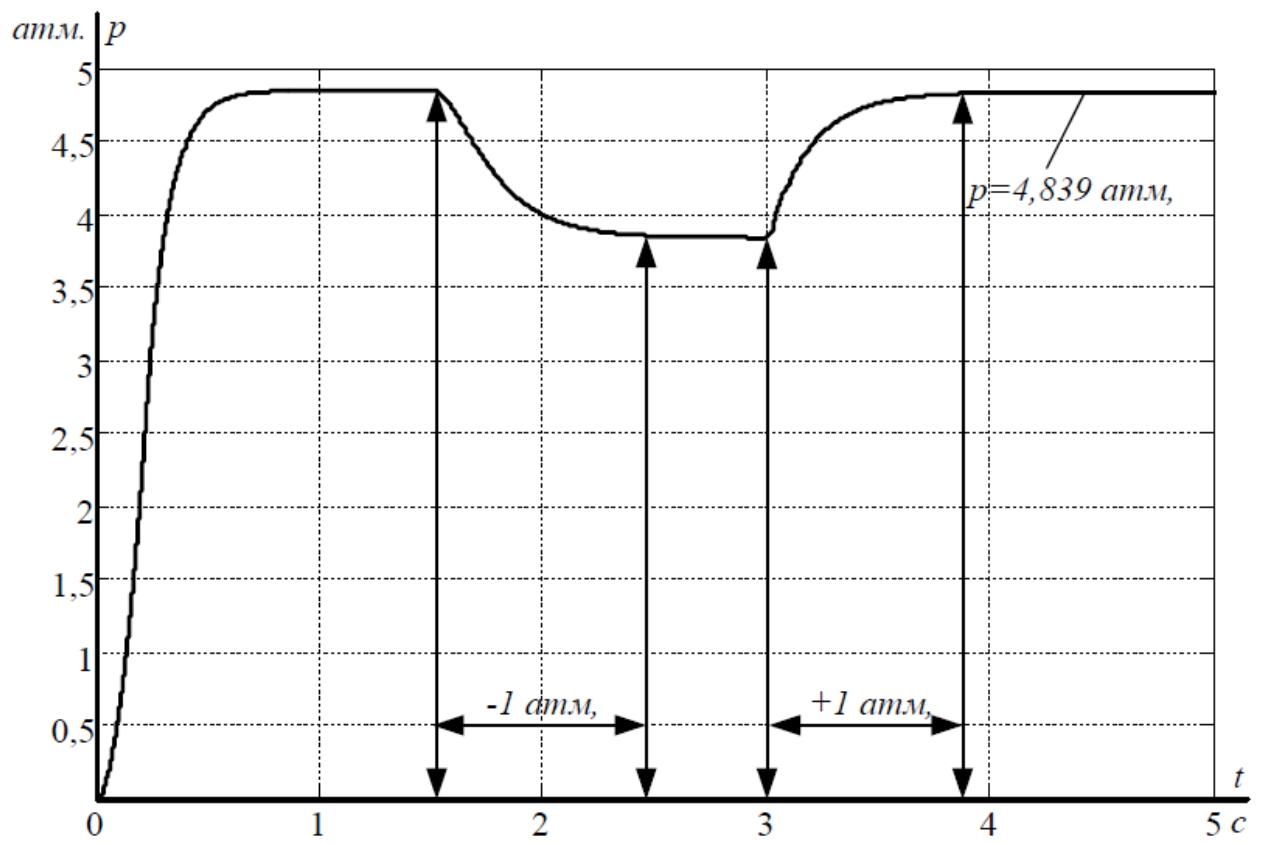


Рисунок 28 – Переходная характеристика давления насоса, при пуске и изменении давления на ± 1 атм.

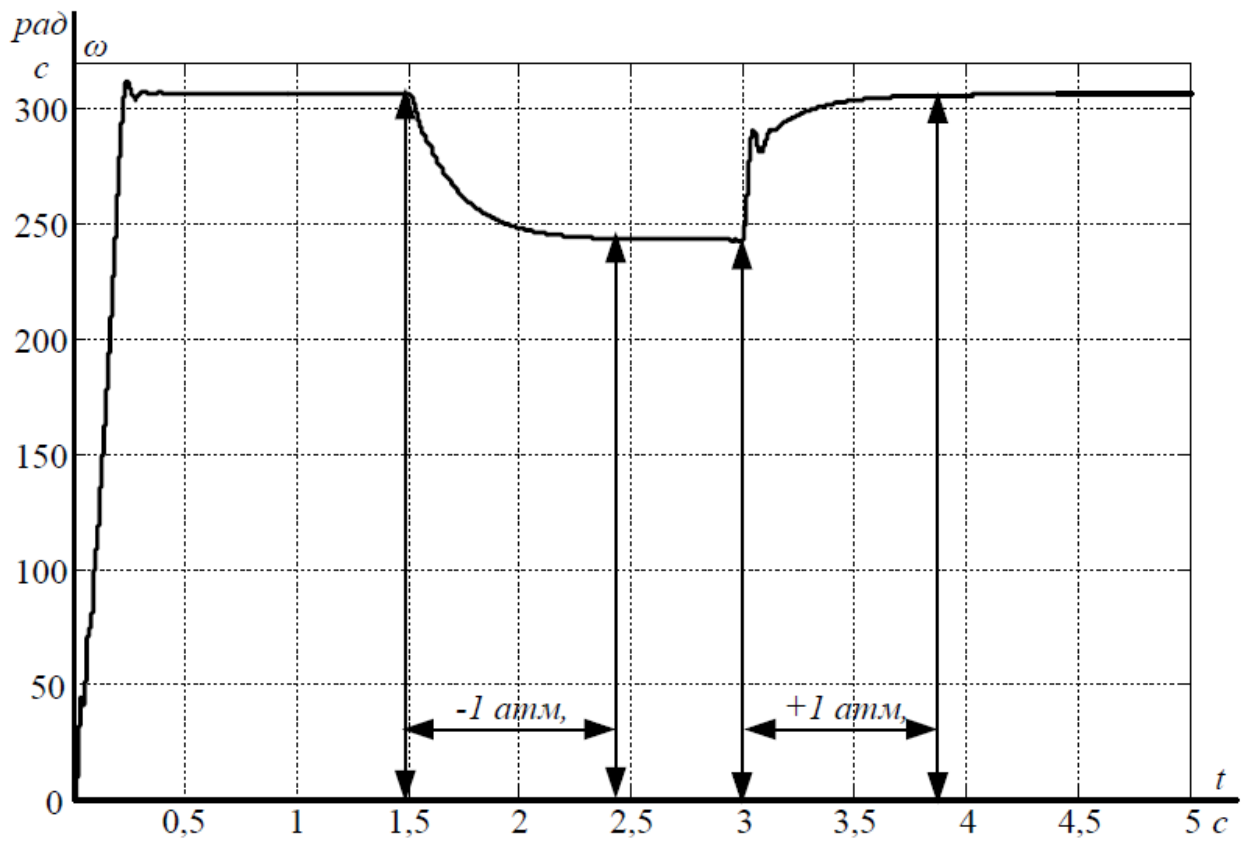


Рисунок 29 – Переходная характеристика скорости двигателя, при пуске и изменении давления на ± 1 атм.

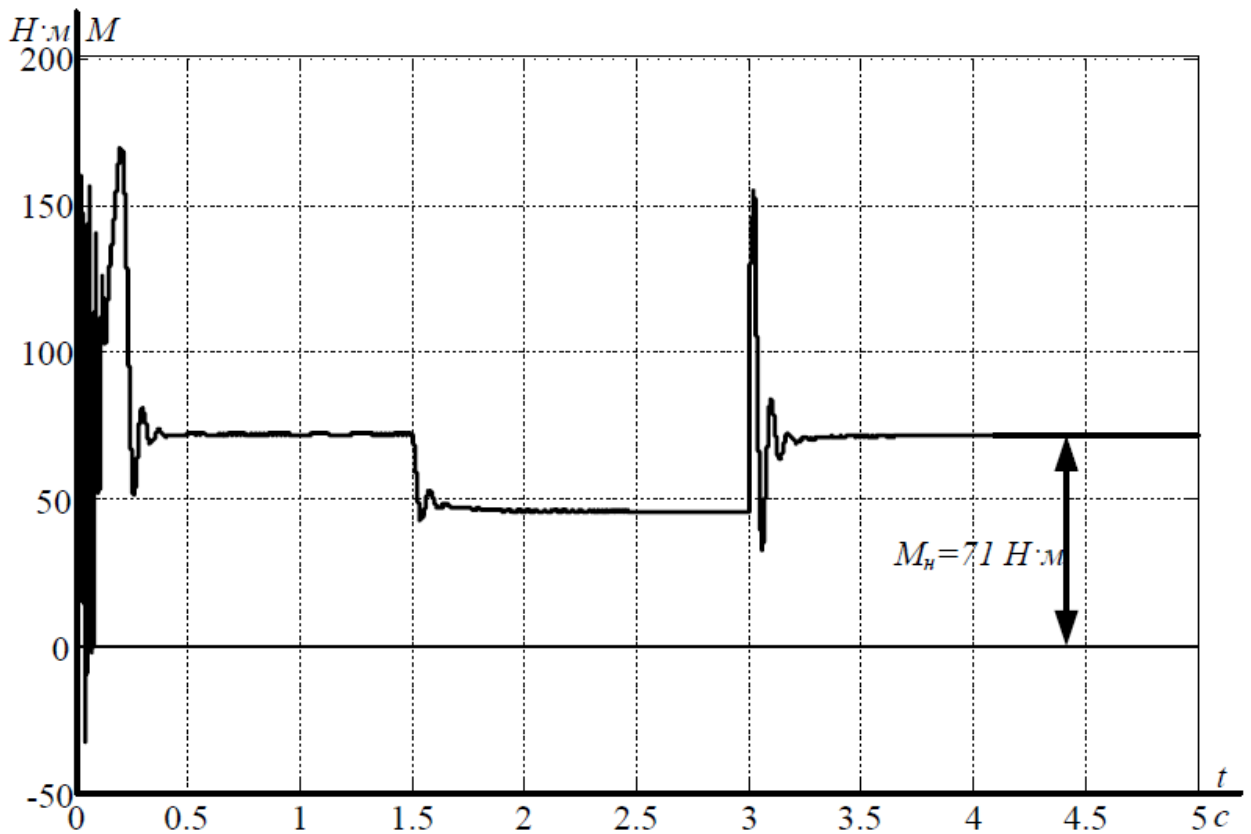


Рисунок 30 – Переходная характеристика электромагнитного момента двигателя, при пуске и изменении давления на ± 1 атм.

В результате проведенных исследований можно сделать вывод о том, что система асинхронный двигатель –насос работает адекватно и реагирует на различные изменения давления.

Обладает астатизмом и достаточно быстро реагирует на изменение давления в контуре.

5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

В настоящее время перспективность любой технической разработки в основном определяется ее коммерческой ценностью. Оценка коммерческого потенциала разработки необходима при поиске источников финансирования для проведения технического исследования и коммерциализации его результатов.

Целью данного раздела является расчет экономических показателей проекта по моделированию автоматизированного насосного агрегата системы водоснабжения.

Чтобы достичь поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- оценить коммерческий потенциал и перспективность проведения научных исследований;
- произвести планирование научно-исследовательских работ;
- определить бюджет научного проекта.
- выявить эффективность исследования.

5.1 Технология QuaD

QUality ADvisor – технология предназначена для точного измерения характеристик, которые описывают качество новой разработки и ее перспективность на рынке, используя эту технологию каждому показателю дается оценка экспертным методом по стобалльной шкале. Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений по технологии QuaD представлена в таблице 8.

Таблица 8 – Оценочная карта QuaD

| Критерии оценки | Вес критерия | Баллы | Максимальный балл | Относительное значение (3/4) | Средневзвешенное значение (5x2) |
|--------------------------------------------------------------|--------------|-------|-------------------|---------------------------------|------------------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| Показатели оценки качества разработки | | | | | |
| 1. Энергоэкономичность | 0,12 | 80 | 100 | 0,8 | 9,6 |
| 2. Ремонтопригодность | 0,05 | 85 | 100 | 0,85 | 8,25 |
| 3. Уровень шума | 0,13 | 65 | 100 | 0,65 | 5,95 |
| 4. Надежность | 0,08 | 87 | 100 | 0,87 | 6,96 |
| Показатели оценки коммерческого потенциала разработки | | | | | |
| 5. Наличие аналогов | 0,06 | 73 | 100 | 0,73 | 7,38 |
| 6. Цена | 0,07 | 93 | 100 | 0,93 | 6,51 |
| 7. Наличие сертификации разработки | 0,13 | 77 | 100 | 0,77 | 9,31 |
| 8. Финансовая эффективность научной разработки | 0,12 | 90 | 100 | 0,9 | 6,8 |
| 9. Степень производственной готовности | 0,15 | 83 | 100 | 0,83 | 7,15 |
| 10. Новизна | 0,09 | 80 | 100 | 0,8 | 8,8 |
| Итого | 1 | | | | 76,71 |

Оценка качества и перспективности по технологии QuaD определяется по формуле:

$$P_{cp} = \sum B_i \cdot B_i = 0,12 \cdot 80 + 0,06 \cdot 73 + \dots + 0,09 \cdot 80 = 76,71,$$

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

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – средневзвешенное значение i -го показателя.

Значение $P_{\text{ср}}$ получилось равным 76,71. По аналогичной методике рассчитано средневзвешенное значение показателя качества и перспективности для наружного насоса, он составил 71,9, что говорит о том, что разработка центробежного насоса перспективнее. Преимущество перед конкурентами состоит в том, что в основе проекта используется, насос который обладает лучшими показателями: мощности двигателя и напора подачи.

5.2 Планирование научно-исследовательских работ и формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

5.2.1 Структура работ в рамках научно-технического исследования

Для выполнения проектирования формируется рабочая группа, в состав которой входят научный руководитель и инженер. Каждый вид запланированных работ закреплен за соответствующим исполнителем.

Номерам этапов соответствуют следующие виды выполняемых работ, представленные в таблице 9.

Таблица 9 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

| Основные этапы | № раб | Содержание работ | Должность исполнителя |
|------------------------------------------------|-------|---------------------------------------------------------|-----------------------|
| Разработка технического задания | 1 | Составление и утверждение технического задания | Руководитель |
| Выбор направления исследований | 2 | Изучение поставленной задачи и поиск материалов по теме | Инженер |
| | 3 | Выбор моделей и способ анализа | Руководитель |
| | 4 | Календарное планирование работ по теме | Руководитель |
| Теоретические и экспериментальные исследования | 5 | Разработка моделей для исследования | Инженер |
| | 6 | Поиск метода решения | Инженер |
| | 7 | Реализация моделей | Инженер |
| Обобщение и оценка результатов | 8 | Анализ полученных результатов, выводы | Инженер |
| | 9 | Оценка эффективности полученных результатов | Руководитель |
| Оформление и оценка отчета | 10 | Составление пояснительной записки | Инженер |

5.2.2. Определение трудоемкости выполнения работ

Стоимость проектирования определяется, помимо всего прочего, трудовыми затратами. Для этого определяется трудоемкость каждого исполнителя, которая оценивается вероятностно, в связи с различными факторами процесса.

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

где $t_{\text{ож}i}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы чел.-дней;

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

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

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_{pi} :

$$T_{pi} = \frac{t_{\text{ож}i}}{Ч_i},$$

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

$t_{\text{ож}i}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дней.

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

Данный расчет необходим для обоснования расчета заработной платы. Данные по продолжительности работы приведены в таблице 3.

5.2.3. Разработка графика проведения научно-технического исследования

Диаграмма Ганта представляет собой горизонтальные отрезки, размещенные на шкале времени, каждый отрезок соответствует определенной задаче и характеризуется датами начала и окончания выполнения данных работ.

Для удобства построения графика, продолжительность каждого из этапов работ из рабочих дней необходимо перевести в календарные дни, для этого необходимо воспользоваться формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}},$$

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 формуле:

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

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 отражаем в таблице (таблица 10).

Таблица 10 – Временные показатели проведения научно-технического исследования

| № работы | Исполнители | Продолжительность работ | | | | |
|---------------|--------------|-----------------------------|-----------------------------|----------------------------|--------------------------|--------------------------|
| | | t_{min} , чел.-дн. | t_{max} , чел.-дн. | $t_{\text{ож}}$, чел.-дн. | $T_{\text{р}}$, раб.дн. | $T_{\text{к}}$, кал.дн. |
| 1 | Руководитель | 1 | 3 | 1,8 | 1,8 | 2 |
| 2 | Инженер | 9 | 18 | 12,6 | 12,6 | 19 |
| 3 | Руководитель | 2 | 3 | 2,4 | 2,4 | 3 |
| 4 | Руководитель | 2 | 4 | 2,8 | 2,8 | 3 |
| 5 | Инженер | 14 | 29 | 20 | 20 | 30 |
| 6 | Инженер | 6 | 23 | 12,8 | 12,8 | 19 |
| 7 | Инженер | 6 | 15 | 9,6 | 9,6 | 14 |
| 8 | Инженер | 1 | 4 | 2,2 | 2,2 | 3 |
| 9 | Руководитель | 3 | 6 | 4,2 | 4,2 | 5 |
| 10 | Инженер | 5 | 10 | 7 | 7 | 10 |
| Итого: | | | | | | 109 |

Пример расчета (составление и утверждение технического задания) для руководителя:

$$t_{\text{ожі}} = \frac{3 \cdot t_{\text{min } i} + 2 \cdot t_{\text{max } i}}{5} = \frac{3 \cdot 1 + 2 \cdot 3}{5} = 1,8,$$

$$T_{\text{рi}} = \frac{t_{\text{ожі}}}{\text{Ч}_i} = \frac{1,8}{1} = 1,8 \text{ дня.}$$

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{365}{365 - 66} = 1,22;$$

$$T_{\text{к}} = T_{\text{р}} \cdot k_{\text{кал}} = 1,8 \cdot 1,22 = 2,196 \approx 2 \text{ дня.}$$

Пример расчета для инженера:

$$t_{\text{ожі}} = \frac{3 \cdot t_{\text{min } i} + 2 \cdot t_{\text{max } i}}{5} = \frac{3 \cdot 9 + 2 \cdot 18}{5} = 12,6,$$

$$T_{\text{рi}} = \frac{t_{\text{ожі}}}{\text{Ч}_i} = \frac{12,6}{1} = 12,6 \text{ дней.}$$

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{365}{365 - 118} = 1,48;$$

$$T_{\text{к}} = T_{\text{р}} \cdot k_{\text{кал}} = 12,6 \cdot 1,48 = 26,936 \approx 18,6 \text{ дней.}$$

На основе таблицы 10 строим календарный план-график (таблица 11).

Таблица 11 – Календарный план-график проведения НТИ

| Этапы | Виды работ | Исполнители | Т _к | Февраль | | | | Март | | | | Апрель | | | | Май | | | | |
|-------|---------------------------------------------------------|--------------|----------------|---------|---|---|---|------|---|---|---|--------|---|---|---|-----|---|---|---|---|
| | | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| 1 | Составление и утверждение задания ВКР | Руководитель | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | Изучение поставленной задачи и поиск материалов по теме | Инженер | 19 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| 3 | Выбор моделей и способов анализа | Руководитель | 3 | | | ■ | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | Календарное планирование работ | Руководитель | 3 | | | ■ | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | Разработка моделей для исследования | Инженер | 30 | | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| 6 | Поиск методов решения | Инженер | 19 | | | | | | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| 7 | Реализация моделей | Инженер | 14 | | | | | | | | | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| 8 | Анализ полученных результатов, выводы | Инженер | 3 | | | | | | | | | | | | | | | ■ | ■ | ■ |
| 9 | Оценка эффективности полученных результатов | Руководитель | 5 | | | | | | | | | | | | | | | | ■ | ■ |
| 10 | Оформление отчета | Инженер | 10 | | | | | | | | | | | | | | | | | ■ |

5.3. Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

Данный раздел представляет собой полный расчет затрат на научно-техническое исследование:

Бюджет затрат включает в себя следующие статьи:

- материальные затраты;
- амортизационные расходы;
- заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды;
- накладные расходы.

5.3.1. Расчет материальных затрат

Материальные затраты состоят из затрат на вспомогательные устройства, канцелярские товары, носители информации и т.п.

Все материальные затраты сведены в таблице 12.

Таблица 12 – Материальные затраты

| Наименование | Количество | Цена за ед., руб. | Затраты на материалы, (З _м), руб. |
|--------------|------------|-------------------|-----------------------------------------------|
| Бумага | 1 | 255 | 255 |
| Калькулятор | 1 | 730 | 730 |
| Папка | 1 | 45 | 45 |
| Ручка | 3 | 25 | 75 |
| Итого | | | 1105 |

5.3.2. Амортизация

При расчете бюджета требуется учесть амортизацию персонального компьютера.

Персональный компьютер относится ко II амортизационной группе, следовательно, срок полезного использования свыше 2 лет до 3 лет включительно. Тогда амортизация компьютера равна:

$$N_A = \frac{1}{n} \cdot 100 \% = \frac{1}{3} \cdot 100 \% = 33,33 \% ;$$

$$A = 50000 \cdot \frac{N_A}{100} \cdot \frac{T_{\text{кал.дн}}}{365} = 50000 \cdot \frac{33,33}{100} \cdot \frac{95}{365} = 4333,57 \text{ руб,}$$

где N_A – годовая норма амортизации по компьютеру, %;

n – срок полезного использования компьютера в бухгалтерском учёте;

$T_{\text{раб.дн}}$ – количество дней использования компьютера.

5.3.3. Заработная плата исполнителей темы

Заработная плата складывается из основной и дополнительной составляющих:

$$Z_n = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}} ,$$

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

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

Расходы по заработной плате зависят от действующей системы окладов, трудоемкости выполняемых работ и тарифных ставок.

Основная заработная плата зависит от среднедневной заработной платы и продолжительностью работ сотрудника:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_p ;$$

где $Z_{\text{дн}}$ – заработная плата среднедневная;

T_p – суммарная продолжительность работ научно-технического сотрудника.

Дополнительная заработная плата составляет долю от основной и рассчитывается как:

$$Z_{\text{доп}} = 0,15 \cdot Z_{\text{осн}} .$$

Заработная плата среднедневная рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_M \cdot M}{F_D} ;$$

где Z_M – месячный оклад сотрудника;

M – длительность работы в месяцах без учета отпуска;

F_D – действительный годовой фонд персонала (без учета больничных, праздничных, выходных дней).

Зарботная плата работника рассчитывается по формуле:

$$Z_M = Z_{TC} \cdot (1 + k_{пр} + k_D) \cdot k_p,$$

где Z_{TC} – зарботная плата по тарифной ставке;

$k_{пр}$ – премиальный коэффициент,

k_D – коэффициент доплат и надбавок,

k_p – районный коэффициент.

Исходы из выше представленных формул определяется зарботная плата руководителя научно-технического исследования:

$$Z_M = 26300 \cdot (1 + 0,3 + 0,33) \cdot 1,3 = 55729,7 \text{ руб.};$$

$$Z_{дн} = \frac{55729 \cdot 10,4}{365 - 122} = 2385,14 \text{ руб.};$$

$$Z_{осн} = 2385,14 \cdot 11,2 = 26713,57 \text{ руб.};$$

$$Z_{п} = 26713,57 + 0,15 \cdot 26713,57 = 30720,6 \text{ руб.}$$

По тому же принципу рассчитывается зарботная плата инженера:

$$Z_M = 17000 \cdot (1 + 0,3 + 0,33) \cdot 1,3 = 36023 \text{ руб.};$$

$$Z_{дн} = \frac{36023 \cdot 11,2}{365 - 146} = 1842,28 \text{ руб.};$$

$$Z_{осн} = 1842,28 \cdot 64,2 = 118274,4 \text{ руб.};$$

$$Z_{п} = 118274,4 + 118274,4 = 136015,5 \text{ руб.}$$

5.3.4. Отчисления во внебюджетные фонды

Отчисления во внебюджетные фонды складываются из отчислений на обязательное пенсионное страхование, обязательное социальное страхование, а также обязательное медицинское страхование

Отчисления во внебюджетные фонды определяются как:

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

где $k_{внеб}$ – коэффициент, учитывающий отчисления во внебюджетные фонды (0,3).

Следовательно, отчисления во внебюджетные фонды равны:

$$Z_{\text{внеб1}} = 0,3 \cdot 30720,6 = 9216,18 \text{руб.};$$

$$Z_{\text{внеб2}} = 0,3 \cdot 136015,5 = 40804,66 \text{руб.}$$

5.3.5. Накладные расходы

Накладные расходы состоят из затрат организации, не учтенных в предыдущих статьях: расход электроэнергии, оплата мобильных услуг, оплата интернета, услуги печати, сканирования и т.п.

Определение величины накладных расходов:

$$Z_{\text{накл}} = Z \cdot k_{\text{нр}} = (A + Z_M + Z_{\text{осн}} + Z_{\text{дон}} + Z_{\text{внеб}}) \cdot 0,16;$$

$$Z_{\text{накл}} = 312843,2 \cdot 0,16 = 50054,92 \text{руб.}$$

где $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, позволяющий определить накладных расходы (16%)

Формирование бюджета затрат на научно-техническое исследование приведено в таблице 5.

Таблица 13 – Бюджет затрат НТИ

| Наименование статьи | Сумма, руб. | Доля, % |
|-----------------------------------------------------------------|-------------|---------|
| 1. Материальные затраты | 1105 | 0,43 |
| 2. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы | 144987,9 | 56,25 |
| 3. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы | 21748,19 | 8,44 |
| 4. Отчисления во внебюджетные фонды | 50020,84 | 19,41 |
| 5. Амортизация | 4333,57 | 1,68 |
| 6. Накладные расходы | 35551,28 | 13,79 |
| 7. Бюджет затрат НТИ | 257746,8 | 100,00 |

Исходя из представленной выше формы бюджета НТИ, видно, что сумма затрат на выполнение научно-технического исследования составляет 257746,8руб. Заметим, что основная заработная плата составляет более половины (56,25%) всех затрат основной части бюджета.

5.3.6. Определение эффективности НИИ

В результате выполнения данного раздела выпускной квалификационной работы, можно сделать следующие выводы:

- при планировании научно-технического исследования был составлен календарный план-график. Данный план позволяет оптимально спланировать время работы исполнителей проекта (руководителя и инженера). Длительность работ в календарных днях руководителя составляет 13 дней, а инженера 95 дня.

- составление бюджета технического проекта позволило оценить первоначальную сумму затрат на реализацию научно-технического исследования, которая составила 257746,8 руб.

В результате выполнения данного научно-технического исследования было проведено моделирование автоматизированного насосного агрегата системы водоснабжения, который в дальнейшем можно использовать в жилых домах.

6 Социальная ответственность

Целью данного раздела является оценка условий труда, анализ вредных и опасных факторов, разработка мер защиты от них, рассмотрение вопросов производственной санитарии, техники безопасности, пожарной профилактики, охраны окружающей среды, защиты в ЧС при работе электротехнического (электроэнергетического) персонала, для насосных станций по системе «преобразователь частоты – асинхронный двигатель».

Система «ПЧ-АД» для насосных станций находит своё применение в водоснабжении жилых многоквартирных домов, частных домов, предприятий. Соответственно пользователями данной системы являются предприятия (организации) обеспечивающие водоснабжение, либо частные лица.

Рассмотрение данных вопросов отвечает требованиям международного стандарта ICCSR-26000:2011 к деятельности организаций в области социальной ответственности по тем разделам его модулей, по которым должны быть приняты указанные проектные решения.

6.1. Анализ вредных факторов, которые может создать объект исследования

В процессе трудовой деятельности электротехнический персонал, обслуживающий проектируемую систему электроснабжения цеха и находящейся на своем рабочем месте (ремонтно-механический цех, понизительная подстанция) подвержен влиянию опасных (вызывающие травмы) и вредных (вызывающие заболевания) производственных факторов.

К опасным относятся следующие факторы технологического процесса:

- Возможность поражение человека вращающимися частями электрооборудования (токарно-винторезный станок, универсально-заточный станок);
- Возможность поражения электричеством (работа со сварочным аппаратом, случайное прикосновение к токоведущим частям оборудования);
- Возможность загорания (пожара);
- Возможность повышенного уровня шума и вибраций (в местах, где установлено технологическое оборудование);
- Возможность недостаточной освещенности рабочей зоны, отклонения от нормативов метеоусловий, уровня электромагнитного поля.

6.1.1. Защита от шума и вибрации

Шум — один из наиболее распространенных неблагоприятных факторов производственной среды. Основные производственные процессы, сопровождающиеся шумом, — это работа насосов, вентиляторов и др.. Говоря о действии шума на организм, следует иметь в виду, что он оказывает как местное, так и общее воздействие. При этом учащается пульс, дыхание,

повышается артериальное давление, изменяются двигательная и секреторная функции желудка и других органов. Неблагоприятно отражается шум на нервной системе, вызывая головные боли, бессонницу, ослабление внимания, замедление психических реакций, что в конечном счете приводит к понижению работоспособности.

Для защиты от шума по СанПиН 2.2.4/2.1.8.562 – 96 и вибрации по СанПиН 2.2.4/2.1.8.566 – 96 предусматриваются:

- обеспечение персонала индивидуальными средствами защиты по ГОСТ 12.4.011 – 89;
- установка звукоизолирующих кабин;
- звукоизолирующие кожухи и экраны;
- виброизолирующие материалы под оборудование (пружины, резины и другие прокладочные материалы).

Таблица 14 – Предельно допустимые уровни шума

| Рабочее место | Уровни звукового давления, дБ | | | | | | | | | По шкале |
|------------------|-------------------------------|----|-----|-----|-----|------|------|------|------|----------|
| | 31,5 | 63 | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 | |
| Насосная станция | 107 | 95 | 87 | 82 | 78 | 75 | 73 | 71 | 69 | 80 |
| Щит управления | 96 | 83 | 74 | 68 | 63 | 60 | 57 | 55 | 54 | 65 |

6.1.2. Индивидуальные средства защиты от вибрации

Платформы – основные средства индивидуальной защиты от вибрации, используемые при работе в положении стоя. Они представляют собой опорные плиты с накладными, встроенными или комбинированными виброизоляторами, которые могут быть резиновыми, пружинными или пневмобаллонными.

Для операторов, выполняющих работу сидя, применяются специальные виброзащитные сиденья с упругими и демпфирующими механизмами. Чаще всего их можно встретить на транспортных средствах.

На производственных участках применяются средства индивидуальной защиты от вибрации локального типа – рукоятки и перчатки (чтобы обезопасить руки оператора), обувь и стельки (для защиты ног). От обычных перчаток и ботинок такие СИЗ отличаются наличием упругодемпфирующих элементов, которые закрепляются в ладонных частях рукавиц, обувной подошве и других местах.

6.1.2.1. Индивидуальные средства защиты от шума

Принцип действия средств индивидуально защиты – обезопасить наиболее чувствительный источник воздействия шума на организм человека – ухо. Применение средств индивидуальной защиты позволяет предупредить овреждения не только слуховых органов, но и центральной нервной системы от воздействия сильного раздражения.

Очень эффективны средства индивидуальной защиты, в диапазоне высоких частот.

Средства индивидуальной защиты включают в себя противошумовые вкладыши (уши-беруши), наушники, каски и шлемы, специализированные костюмы.

6.1.3. Повышенная влажность воздуха

При температуре воздуха на рабочих местах двадцать пять градусов по Цельсию и выше максимальные показатели влажности воздуха не должны превышать следующих значений:

- 70% - при температуре воздуха 25°C;
- 65% - при температуре воздуха 26°C;
- 60% - при температуре воздуха 27°C;
- 55% - при температуре воздуха 28°C.

6.1.3.1. Средства защиты от влажности

В промышленных помещениях, в которых нормальные значения показателей микроклимата нельзя установить из-за технологических запросов к производственному процессу или экономически доказанной бессмысленности, условия микроклимата должно анализировать как вредоносные и тяжёлые. В целях профилактики вредного влияния микроклимата обязаны быть применены защитные мероприятия (к примеру, системы местного кондиционирования, воздушное душирование, возмещение плохого воздействия одного показателя микроклимата изменением другого, специальная одежда и другие средства индивидуальной защиты, помещения для отдыха и обогрева, распорядок времени работы, в частности, перерывы в работе, уменьшение рабочего дня, увеличение длительности отпуска, увеличение рабочего стажа и др.).

6.1.3.2. Микроклимат

Помещение насосного цеха характеризуется:

- повышенной влажностью;
- наличием большого количества металлического оборудования;
- скоростью движения воздуха;

– пониженной температурой.

Оптимальные и допустимые нормы микроклимата в рабочей зоне производственных помещений представлены в таблице 15.

Таблица 15 – Оптимальные и допустимые нормы микроклимата

| Сезон года | Категория работ | Температура, °С | | Относительная влажность, % | | Скорость движения воздуха, м/с | |
|---------------------------------------|-----------------|-----------------------|--------------------|----------------------------|--------------------|--------------------------------|--------------------|
| | | По ГОСТ 12.1.005 – 88 | Фильтровальный зал | По ГОСТ 12.1.005 – 88 | Фильтровальный зал | По ГОСТ 12.1.005 – 88 | Фильтровальный зал |
| Холодный | Средней тяжести | 17 – 19 | 15 – 21 | 40 – 60 | 70 – 30 | 0,3 | 0,2 |
| Тёплый со значительным избытком тепла | Средней тяжести | 20 – 22 | 16 – 27 | 40 – 60 | 60 – 30 | 0,2 – 0,5 | 0,5 |

Для обеспечения нормального микроклимата предусматривается, в соответствии с Сан ПиН 2.2.4.548 – 96(1), следующее:

– вентиляция приточно-вытяжная по СНиП 2.04.05 – 91* (28.11.91) установка центробежных вентиляторов. Кратность воздухообмена 1;

– установка систем местных отсосов по СНиП 2.04.05 – 91* для удаления вредных, пожароопасных и взрывоопасных веществ от мест их образования и выделения;

– установка систем воздушного отопления, совмещённых с вентиляцией;

– герметизация технологического оборудования.

Предусмотренные мероприятия обеспечивают параметры микроклимата в соответствии с нормами представленными в таблице 7.

В соответствии с Сан ПиН 2.2.4.548 – 96(1) значения температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха устанавливаются, для рабочей зоны производственных помещений, в зависимости от категории тяжести выполняемой работы, величины явного избытка тепла выделяемого в помещении и периода года.

6.2. Анализ опасных факторов, которые может создать объект исследования

– образования пожароопасных смесей газов, опасность загорания (пожара);

- опасность электропоражения работающего в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека;
- движущихся элементов оборудования;
- отлетающих предметов и частей оборудования;
- падающих предметов и инструментов (при работах в водопроводных и канализационных колодцах, на очистных сооружениях и сетях, в помещениях и др.).

6.2.1. Загорание (пожар)

Пожары – неконтролируемый процесс горения, которые чреват большими материальными издержками, а часто и человеческими жертвами.

Обеспечение пожаробезопасности начинается с определения класса взрывоопасной зоны или класса пожароопасной зоны данного производственного помещения. Согласно классификации производств по пожарной опасности (ППБ-03) рассматриваемая лаборатория относится к классу В (обработка или применение твердых сгораемых веществ и материалов, а также жидкостей с температурой выше 120 градусов): электроизоляция, бумага, мебель. Т.е. технологический процесс в лаборатории исключает взрывоопасную зону, имеющиеся вещества могут только гореть. Лаборатория имеет пожароопасную зону класса П-2а. Минимальная допустимая степень защиты оболочек электрических машин для данной пожароопасной зоны обозначается IP44. Использование данной степени защиты – одно из направлений профилактики, оно должно быть установлено на объектах, где воздействие опасных факторов пожара может привести к травматизму или гибели людей, этого требует «технический регламент о требованиях пожарной безопасности».

Лаборатория оснащена такой системой с дымовыми извещателями. Сигналы извещателей включают систему протоколирования информации, формируют управляющую систему тревоги и систему оповещения о пожаре, для своевременной эвакуации людей. Это другое направление профилактики загораний.

Выбор типа и расчет необходимого числа огнетушителей производится в зависимости от их огнетушащей способности. Из пяти таких классов, лаборатории подходит класс А (пожар твердых веществ) и класс Е (горение электроустановок). Согласно [6] на 800 м² защищаемой площади рекомендуется использовать восемь двухкилограммовых порошковых огнетушителей. Для лаборатории достаточно одного двухкилограммового огнетушителя ОП.

6.2.2. Электробезопасность

Основным документом, регламентирующим воздействие электрического тока в производственных условиях, является ГОСТ 12.1.009-76.

По степени опасности поражения людей электрическим током ремонтно-механический цех относится к помещениям с повышенной опасностью (2

категория), характеризующиеся наличием в них одного из следующих условий, создающих повышенную опасность, а именно возможности одновременного прикосновения человека к имеющим соединение с землей металлоконструкциям зданий, технологическим аппаратам, механизмам и т.п., с одной стороны, и к металлическим корпусам электрооборудования - с другой.

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

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

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

Виды воздействий электрического тока на организм человека:

- Термическое воздействие тока проявляется в ожогах, нагрев кровеносных сосудов, сердца, мозга и других органов, находящихся на пути протекания тока до критической температуры;

- Электролитическое действие тока выражается в разложении крови, что нарушает ее состав и функции;

- Механическое действие тока проявляется в значительном давлении в кровеносных сосудах и мышечных тканях;

- Биологическое действие тока проявляется в раздражении живых тканей, что вызывает реакцию организма – возбуждение, что и обуславливает непроизвольное сокращение мышц.

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

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

6.2.3. Защита от случайного прикосновения

Для исключения возможности случайного прикосновения или опасного приближения к токоведущим частям в цехах завода обеспечивается их недоступность путем ограждения, блокировок или расположения токоведущих частей на недоступную высоту. Ограждения применяются как сплошные, в виде кожухов и крышек, применяемые в электроустановках до 1000 В, так и сетчатые, которые имеют двери, запирающиеся на замок.

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

В электроустановках выше 1000 В – все без исключения токоведущие части (изолированные и неизолированные) должны быть надежно ограждены сетками, закрыты металлическими дверями, заключены в металлические ящики или расположены на недоступной высоте.

Блокировки применяются в электроустановках, в которых часто производятся работы на ограждаемых токоведущих частях и электрических аппаратах. Электрические блокировки осуществляют разрыв цепи специальными контактами, которые устанавливаются на дверях кожухов. Блокировки применяются также для предупреждения ошибочных действий персонала при переключениях [9].

6.2.4. Защитное заземление

Защитное заземление – преднамеренное электрическое соединение с землей или ее эквивалентом металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением вследствие замыкания на корпус и по другим причинам (индуктивное влияние соседних токоведущих частей, вынос потенциала, разряд молнии и т. п.). Основное назначение защитного заземления – устранение опасности поражения персонала электрическим током при появлении напряжения на конструктивных частях электрооборудования.

6.2.5. Зануление

Защитное зануление в электроустановках напряжением до 1 кВ – преднамеренное соединение открытых проводящих частей с глухозаземленной нейтралью генератора или трансформатора в сетях трехфазного тока, с глухозаземленным выводом источника однофазного тока, с заземленной точкой источника в сетях постоянного тока, выполняемое в целях электробезопасности.

Зануление применяется в четырехпроводных сетях напряжением до 1000 В с заземленной нейтралью. При занулении корпуса электрооборудования соединяются не с заземлителями, а с нулевым проводом.

Принцип действия: зануление превращает замыкание на корпус в однофазное короткое замыкание, в результате чего срабатывает максимальная токовая защита и селективно отключает поврежденный участок сети. Кроме того, зануление снижает потенциалы корпусов, появляющиеся в момент замыкания на землю. При замыкании на зануленный корпус ток короткого замыкания проходит через обмотки трансформатора, фазный провод и нулевой провод.

Расчет заземлителей заключается в определении численности заземлителей и длины соединителей исходя из разрешенного сопротивления заземления.

Таблица 16 –. Исходные данные

| Вид заземления | контурное |
|--------------------------------------------------------------|-----------|
| Длина заземлителя l , м | 2,7 |
| Глубина заземлителя в грунте h , м | 0,65 |
| Сезонный коэффициент K_c | 2,0 |
| Удельное сопротивление земли ρ , Ом·м | 70 |
| Диаметр d , мм | 55 |
| Ширина соединительной полоски b , мм | 50 |
| Допустимое сопротивление системы заземления по ПУЭ РЭ.Н., Ом | 4 |

1. В качестве заземляющего устройства выбирается стальная трубка диаметром $d = 55$ мм, а в качестве соединяющего элемента – стальная полоска шириной $b = 50$ мм.

2. Выбирается значение сопротивления грунта близкое по величине к удельному сопротивлению грунта в районе размещения установки или устройства.

3. Определяется величина электрического сопротивления растекания тока в грунт с одного заземлителя

$$R_z = 0,366 \frac{\rho \cdot K_c}{l} \left(\lg \frac{2 \cdot l}{d} + \frac{1}{2} \lg \frac{4t+l}{4t-l} \right) =$$

$$= 0,366 \frac{70 \cdot 2}{2,7} \left(\lg \frac{2 \cdot 2,7}{0,055} + \frac{1}{2} \lg \frac{4 \cdot 2 + 2,7}{4 \cdot 2 - 2,7} \right) = 40,62 \text{ Ом.}$$

где $\rho = 70 \text{ Ом}$ - удельное сопротивление грунта,

$K_c = 2,0$ - коэффициент сезонности,

$l = 2,7 \text{ м}$ - длина заземлителя,

$d = 55 \text{ мм}$ - диаметр заземлителя,

$t = h + 0,5l = 0,65 + 0,5 \cdot 2,7 = 2 \text{ м}$ - длина от поверхности земли до середины заземлителя.

4. Рассчитывается число заземлителей без взаимных помех, получаемых друг от друга, так называемого явления “экранирования”

$$n' = \frac{R_z}{R_{\text{эн}}} = \frac{40,62}{4} = 10,15 \approx 10.$$

5. Рассчитывается число заземлителей с коэффициентом экранирования

$$n = \frac{n'}{\eta_3} = \frac{10}{0,58} = 17,24 \approx 18$$

где $\eta_3 = 0,58$ - коэффициент экранирования (прил., табл.1.).

Принимаем расстояние между заземлителями $a = l = 2,7 \text{ м}$

6. Определяется длину соединительной полосы

$$l_{\Pi} = 1,05 \cdot n \cdot a = 1,05 \cdot 18 \cdot 2,7 = 51,03 \text{ м.}$$

7. Рассчитывается значение сопротивления растекания тока с соединительной полосы

$$R_{\Pi} = 0,366 \frac{\rho \cdot K_c}{l_{\Pi}} \lg \frac{2 \cdot l_{\Pi}^2}{b \cdot h} = 0,366 \frac{70 \cdot 2}{51,09} \lg \frac{2 \cdot 51,03^2}{0,05 \cdot 0,65} = 5,2 \text{ Ом.}$$

8. Рассчитывается полное сопротивление системы заземления

$$R_{\Sigma} = \frac{R_3 \cdot R_n}{R_3 \cdot \eta_n + R_n \cdot \eta_3 \cdot n} = \frac{40,62 \cdot 5,2}{40,62 \cdot 0,51 + 5,2 \cdot 0,58 \cdot 18} = 2,82 \text{ Ом.}$$

где $\eta_n = 0,51$ - коэффициент экранирования полосы

Вывод:

Сопротивление $R_{\Sigma} = 2,82 \text{ Ом}$ меньше допустимого сопротивления, равного 4 Ом. Следовательно, диаметр заземлителя $d = 55 \text{ мм}$ при числе заземлителей $n = 18$ является достаточным для обеспечения защиты при контурной схеме расположения заземлителей.

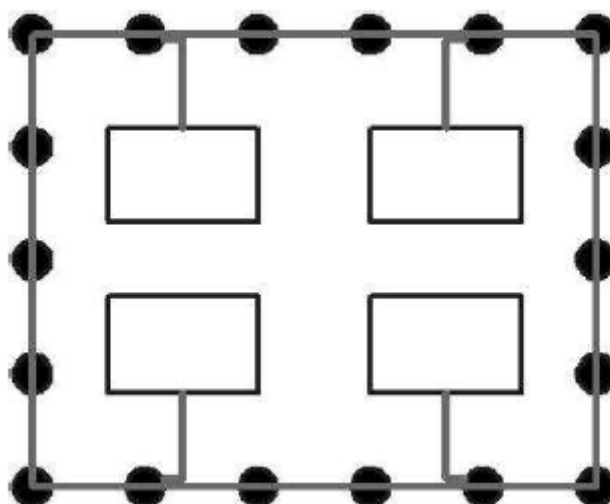


Рисунок 31 – Схема полученного контурного заземления

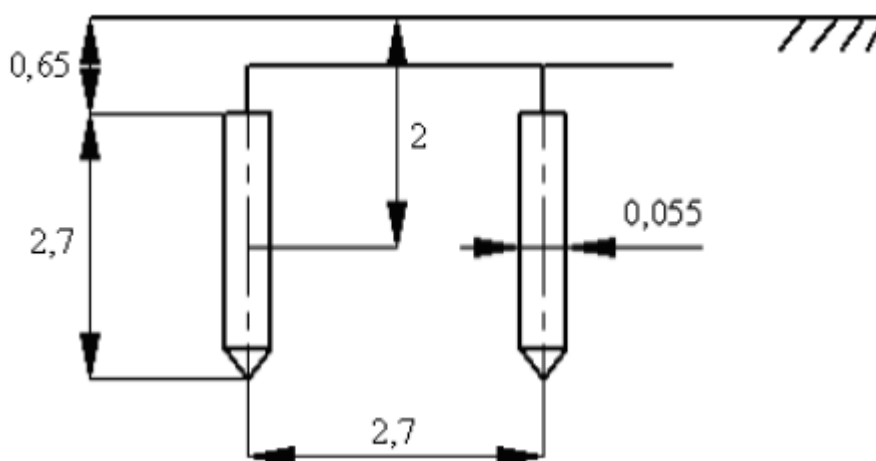


Рисунок 32 – Схема расположения заземлителей

6.3. Защита окружающей среды от воздействия лаборатории

При работе самых разных устройств имеет место загрязнение окружающей среды. Все эти приборы могут оказывать влияние на атмосферу, гидросферу литосферу, выделять тепло и разного рода излучения.

Рассмотрим факторы загрязнения при использовании установок, применяемых при работе в данном проекте:

- тепловое загрязнение;
- твердые отходы;
- жидкие отходы.

6.3.1. Тепловое излучение

В персональных компьютерах нового поколения выбросы тепловой энергии значительно меньше, чем в самых первых ЭВМ, но все же имеют место. Основными источниками теплового загрязнения при работе персональных компьютеров являются:

- кристалл центрального процессора;
- кристаллы микросхем ОЗУ;
- кристаллы контроллеров материнской платы;
- кристалл графического процессора видео карты;
- блок питания;
- винчестер.

Значительное тепловое излучение производит и преобразователь частоты. Для уменьшения тепловых выделений установлены вентиляторы и радиаторы – это относится к мерам производственной санитарии.

6.3.2. Утилизация твердых отходов

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) [34]: 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. Отработанные люминесцентные лампы утилизируются в соответствии с Постановлением Правительства РФ от 03.09.2010 №681. [35] Люминесцентные лампы, применяемые для искусственного освещения, являются ртутьсодержащими и относятся к 1 классу опасности. Ртуть люминесцентных ламп способна к активной воздушной и водной миграции. Интоксикация возможна только в случае разгерметизации колбы, поэтому основным требованием экологической безопасности является сохранность целостности отработанных ртутьсодержащих ламп. Отработанные газоразрядные лампы помещают в защитную упаковку, предотвращающую повреждение стеклянной колбы, и передают специализированной организации для обезвреживания и переработки. В случае боя ртутьсодержащих ламп осколки собирают щеткой или скребком в герметичный металлический контейнер с плотно закрывающейся крышкой, заполненный раствором марганцевокислого калия. Поверхности, загрязненные боем лампы, необходимо обработать раствором марганцевокислого калия и смыть водой. Контейнер и его внутренняя поверхность должны быть изготовлены из неадсорбирующего ртуть материала (винипласта).

Разработанный проект предусматривает применение вычислительных устройств. Данные устройства предусматривают в среднем 7 лет работы, после чего они подвергаются списыванию и утилизации. Утилизация ЭВМ является

обязательным условием, которое прописано в российском законодательстве. Под него попадают как организации, так и физические лица. Необходимость в профессиональной утилизации оргтехники возникает в связи с тем, что внутри

микросхем содержатся драгоценные металлы.

Выброс компьютеров на свалки приводит загрязнению окружающей среды. Поэтому необходимо обратиться к лицензированным компаниям, представляющим услуги по утилизации отходов.

В Томске можно обратиться в компанию РУСУТИЛИТ, занимающуюся утилизацией ЭВМ, которая работает на основании лицензии Федеральной службы по надзору в сфере природопользования 066 № 00329 от 04 февраля 2016 г. на деятельность по сбору, транспортированию, обработке, утилизации, обезвреживанию размещению отходов I-IV классов опасности. [33]

6.3.3. Утилизация жидких отходов

Жидкие отходы - бытовые отходы, образующиеся в процессах влажной уборки помещений, при пользовании водопроводом, туалетом и т.п., сбрасываются в городскую канализацию и далее поступают в системы централизованной очистки на городских очистных сооружениях.

6.3.4. Предотвращение ЧС и устранение их последствий

Наиболее вероятные чрезвычайные ситуации на насосной станции: возникновение пожара и электропоражение.

Основными причинами пожара могут быть: перегрузка проводов, короткое замыкание, большие переходные сопротивления в электрических цепях, электрическая дуга, искрение и неисправности оборудования.

Согласно [1], пожарная профилактика обеспечивается: системой предотвращения пожара; системой противопожарной защиты; организационно - техническими мероприятиями. К мерам предотвращения пожара относятся: применение средств защитного отключения возможных источников загорания (защитного зануления); применение искробезопасного оборудования; применение устройства молниезащиты здания; выполнение правил (инструкций) по пожарной безопасности.

К мерам противопожарной защиты относятся: применение пожарных извещателей; средств коллективной и индивидуальной защиты от факторов пожара; системы автоматической пожарной сигнализации; порошковых или углекислотных огнетушителей, два ящика с песком 0,5 м³.

Организационно-технические мероприятия: наглядная агитация и инструктаж работающих по пожарной безопасности; разработка схемы действий администрации и работающих в случае пожара и организация эвакуации людей; организация внештатной пожарной дружины.

При обнаружении загорания рабочий немедленно сообщает по телефону 01 в пожарную охрану, сообщает руководителю, приступают к эвакуации людей и материальных ценностей. Тушение пожара организуется

первичными средствами с момента обнаружения пожара. Пострадавшим при пожаре обеспечивается скорая медицинская помощь.

Современная система электробезопасности обеспечивает защиту от поражения в двух наиболее вероятных и опасных случаях:

- при прямом прикосновении к токоведущим частям электрооборудования;
- при косвенном прикосновении.

Под косвенным прикосновением понимается прикосновение человека к открытым проводящим частям оборудования, на которых в нормальном режиме (исправном состоянии) электроустановки отсутствует электрический потенциал, но при каких-либо неисправностях, вызвавших нарушение изоляции или ее пробой на корпус, на этих частях возможно появление опасного для жизни человека потенциала.

Для защиты от прямого прикосновения к токоведущим частям, согласно [17] п.412. служат изоляция токоведущих частей, применение ограждений и оболочек, установка барьеров, размещение вне зоны досягаемости, устройства защитного отключения (УЗО).

Для защиты от косвенного прикосновения применяются: защитное заземление и защитное зануление [2].

Даже если при электропоражении работающий внешне сохранил формат нормального самочувствия, он должен быть осмотрен врачом с заключением о состоянии здоровья, т.е. пострадавшему должна быть обеспечена скорая медицинская помощь. Предварительно пострадавший должен быть освобожден от действия электрического тока. Если при этом отключить напряжение быстро невозможно, освобождение от электричества пострадавшего необходимо производить, изолировав себя диэлектрическими перчатками или галошами. При необходимости перерезать провода (каждый в отдельности) инструментом с изолированными ручками. Если есть необходимость (при потере сознания, остановке сердца и т.п.) оказания первой помощи, то до прибытия медработника необходимо начать делать: наружный массаж сердца, искусственное дыхание.

Для предотвращения от поражения электрическим током при прикосновении к корпусам электроустановок, находящихся под напряжением при пробое изоляции или в других случаях, необходимо рассчитать и установить защитное заземление.

Категория Д - это помещения, в которых негорючие вещества находятся. В практически холодном состоянии (насосные оросительные станции; теплицы, кроме отапливаемых газом, цехи по переработке овощей, молока, рыбы, мяса).

Согласно классификации производства по пожарной опасности (ППБ-03) насосная станции относится к категории Д.

6.4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

В соответствии с Трудовым кодексом РФ, в целях обеспечения требований охраны труда осуществляется контроль за их выполнением, в каждой организации численностью более 100 сотрудников создается служба охраны

труда. Либо заключается договор со специалистами. Служба охраны труда подчиняется руководителю предприятия. На должность специалиста по охране труда назначаются имеющие квалификацию инженера по охране труда или прошедшие специальное обучение.

В нашем случае насосная станция включает более 10 человек, поэтому, в соответствии с Трудовым кодексом, на производстве с численностью более десяти человек должны создаваться комитеты по охране труда, в состав которых входят представители работодателя и профсоюзов. Задачами комитета являются: организация по обеспечению выполнения работниками требований по охране труда, контроль за соблюдением охраны труда, информация о состоянии охраны труда. Комитет по охране труда ведет учет и анализ производственного травматизма и профессиональных заболеваний, измерение величин опасных и вредных факторов, оценку травмобезопасности, аттестацию рабочих мест, приемку в эксплуатацию производственных объектов, согласование документации в области охраны труда, участие в расследовании несчастных случаев, обучение по охране труда в соответствии со следующими документами:

- Трудовой кодекс РФ;
- ГОСТ 12.0.003–74 ССБТ;
- ГОСТ 12.1.019-79 ССБТ;
- ГОСТ 12.0.004-90 ССБТ;
- ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ;
- ГОСТ 12.1.045-84 ССБТ;
- СНиП П-12-77;
- СанПиН 1757-77;
- СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03;
- СНиП 2.04. 05-91.

Заключение

В результате выполнения выпускной квалификационной работы был исследован технологический процесс поддержания давления воды, а также приведен обзор насосных станций. На основе исходных данных выполнен выбор системы защит, электродвигателя, насосного агрегата, преобразователя частоты.

Были рассчитаны и построены механические и электромеханические характеристики АД для закона $\frac{U_1}{f_1^2} = const$.

Системы скалярного управления имеют ряд преимуществ перед другими системами: простота, надёжность, требуется минимум информации о двигателе, нет необходимости в использовании датчиков скорости и положения ротора.

Для исследования системы автоматического поддержания давления воды синтезирована имитационная модель асинхронного электропривода насоса с учётом рассчитанных данных. Исследование режимов работы модели и оценка её адекватности выполнены в среде моделирования MatLab. Полученные результаты работы модели в режиме поддержания давления свидетельствуют о корректности настройки технологического ПИ-регулятора.

В заключение хотелось бы отметить, что зачастую лица принимающие решения по модернизации оборудования, изучив стоимость внедрения преобразователей частоты, откладывают решение в долгий ящик, не осознавая долгосрочную выгоду проекта в целом. В действительности, каждое внедрение требует экономической оценки. И, безусловно, большинство компетентных инженеров в состоянии провести соответствующее технико-экономическое исследование. Тем более что рынок преобразователей достаточно насыщен и имеет широкий горизонт цен, в зависимости от функциональности и марки устройства. Применение на практике преобразователей частоты в насосных станциях показало, что:

- экономия электроэнергии, за счет организации работы электропривода в зависимости от реального потребления воды достигает 20-50%;
- снижение расхода воды, за счет снижения утечек, возникающих при повышенном давлении в магистрали, когда водопотребление в действительности невелико (в среднем на 5%);
- уменьшение затрат на плановый и капитальный ремонт сооружений и оборудования (всей инфраструктуры подачи воды), в результате пресечения аварийных ситуаций, вызванных в частности гидравлическим ударом, который нередко происходит в случае использования нерегулируемого электропривода (ресурс службы оборудования повышается минимум в 1,5 раза);

– достижение экономии тепла в системах горячего водоснабжения за счет снижения потерь воды, несущей тепло.

Список использованных источников

1. СН 2.2.4/2.1.8.566-96 «Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий. Санитарные нормы»
2. СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки»
3. СанПиН 2.2.4/2.1.8.582-96 «Гигиенические требования при работах с источниками воздушного и контактного ультразвука промышленного, медицинского и бытового назначения»
4. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. Санитарные правила и нормы СанПиН 2.2.4.548-96
5. Эпштейн И.И. Автоматизированный электропривод переменного тока. – М.: Энергоиздат, 1982.
6. Чернышев А.Ю., Чернышев И.А. Расчёт характеристик электроприводов переменного тока. Ч.1. Асинхронный двигатель: Учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2005. – 136 с.
7. Электронный каталог [Электронный ресурс]: база данных содержит сведения о датчике давления воды URL: <http://www.intechnics.ru>
8. Мощинский Ю. А., Беспалов В. Я., Кирякин А. А. Определение параметров схемы замещения машины по каталожным данным. // Электричество. – 1998. – №4. – С. 38 – 42.
9. Булгаков А. А. Частотное управление асинхронными электродвигателями. – М.: Наука, 1966. – 300 с.
10. Насосы. Вентиляторы. Кондиционеры: Справочник/Е.М. Росляков, Н.В. Коченков, И.В. Золотухин др., Под редакцией Е.М. Росляков – СПб.: Политехника, 2006. – 822с.
11. Семидуберский М.С насосы, компрессоры, вентиляторы. Учебник для техникумов. Изд. 4-е перераб. и доп. М., «Высшая школа», 1974 – 232с.
12. Современное состояние и тенденции в асинхронном частотно-регулируемом электроприводе (краткий аналитический обзор)/ Л.Х. Дацковский, Б.И. Абрамов и др.// Электротехника 1996. - №10. - С. 18-28.
13. Электронный каталог [Электронный ресурс]: база данных содержит сведения о шкафах управления насосами URL: <http://www.aekc.ru/>
14. М.Г. Чиликин, М.М. Соколов, В. М. Терехов, А.В. Шинянский Основы автоматизированного электропривода. Учеб. Пособие для вузов. М., «Энергия», 1974. – 568 с.

15. Онищенко Г.Б., Юньков М.Г. Электропривод турбомеханизмов. М., «Энергия», 1972. – 240 с.
16. В.И. Ключев «Теория электропривода», М: Энергоиздат, 1998.
17. Электронный каталог [Электронный ресурс]: база данных содержит сведения о насосе URL: <http://nasos.info/catalog.php?mode=view&id=6914>
18. Электронный каталог [Электронный ресурс]: база данных содержит сведения о преобразователе частоты URL: <http://www.vesper.ru/catalog/invertors/ei-p7012/spec-7012>
19. Электронный каталог [Электронный ресурс]: база данных содержит сведения о контакторах URL: <http://realenergo.net/product/kontakторы-serii-ci-6-50-prednaznacheny-dlja-raboty-v-diapazone-moshnostej-22-25-kvt/>
20. Электронный каталог [Электронный ресурс]: база данных содержит сведения об автоматических выключателях URL: <http://www.elektroportal.com/series/show/va-5735>
21. Каталог продукции ОАО «Сибэлектромотор», 2010.
22. Электронный каталог [Электронный ресурс]: база данных содержит сведения о блоке питания URL: http://www.promspecrele.ru/documents/бep1332_1sh51_logo__power__24c2__4_0c0__90_c2f2.html
23. Электронный каталог [Электронный ресурс]: база данных содержит сведения о логическом модуле URL: http://www.promspecrele.ru/documents/12_24rc.html
24. Электронный каталог [Электронный ресурс]: база данных содержит сведения о модуле ввода-вывода дискретных сигналов URL: http://www.promspecrele.ru/documents/dm8_12_24r.html
25. Электронный каталог [Электронный ресурс]: база данных содержит сведения об электродвигателях URL: http://ekb.pulscen.ru/products/elektrodvigatel_air_5am_ad_4am_aim_160_4_15_kvт_1500_ob_17310390
26. Электронный каталог [Электронный ресурс]: база данных содержит сведения о преобразователях частоты URL: <http://elleron.ru/search/?q=EI-P7012>
27. Применение частотного регулирования в квартальных системах теплоснабжения [Электронный ресурс] URL: http://www.aquatherm.ru/articles/articles_309.html
28. ГОСТ 12.2.003-91 ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности.

29. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов.
30. ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ. Защитное заземление, зануление.
31. ГОСТ 12.0.003–74.ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
32. ГОСТ 12.1.005–88 (с изм. №1 от 2000 г.). ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны (01. 01.89).
33. ГОСТ 12.1.019 -79 (с изм. №1) ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
34. ГОСТ 12.4.011-89 ССБТ. Средства защиты работающих. Общие требования и классификация.
35. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03. Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов. М.: Госкомсанэпиднадзор России, 2003.
36. Р 2.2.2006-05. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда. – М.: Минздрав России, 1999.
37. СН 2.2.4/2.1.8.556–96. Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий. – М.: Минздрав России, 1997.
38. Социальная ответственность: понятия и виды [Электронный ресурс] URL:<http://all-books.biz/teoriya-gosudarstvapravauchebnik/sotsialnayaotvetstvennost-ponyatie.html>
39. Типовая инструкция по охране и безопасности труда при обслуживании насосных станций [Электронный ресурс] URL: <http://busel.org/texts/cat5vy/id5awyeeet.htm>