

Инженерная школа энергетики

Направление подготовки 13.03.02 - Электроэнергетика и электротехника (бакалавриат)

Отделение Электроэнергетики и электротехники

Профиль Электрооборудование и электрохозяйство предприятий, организаций и учреждений

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

Тема работы
<b>Регулируемый электропривод канализационной насосной станции</b>

УДК 62-83-523:628.29

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5Г4Б1	Селюков Дмитрий Игоревич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Кладиев С. Н.	к.т.н.		

Консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Умурзакова А. Д.	к.т.н.		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

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

По разделу «Социальная ответственность»

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

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

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

## Планируемые результаты обучения по ООП

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

Инженерная школа энергетики

Отделение Электроэнергетики и электротехники

Направление подготовки 13.03.02 - Электроэнергетика и электротехника (бакалавриат)

Профиль Электрооборудование и электрохозяйство предприятий, организаций и учреждений

УТВЕРЖДАЮ:

И. о. руководителя ОЭЭ ИШЭ

\_\_\_\_\_ А.С. Иващутенко

(Подпись)    (Дата)    (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ**

**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

<b>Бакалаврской работы</b>
----------------------------

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

Студенту:

Группа	ФИО
3-5Г4Б1	Селюкову Дмитрию Игоревичу

Тема работы:

<b>Регулируемый электропривод канализационной насосной станции</b>
--

Утверждена приказом директора (дата, номер)	№ 3483/с от 06.05.2019г
---	-------------------------

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

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<b>Исходные данные к работе</b>	Материалы преддипломной практики, техническая литература, техническая документация.
<b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>	Введение; описание технологического процесса; обоснование и выбор системы электропривода; выбор элементов и расчет параметров силового канала регулируемого электропривода; расчет статических и динамических характеристик; безопасность и экологичность проекта; экономическая часть; заключение.
<b>Перечень графического материала</b>	Функциональная схема и имитационная модель электропривода Динамические характеристики электропривода Статические характеристики электродвигателя и электропривода

	Технико-экономические показатели.
<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b>	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Мелик-Гайказян Мария Вигеновна
Социальная ответственность	Гуляев Милий Всеволодович
<b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b>	
Заключение	

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	05.04.2019г.
---	--------------

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Ляпунов Д.Ю.	к.т.н.		05.04.2019.
Старший преподаватель	Умурзакова А. Д.	к.т.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5Г4Б1	Селюков Дмитрий Игоревич		05.04.2019г.

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

Инженерная школа энергетики

Направление подготовки 13.03.02 - Электроэнергетика и электротехника (бакалавриат)

Отделение Электроэнергетики и электротехники

Профиль Электрооборудование и электрохозяйство предприятий, организаций и учреждений

Период выполнения весенний семестр 2018 /2019 учебного года

Форма представления работы:

**Бакалаврская работа**

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

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

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

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

**СОСТАВИЛ:**

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Кладиев С. Н.	к.т.н.		

Консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Умурзакова А. Д.	к.т.н.		

**СОГЛАСОВАНО:**

**И. о. руководителя ОЭЭ ИШЭ**

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

## **РЕФЕРАТ**

Представленная выпускная квалификационная работа содержит 119 страниц, 39 таблиц, 49 рисунков, 20 источников литературы, 5 приложений.

Ключевые слова: асинхронный двигатель, преобразователь частоты, электронасос, КНС.

Цель работы – модернизация частотно-регулируемого электропривода канализационной насосной станции.

Данная система может быть использована для усовершенствования работы канализационной насосной станции.

Выпускная квалификационная работа выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word 2007 и

## Содержание

Введение.....	9
1. Теоретическая часть.....	11
1.1. Канализационная насосная станция.....	11
1.2. Электронасос.....	14
2. Определение дополнительных параметров двигателя и.....	15
параметров схемы замещения.....	15
3. Выбор преобразователя частоты.....	20
4. Расчет статических характеристик двигателя.....	26
4.1. Естественные характеристики двигателя.....	26
5. Расчет динамических режимов КНС.....	30
5.1. Имитационная модель.....	30
5.2. Переходные процессы.....	36
6. Аварийный режим КНС.....	39
7. Выбор оборудования насосной станции.....	44
7.1. Составление функциональной схемы измерительной системы электропривода.....	44
7.2. Выбор датчика тока.....	46
7.3. Выбор датчика напряжения.....	52
7.4. Выбор аналого-цифрового преобразователя.....	57
7.5. Щит управления двухнасосной станцией.....	61
7.6. Выбор контроллера.....	64
7.7. Датчик температуры.....	69
7.8. Датчик влажности.....	70
7.9. Поплавковый выключатель.....	72
ЗАДАНИЯ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ».....	75
8 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	76
8.1 SWOT-анализ работы электропривода канализационной насосной станции.....	76
8.2 Организация работ технического проекта.....	79
8.2.1 Структура работ в рамках технического проектирования.....	80
8.2.2 Определение трудоемкости выполнения ТП.....	82
8.2.3 Разработка графика проведения технического проекта.....	83
8.3. Расчет затрат на осуществление технического проекта.....	86
8.3.1 Расчет материальных затрат технического проекта.....	86
8.3.2 Полная заработная плата исполнителей темы.....	87
8.3.3 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....	88
8.3.4. Накладные расходы.....	89
8.4 Формирование сметы затрат технического проекта.....	89
8.5 Определение ресурсоэффективности проекта.....	90
ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ».....	93
9 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.....	95
9.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	95

9.1.1 Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства .....	95
9.2 Производственная безопасность.....	96
9.2.1 Анализ возможных опасных и вредных факторов .....	97
9.3. Экологическая безопасность.....	104
9.4 Безопасность в ЧС .....	105
9.4.1 Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований и обоснование мероприятий по предотвращению ЧС.....	105
Заключение .....	111
Conclusion.....	113
Список литературы .....	114
Приложение А. ....	116
Приложение Б .....	117
Приложение В.....	118
Приложение Г .....	119
Приложение Д.....	120

## **Введение**

Современный электропривод представляет собой конструктивное единство электромеханического преобразователя энергии (двигателя), силового преобразователя и устройства управления.

Он обеспечивает преобразование электрической энергии в механическую в соответствии с алгоритмом работы технологической установки. Сфера применения электрического привода в промышленности, на транспорте и в быту постоянно расширяется.

В настоящее время уже более 60% всей вырабатываемой в мире электрической энергии потребляется электрическими двигателями. [13]

Современный этап развития привода характеризуется массовым переходом от нерегулируемого электропривода к регулируемому на основе достижений в области силовой и управляющей электроники. Большое разнообразие объектов, приводимых в движение электроприводом, широкий диапазон мощности и скорости вращения, трансформация совокупности требований к электроприводу в каждом конкретном применении приводит к соответствующему разнообразию структурных, конструктивных, схемотехнических решений, применяемых в различных электроприводах.

Асинхронные двигатели наиболее часто применяются в промышленности и на транспорте из-за своей простоты и надёжности. Однако, эффективное управление ими представляет собой довольно сложную задачу и требует создания специальных систем управления.

Системы управления могут быть ручными, полуавтоматическими и автоматическими. Автоматическая работа системы поддерживается и контролируется электрическими, механическими, гидравлическими или др. аппаратами.

Для большинства массовых применений приводов (насосы, вентиляторы, конвейеры, компрессоры и т.д.) требуется относительно небольшой диапазон регулирования скорости (до 1:10, 1:20) и относительно низкое быстродействие.

Регулирование скорости двигателей переменного тока изменением частоты подводимого к статору напряжения по существу весьма экономично и может обеспечить плавное регулирование в широких пределах. Для обеспечения этого способа регулирования скорости необходимо преобразовательное устройство, позволяющее плавно регулировать частоту и по соответствующему закону изменять при этом напряжение переменного тока.

Применение преобразователя частоты на насосных станциях позволяет обеспечить плавную работу оборудования (электродвигателя и насоса), избежать перегрузки питающей сети в момент пуска и останова насосов, за счёт снижения пусковых токов, избежать гидравлических ударов в трубопроводах и запорной арматуре.

Целью выпускной квалификационной работы является модернизация частотно-регулируемого электропривода канализационной насосной станции, удовлетворяющая техническим условиям и требованиям.

## 1. Теоретическая часть

### 1.1. Канализационная насосная станция

*Канализационная насосная станция (КНС)* предназначена для перекачки сточных вод при невозможности их самотечного поступления в канализационный коллектор или очистные сооружения. [17]

Данная КНС существует в г.Томске и расположена на ул. 79 Гвардейской Дивизии и именуется – КНС-79. КНС-79 внешне представляет собой небольшое кирпичное сооружение - павильон. Питание на КНС подается с подстанции ООО "Горсети". Обслуживается предприятием в сфере ЖКХ в г.Томске, занимающееся водоснабжением и канализацией - ООО «Томскводоканал». [16]

*Канализационная насосная станция* (рисунок 1) применяется в системах ливневой, производственно и хозяйственно-бытовой канализации. Типовая КНС выполнена на основе ёмкости и комплектуется погружными насосами серии «Иртыш» (комплектация КНС приведена в приложении А). Канализационная насосная станция предназначена для подземного размещения. Глубина заложения зависит от глубины заложения подводящего трубопровода. [17]



Рисунок 1 - Канализационная насосная станция

*Канализационная насосная станция «Иртыш-Эко»* представляет собой вертикальную стальную емкость. Горловина емкости закрыта крышкой. Дно внутри резервуара выполнено в виде воронки. Через стенку емкости выведена гильза для подключения самотечного трубопровода. Для улавливания плавающего мусора предусмотрена съемная корзина. В нижней части резервуара установлены два насоса погружного типа. Оба насоса могут вертикально перемещаться по направляющим, и крепятся к трубному узлу без болтовых соединений посредством погружного соединителя, что значительно облегчает монтаж, демонтаж и техническое обслуживание насосов. [17]

От каждого насоса идет напорная труба, на которой установлена запорная арматура. На всю высоту канализационной насосной станции расположена лестница. Также, внутри КНС смонтированы поплавковые датчики уровней включения/отключения насосов:

- поплавков общего отключения насосов ;
- поплавков включения первого насоса ;
- поплавков включения второго насоса;
- поплавков подачи аварийного сигнала переполнения приемного резервуара.

Поплавки и погружные насосы подключены к шкафу управления. Работа насосов осуществляется в автоматическом режиме по сигналам от поплавковых выключателей, установленных внутри КНС. Внутри корпуса расположена площадка (съёмная или стационарная), необходимая для комфортного обслуживания запорной арматуры персоналом.

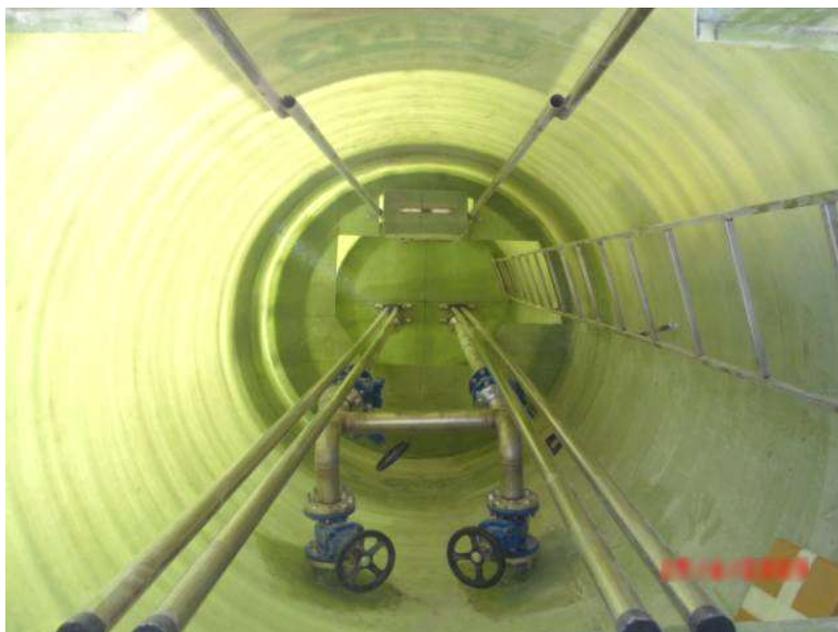


Рисунок 2 - Стальной корпус КНС

Датчик бака, свободно подвешивается на желательной высоте на собственном кабеле. Когда уровень жидкости достигнет регулятора, корпус наклонится, и механический переключатель замкнёт или разомкнёт электрическую цепь. Таким образом, включится или остановится насос или будет приведено в действие сигнальное устройство.

Для контроля за состоянием насосов совместно с ДНК применяются датчики температуры и влажности, устанавливаемые внутри насоса.

### **Алгоритм работы КНС.**

При работе станции с двумя насосами (1 рабочий + 1 резервный), каждый насос имеет производительность, близкую к максимальному притоку сточных вод. В зависимости от объема поступающих стоков возможны следующие три режима:

### **Расчетная нагрузка**

Один из насосов перекачивает весь объем поступающих стоков. Начальное состояние: насосы не работают и стоки поступают в КНС. При наполнении емкости до 2-го уровня поплавков №2 подает сигнал на включение одного насоса. Насос откачивает стоки до 1-го уровня и поплавков

№1 подает сигнал на его отключение. Цикл закончился. В повторном цикле будет работать уже другой насос.

Такая попеременная работа обеспечивает уменьшение количество включений в 1 час каждого насоса - это позволяет объем КНС. Достигается равномерная наработка насосов.

### **Пиковая нагрузка**

Наступает в том случае, когда объем поступающих стоков превышает производительность насоса. При одном работающем насосе уровень жидкости поднимается до 3-го уровня, и поплавков №3 подает сигнал на включение второго насоса. Одновременно работают два насоса.

### **Аварийный режим**

Жидкость в емкости поднимается до 4-го уровня и выдается сигнал авария-переполнения. Такой режим возможен в результате увеличения объема стоков или отключения насосов.

## **1.2. Электронасос**

Электрический насос состоит из двух основных частей: электродвигателя и лопастного центробежного насоса. Рабочее колесо вместе с лопастями центробежного насоса заключено в корпус и соединено с валом электродвигателя.

При вращении рабочего колеса вода, заполняющая насос, под действием центробежной силы выбрасывается из корпуса, выполненного в виде улитки, в напорный трубопровод и подается в резервуар или на раздачу. Во время вращения рабочего колеса во всасывающей патрубке насоса создается вакуум, за счет которого вода непрерывно поступает во всасывающий трубопровод. [14]

Электронасосы серии «Иртыш» (приложение Б) типа ПФ предназначены для перекачивания бытовых и промышленных загрязнённых жидкостей (фекальных, сточных вод, промышленных отходов), с водородным показателем рН=6,0...9,0 плотностью до 1100 кг/м<sup>3</sup>, температурой до 323К

(50°C), с содержанием различных неабразивных взвешенных частиц включая коротковолокнистые, концентрацией до 2% по массе, абразивных взвешенных частиц не более 1% по объёму, размером до 5мм и микротвердостью не более 9000 МПа. [21]

На данной КНС установлено два электрических насоса.

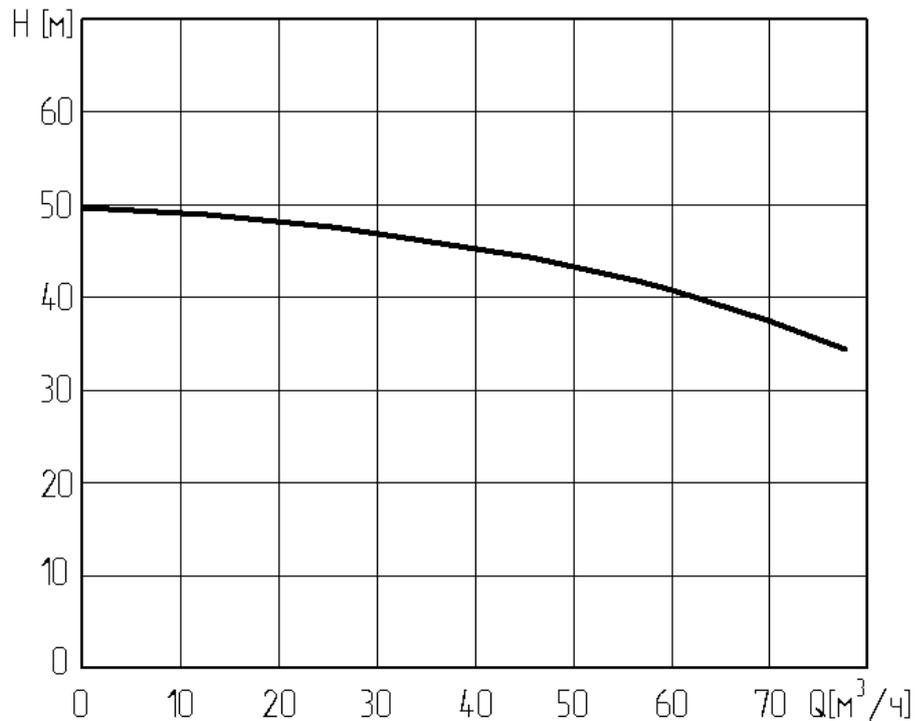


Рисунок 3 - Рабочие характеристики насоса «Иртыш»

где H - напор, Q – подача.

## 2. Определение дополнительных параметров двигателя и параметров схемы замещения

На КНС в составе насоса установлен двигатель Siemens серии 1LA6 габарит 160М.

Таблица 1 - Характеристики электродвигателя

$P_n$ , кВт	ПВ, %	$\cos\varphi$ , о.е	$n_n$ , об/мин	$\eta_n$ , %
15	40	0.9	2940	90
$J_{\partial e}, \text{кг} \cdot \text{м}^2$	$k_i = \frac{I_n}{I_n}$	$k_{\max} = \frac{M_{кр}}{M_n}$	$k_n = \frac{M_{пуск}}{M_n}$	$k_{\min} = \frac{M_{мин}}{M_n}$
0,043	6,5	3	2,2	1

Синхронная угловая частота вращения электромагнитного поля:

$$\omega_0 = \frac{2\pi f}{p} = \frac{2 \cdot 3.14 \cdot 50}{1} = 314.159 \text{ рад/с}$$

Номинальная частота вращения вала электродвигателя:

$$\omega_n = \frac{n_n}{9.55} = \frac{2940}{9.55} = 307,85 \text{ рад/с}$$

Номинальная величина скольжения:

$$s_n = 1 - \frac{\omega_n}{\omega_0} = 1 - \frac{307,85}{314.159} = 0.02 \text{ рад/с}$$

Номинальный момент двигателя

$$M_{\text{ДВ.Н}} = \frac{P_n \cdot 10^3}{\omega_{\text{ДВ.Н}}} = \frac{15 \cdot 10^3}{307,85} = 48,72 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Номинальное фазное напряжение при соединении обмоток в звезду

$$U_{\text{ФН}} = \frac{U_n}{\sqrt{3}} = \frac{380}{\sqrt{3}} = 220 \text{ В}.$$

Номинальный фазный ток при соединении обмоток в звезду

$$I_{1\text{ФН}} = I_{\text{ЛН}} = \frac{P_n}{3 \cdot U_{\text{ФН}} \cdot \eta \cdot \cos \varphi} = \frac{15000}{3 \cdot 220 \cdot 0.9 \cdot 0.9} = 28,05 \text{ А}.$$

Максимальный потребляемый ток двигателя при пуске

$$I_{\text{МАКС}} = k_{\text{ДВ}} I_{\text{ЛН}} = 6,5 \cdot 28,05 = 182,33 \text{ А}.$$

Критический момент двигателя на естественной характеристике

$$M_K = m_k \cdot M_{\text{ДВ.Н}} = 3 \cdot 48,72 = 146,16 \text{ Нм}.$$

Пусковой момент при прямом пуске

$$M_{\text{ДВ.ПУСК}} = m_{\text{П}} \cdot M_{\text{ДВ.Н}} = 2.2 \cdot 48,72 = 107,184 \text{ Нм}$$

Ток холостого хода асинхронного двигателя можно найти по следующему выражению:

$$I_0 = \sqrt{\frac{I_{11}^2 - [p_* I_{1H} (1 - s_n) / (1 - p_* s_n)]^2}{1 - [p_* (1 - s_n) / (1 - p_* s_n)]^2}}, \quad (2.1)$$

Где

$$S_{\text{ном}} = \frac{n_0 - n_{\text{ном}}}{n_0} = \frac{3000 - 2940}{3000} = 0.02 - \text{номинальное скольжение}$$

$$I_{1H} = \frac{P_H}{3 \cdot U_{1H} \cdot \cos \varphi_H \cdot \eta_H} = \frac{15000}{3 \cdot 220 \cdot 0.9 \cdot 0.875} = 28.058 A - \text{номинальный ток}$$

статора двигателя;

$$I_{11} = \frac{p_{\text{ж}} \cdot P_H}{3 \cdot U_{1H} \cdot \cos \varphi_{p_{\text{ж}}} \cdot \eta_{p_{\text{ж}}}} = \frac{0.75 \cdot 15000}{3 \cdot 220 \cdot 0.883 \cdot 0.9} = 21,44 A - \text{ток статора}$$

двигателя при частичной нагрузке;

Коэффициент загрузки двигателя

$$p_* = P/P_H = 0,75.$$

Коэффициент мощности и КПД при частичной нагрузке в технической литературе приводятся редко, а для целого ряда серий электрических машин такие данные в справочной литературе отсутствуют. Эти параметры можно определить, руководствуясь следующими соображениями:

современные асинхронные двигатели проектируются таким образом, что наибольший КПД достигается при нагрузке на 10-15% меньше номинальной. Двигатели рассчитываются так потому, что большинство из них в силу стандартной дискретной шкалы мощностей работают с некоторой недогрузкой. Поэтому КПД при номинальной нагрузке и нагрузке  $p_* = 0,75$  практически равны между собой, т.е.

$$\eta_H \approx \eta_{0,75}$$

коэффициент мощности при той же нагрузке  $p_* = 0,75$  значительно отличается от коэффициента мощности при номинальной нагрузке, причем это отличие в значительной степени зависит от мощности двигателя и для известных серий АД с достаточной для практически точностью подчиняется зависимости, приведенной в источнике [5]

$$\frac{\cos \varphi_{0,75}}{\cos \varphi_H} = 0,98 \quad \cos \varphi_{0,75} = 0,98 \cdot \cos \varphi_H = 0,98 \cdot 0,9 = 0,883$$

$\cos \varphi_{0.75} = 0,882$  - коэффициент мощности при частичной нагрузке;

Ток холостого хода асинхронного двигателя

$$I_0 = \sqrt{\frac{21,44^2 - [0,75 \cdot 38,536 \cdot (1 - 0,02) / (1 - 0,75 \cdot 0,02)]^2}{1 - [0,75 \cdot (1 - 0,02) / (1 - 0,75 \cdot 0,02)]^2}} = 6,933 \text{ A}$$

Определим параметры T-образной схемы замещения АД по его каталожным данным

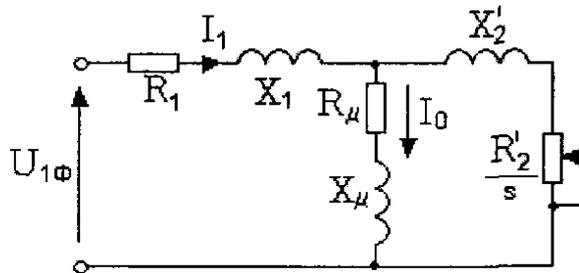


Рисунок 4 - Схема замещения асинхронного двигателя

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

$$s_k = s_H \frac{k_{\text{МАКС}} + \sqrt{(k_{\text{МАКС}})^2 - [1 - 2 \cdot s_H \cdot \beta \cdot (k_{\text{МАКС}} - 1)]}}{1 - 2 \cdot s_H \cdot \beta \cdot (k_{\text{МАКС}} - 1)} =$$

$$= 0,02 \cdot \frac{3 + \sqrt{3^2 - [1 - 2 \cdot 0,02 \cdot 1,3 \cdot (3 - 1)]}}{1 - 2 \cdot 0,02 \cdot 1 \cdot (3 - 1)} = 0,131$$

где  $\beta = \frac{R_1}{C_1 \cdot R_2'}$  - значение коэффициента  $\beta$  находится в диапазоне 0,6 – 2,5,

поэтому в первом приближении принимаем  $\beta = 1,3$ .

$$C_1 = 1 + \left( \frac{I_0}{2 \cdot k_i \cdot I_{1H}} \right) = 1 + \frac{6,933}{2 \cdot 6,5 \cdot 28,058} = 1,019;$$

Определяем коэффициент:

$$A_1 = \frac{m \cdot U_{1H}^2 (1 - s_H)}{2 \cdot C_1 \cdot k_{\text{МАКС}} \cdot P_H} = \frac{3 \cdot 220^2 (1 - 0,02)}{2 \cdot 1,019 \cdot 3 \cdot 15000} = 1,552.$$

Тогда активное сопротивление ротора, приведенное к обмотке статора асинхронного двигателя

$$R_2' = \frac{A_1}{(\beta + 1/s_k) C_1} = \frac{1,552}{\left( 1 + \frac{1}{0,127} \right) \cdot 1,02} = 0,170 \text{ Ом};$$

Активное сопротивление статорной обмотки можно определить по следующему выражению

$$R_1 = C_1 R_2' \beta = 1.019 \cdot 0.17 \cdot 1,3 = 0.225 \text{ Ом}$$

Определим параметр  $\gamma$ , который позволит найти индуктивное сопротивление короткого замыкания  $X_{кз}$ :

$$\gamma = \sqrt{(1/s_k^2) - \beta^2} = \sqrt{\left(\frac{1}{0.127^2}\right) - 1,3^2} = 7,551.$$

Тогда

$$X_{кз} = \gamma C_1 R_2' = 7,551 \cdot 1.019 \cdot 0.172 = 1,307 \text{ Ом},$$

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

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

$$X_{2\sigma}' = \frac{0,58 X_{кз}}{C_1} = \frac{0,58 \cdot 1,307}{1,019} = 0,744 \text{ Ом},$$

$$L_{2\sigma} = \frac{X_{2\sigma}'}{2\pi f_{1H}} = \frac{0,744}{2 \cdot 3,14 \cdot 50} = 0,00237 \text{ Гн}$$

Индуктивное сопротивление статорной обмотки может быть определено по следующему выражению

$$X_{1\sigma} = 0,42 X_{кн} = 0,42 \cdot 1,307 = 0,549 \text{ Ом},$$

$$L_{1\sigma} = \frac{X_{1\sigma}}{2\pi f_{1H}} = \frac{0,549}{2 \cdot 3,14 \cdot 50} = 0,001748 \text{ Гн}$$

По найденным значениям переменных  $C_1$ ,  $R_2'$ ,  $R_1$  и  $X_{кн}$  определим критическое скольжение

$$s_K = \frac{C_1 R_2'}{\pm \sqrt{R_1^2 + X_{кн}^2}} = \frac{1.019 \cdot 0.17}{\sqrt{0.225^2 + 1,307^2}} = 0.131.$$

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

$$E_1 = \sqrt{(U_{1H} \cos \phi_{1H} - R_1 I_{1H})^2 + (U_{1H} \sin \phi_{1H} + X_{1H} I_{1H})^2} = \\ = \sqrt{(220 \cdot 0,9 - 0,225 \cdot 28,058)^2 + (220 \cdot 0,451 - 0,549 \cdot 28,058)^2} = 207,899 \text{ В}$$

Тогда индуктивное сопротивление намагничивания

$$X_{\mu H} = \frac{E_1}{I_0} = \frac{207,899}{6,933} = 29,986 \text{ Ом}$$

$$L_{\mu} = \frac{X_{\mu}}{2\pi f_{1H}} = \frac{29,986}{2 \cdot 3,14 \cdot 50} = 0,095 \text{ Гн}$$

Таблица 2 - Параметры схемы замещения электродвигателя

$R_1$ ,	$X_{1\sigma}$ ,	$L_{1\sigma}$ ,	$X_{\mu}$ ,	$L_{\mu}$ ,	$R'_2$ ,	$X'_{2\sigma}$ ,	$L'_{2\sigma}$ ,	$X_{K3}$ ,
Ом	Ом	Гн	Ом	Гн	Ом	Ом	мГн	Ом
0,225	0,549	0,001748	29,986	0,095	0,17	0,744	0,00237	1,307

### 3. Выбор преобразователя частоты

Преобразователь частоты служит для плавного регулирования скорости асинхронного электродвигателя или синхронного двигателя за счет создания на выходе преобразователя электрического напряжения заданной частоты. В простейших случаях регулирование частоты и напряжения происходит в соответствии с заданной характеристикой  $U/f$ , в наиболее совершенных преобразователях реализовано так называемое векторное управление. Частотный преобразователь — это устройство, состоящее из выпрямителя (моста постоянного тока), преобразующего переменный ток промышленной частоты в постоянный, и инвертора (преобразователя) (иногда с ШИМ), преобразующего постоянный ток в переменный требуемых частоты и амплитуды. Выходные тиристоры (GTO) или транзисторы (IGBT) обеспечивают необходимый ток для питания электродвигателя. Для улучшения формы выходного напряжения между преобразователем и

двигателем иногда ставят дроссель, а для уменьшения электромагнитных помех — ЕМС-фильтр. [17]

Применение преобразователя частоты (ПЧ) на данной КНС позволяет:

- обеспечить плавную работу оборудования (электродвигателя и насоса);
- избежать перегрузки питающей сети в момент пуска и останова насосов, за счёт снижения пусковых токов;
- избежать гидравлических ударов в трубопроводах и запорной арматуре.

Всё это в свою очередь увеличивает срок их службы и снижает затраты на обслуживание оборудования.

Выбираем преобразователь частоты фирмы «Danfoss».

Фирмой Danfoss выпускаются многоцелевые преобразователи частоты для применения в различных отраслях промышленности, а также специализированные серии, предназначенные для систем водоснабжения, вентиляции и кондиционирования.

Параметры питающей сети: 3-х фазная сеть 380/220 В, 50Гц

Выходные параметры преобразователя частоты:

- максимальная выходная частота

$$f_{П.МАКС} = 50 \frac{\omega_{ЭП.макс}}{\omega_0(1-s_K)};$$

$$f_{П.МАКС} = 50 \frac{246,28}{314,159(1-0,127)} = 44,89 \text{ Гц};$$

$$f_{П.МАКС} = 44,89 \text{ Гц}.$$

Полученная величина частоты допустима т.к. не превышает допустимый диапазон  $\pm 10\%$

- минимальная выходная частота преобразователя

$$f_{П.МИН} < 50 \frac{\omega_{ЭП.мин}}{\omega_0};$$

$$f_{П.МАКС} = 50 \frac{8,2}{314.159} = 1,31 \text{ Гц};$$

$$f_{П.МИН} = 1,31 \text{ Гц}.$$

Длительно допустимый ток

$$I_{И.Н} \geq I_{1ФН} \frac{M_{с_{макс}}}{M_{ДВ.Н}}$$

$$I_{1ФН} \cdot \frac{M_{с_{макс}}}{M_{ДВ.Н}} = 28,05 \cdot \frac{21,92}{48,72} = 12,62 \text{ А}$$

$$I_{И.Н} \geq 12,62 \text{ А}$$

Кратковременно допустимый ток

$$I_{И.МАКС} \geq I_{1ФН} \frac{M_{ЭПмакс}}{M_{ДВ.Н}}$$

$$I_{1ФН} \frac{M_{ЭПмакс}}{M_{ДВ.Н}} = 28,05 \cdot \frac{87,6}{48,72} = 50,43 \text{ А}$$

$$I_{И.МАКС} \geq 50,43 \text{ А}$$

Преобразователь частоты выбираем:

- по номинальному и максимальному кратковременному току
- по выходным параметрам частоты
- по параметрам питающей сети

Технические данные преобразователя частоты приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Технические данные преобразователя частоты

	VLT2882
Мощность/напряжение	0.75 ÷ 18.5 кВт, 3x380 ÷ 480 В
Максимальная длина кабеля к двигателю	Экранир.-40м Неэкран.-75м
Корпус	IP20
Характеристика нагрузочного момента	Постоянный/переменный
Принцип управления	VVC-управление амплитудой и частотой путем компенсации нагрузки и скольжения
Максимальный ток	160% 1 мин 180%0,5 с
Максимальный момент(перегрузочная способность)	160% 1 мин
Момент при нулевой скорости	-
Выходная частота, Гц	0,2÷132 1÷1000
Разрешение по частоте, Гц	±0,013
Диапазон регулирования скорости -разомкнутая система -замкнутая	1:10 1:120
Точность поддержания скорости: -разомкнутая  -замкнутая	n=150÷3600 об/мин ±20 об/мин  n=30÷3600 об/мин ±7,5 об/мин

Таблица 4 - Параметры преобразователя частоты VLT2882 фирмы

*Danfoss*

Типоразмер	Номинальная выходная мощность <sup>1</sup> , кВА	Максимальная мощность двигателя, кВт	Номинальный выходной ток, А	Максимальный кратковременный ток, А	КПД, %
2882	26.0	18.5	37.5	60.0	97

Клеммы преобразователя частоты Danfoss VLT2882 (рис. 5) и назначение клемм (табл. 5) понадобятся в дальнейшем при подключении датчиков.

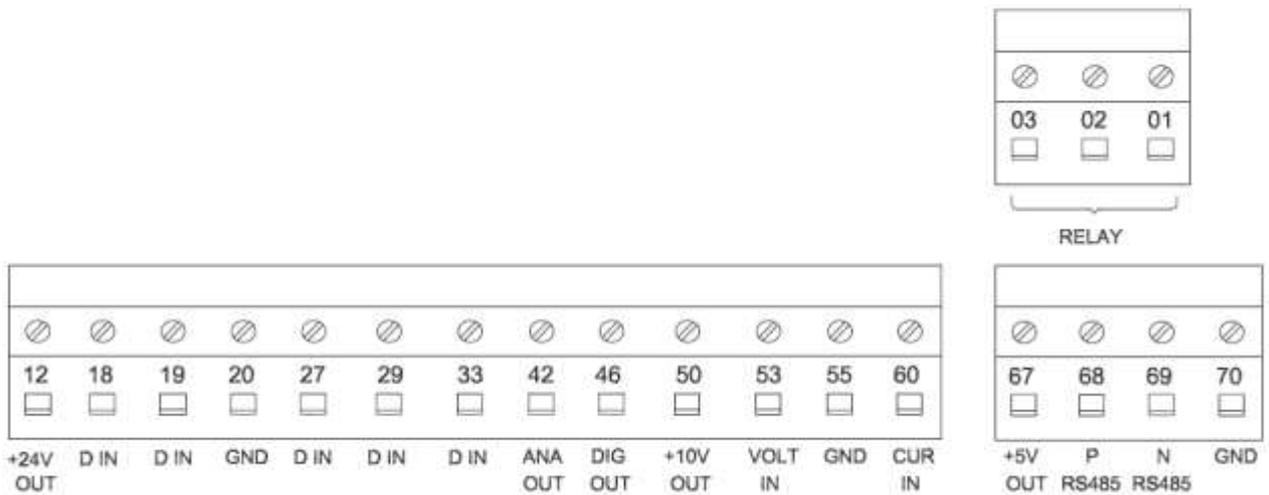


Рисунок 5 - Клеммы преобразователя частоты Danfoss VLT2882

Таблица 5 - Назначение клемм преобразователя частоты Danfoss VLT2882

№	Назначение
01-03	Выходы реле 01-03 могут использоваться для индикации состояния и для аварийных сигналов / предупреждений.
12	Источник питания 24 В=.
18-33	Цифровые входы
20,55	Общий провод для входных и выходных клемм.
42	Аналоговый выход для отображения частоты, задания, тока или крутящего момента.
46	Цифровой выход для индикации состояний, предупреждений или аварийных сигналов, а также частотный выход.
50	Напряжение питания +10 В= для потенциометра или термистора.
53	Аналоговый вход по напряжению 0 - 10 В
60	Аналоговый вход по току 0/4 - 20 мА
67i	Напряжение в сети постоянного тока + 5 В для Profibus.
68, 69	Интерфейс последовательной связи RS 485.
70	Общий провод для клемм 67, 68 и 69. Этот вывод обычно не используется.

## 4. Расчет статических характеристик двигателя

### 4.1. Естественные характеристики двигателя

Используя параметры схемы замещения, произведем расчет механических и электромеханических характеристик.

Электромеханическая характеристика при частотном управлении АД, определяется зависимостью приведенного тока ротора от скольжения

$$I_2' = \frac{U_{1j}}{\pm \sqrt{\left(R_1 + \frac{R_2'}{s}\right)^2 + X_{\text{кн}}^2 f_{1*}^2 + \left(\frac{R_1 R_2'}{s X_{\mu\text{н}} f_{1*}}\right)^2}}, \quad (1)$$

где  $U_{1j}$  - фазное напряжение обмоток статора асинхронного двигателя;

$f_{1*} = \frac{f_{1j}}{f_{1\text{н}}}$  - относительное значение частоты питающего напряжения.

Задаваясь значениями скольжения можно рассчитать соответствующее значение тока и воспользовавшись формулой,  $\omega = \omega_0(1 - s)$  получим соответствующее значение угловой скорости.

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

$$I_{1j}(s) = \sqrt{I_0^2 + I_{2j}'^2(s) + 2 \cdot I_0 \cdot I_{2j}'(s) \cdot \sin \varphi_2(s)}, \quad (2)$$

Так как с изменением частоты  $f_{1j}$  и напряжения статора  $U_{1j}$  ток холостого хода  $I_0$  изменяется, то его значение для каждой из частот будем определять по выражению

$$I_{0j} = \frac{U_{1j}}{\sqrt{R_1^2 + \left(X_{1\sigma} + X_{\mu\sigma}\right)^2 \cdot f_{1*}^2}}, \quad (3)$$

Величина  $\sin \varphi_2(s)$  из выражения (2):

$$\sin \varphi_2(s) = \frac{X_{KH}}{\sqrt{\left(R_1 + \frac{R_2'}{s}\right)^2 + X_{KH}^2 \cdot f_{1*}^2}} \quad (4)$$

Задаваясь скольжением  $S = (-2 \div 2)$  и принимая во внимание, что для естественной характеристики  $f_{1*} = 1$ , по формуле (1) и (2) рассчитываем естественные электромеханические характеристики АД в двигательном и генераторном режимах (см. рис. 6), результаты сведены в таблице 6.

Таблица 6.

$\omega$ , рад/с	0	75	150	225	300	375	450	525	600
$\Gamma_2$ , А	182,8	180,1	174,2	156,8	55,1	168,2	191,3	193,4	193,4
$I_1$ , А	187,5	184,7	178,9	161,5	55,2	172,5	196,2	198,1	198,1

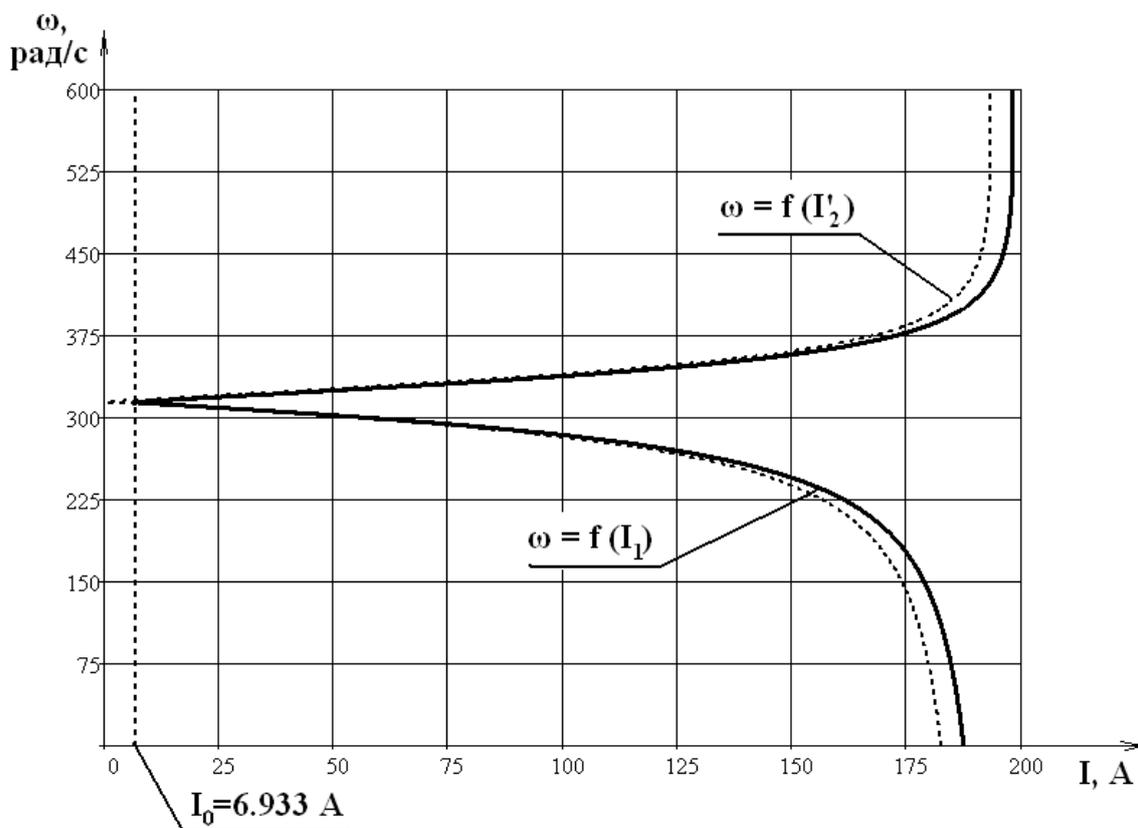


Рисунок 6 - Естественные электромеханические характеристики АД

Механическую характеристику асинхронного двигателя при переменных значениях величины и частоты напряжения питания можно рассчитать по следующему выражению

$$M = \frac{3U_{1j}^2 R_2'}{\omega_{0j} s_j \left[ X_{KH}^2 f_{1*}^2 + \left( R_1 + \frac{R_2'}{s_j} \right)^2 + \left( \frac{R_1 R_2'}{s_j X_{\mu H} f_{1*}} \right)^2 \right]}. \quad (5)$$

Механическая характеристика асинхронного двигателя имеет критический момент и критическое скольжение, которые определяются по следующим формулам

$$\begin{aligned} M_{кр} &= \frac{3U_{1j}^2}{2 \cdot \omega_{0j} \cdot \left[ R_1 + \sqrt{\left( R_1^2 + X_{KH}^2 \cdot f_{1*}^2 \right) \cdot \left( 1 + \frac{R_1^2}{X_{\mu H}^2 f_{1*}^2} \right)^2} \right]} = \\ &= \frac{3 \cdot 220^2}{2 \cdot 314,159 \cdot \left[ 0,225 + \sqrt{\left( 0,225^2 + 1,307^2 \cdot 1^2 \right) \cdot \left( 1 + \frac{0,225^2}{29,98 \cdot 1^2} \right)^2} \right]} = 148 \end{aligned}$$

Где  $\omega_{0j} = \frac{2 \cdot \pi \cdot f}{P} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 50}{1} = 314,159 \text{ c}^{-1}$  - синхронная угловая скорость;

$U_{1j}$  - фазное напряжение обмоток статора асинхронного двигателя.

$$s_{Kj} = \pm R_2' \sqrt{\frac{1 + \left( \frac{R_1}{X_{\mu H} f_{1*}} \right)^2}{R_1^2 + X_{KH}^2 f_{1*}^2}} = \pm 0,17 \cdot \sqrt{\frac{1 + \left( \frac{0,225}{29,98 \cdot 1} \right)^2}{0,225^2 + 1,307^2 \cdot 1^2}} = 0,131$$

Знак (+) означает, что критический момент и скольжение относятся к двигательному режиму, знак (-) – к генераторному режиму.

Расчет естественной механической характеристики проводим по формуле Клосса:

$$M(s) = \frac{2M_K(1 + a \cdot s_K)}{\frac{s_K}{s} + \frac{s}{s_K} + 2 \cdot a \cdot s_K}, \quad (2.6)$$

Где  $a = \frac{R_1}{R_2} = \frac{0.225}{0.17} = 1,32$  - коэффициент, равный отношению активного

сопротивления статора к активному приведенному сопротивлению ротора;

На рисунке 7 представлена естественная механическая характеристика  $\omega = f(M)$  для асинхронного двигателя, результаты сведены в таблице 7.

Таблица 7.

M, Н·м	0	35	50	70	105	140	175
$\omega$ , рад/с	42,1	46,8	49,4	52,8	60,6	70,7	85,4
M, Н·м	190	210	245	273	280	307,8	315
$\omega$ , рад/с	93,4	104,79	131,4	148,9	147,6	48,7	0

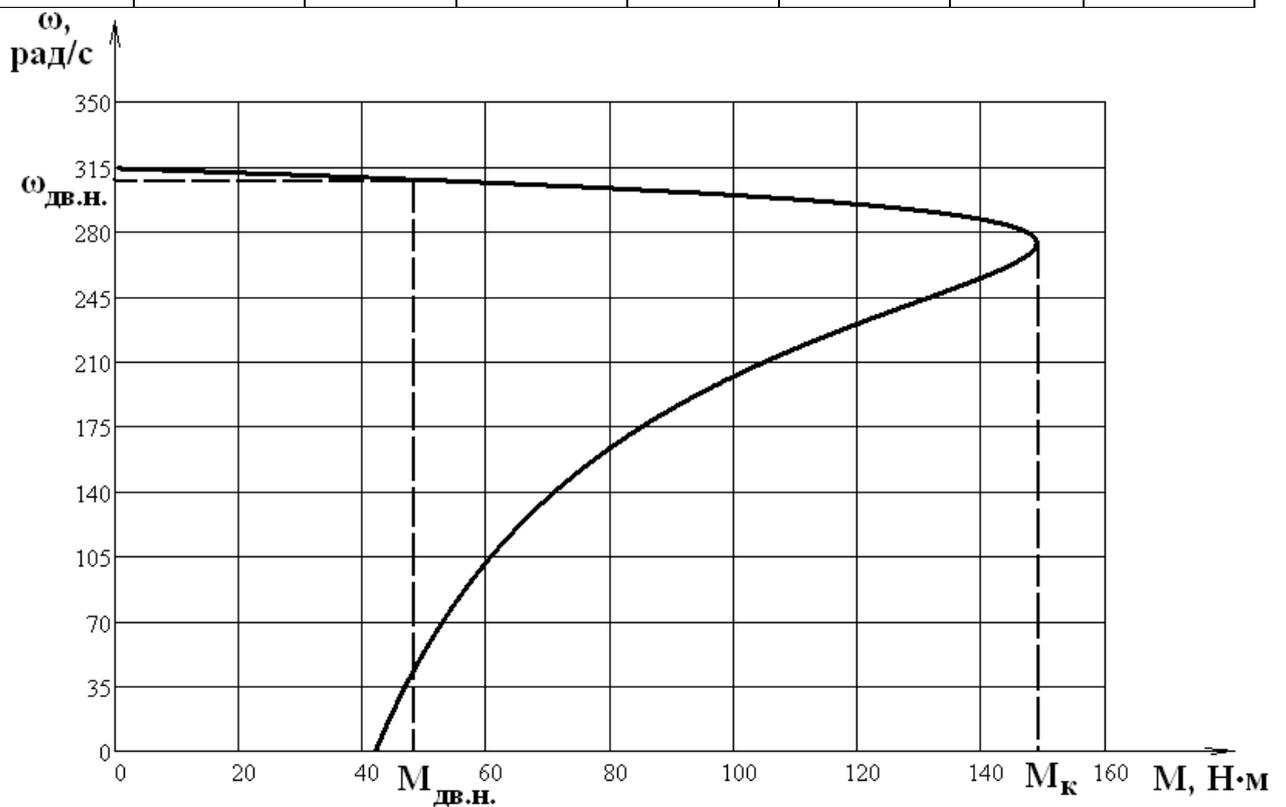


Рисунок 7 - Естественная механическая характеристика АД

На графике (рис.8) представлена нелинейно (параболически) возрастающая механическая насосная характеристика.

$$M_C = M_0 + M \cdot n^x \quad (6)$$

где,  $x=3$ -насос

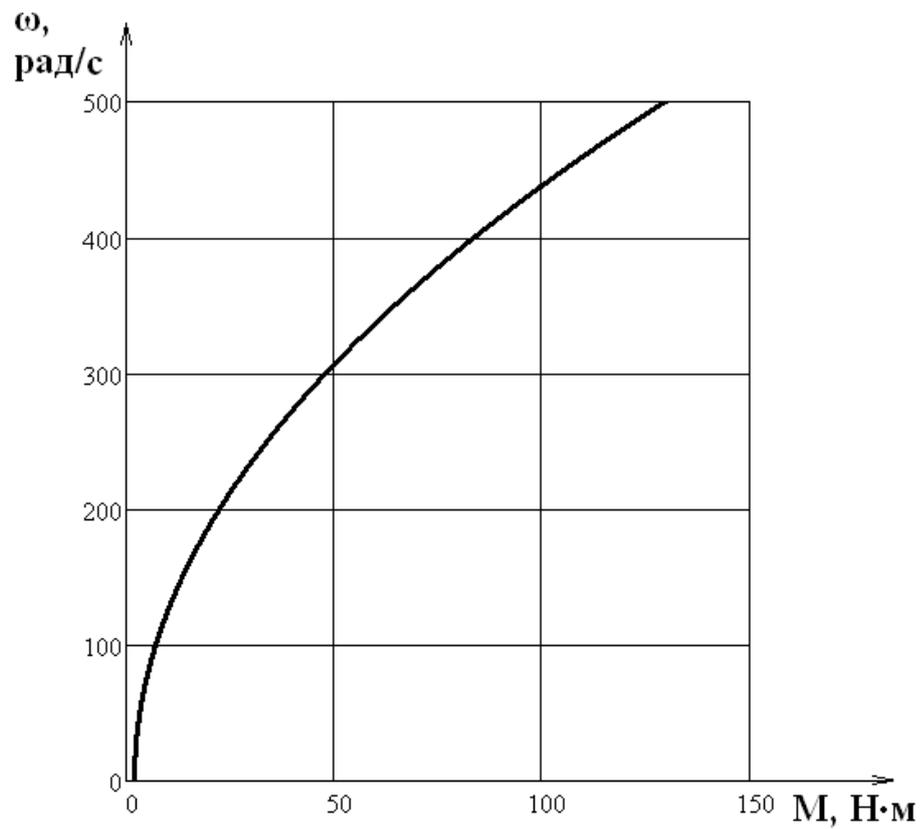


Рисунок 8 – Механическая насосная характеристика

## 5. Расчет динамических режимов КНС

### 5.1. Имитационная модель.

В программе Matlab 2008b была разработана имитационная модель КНС.

На ней можно видеть работу датчиков тока и напряжения, а также показана работа датчиков бака (рисунок 9).

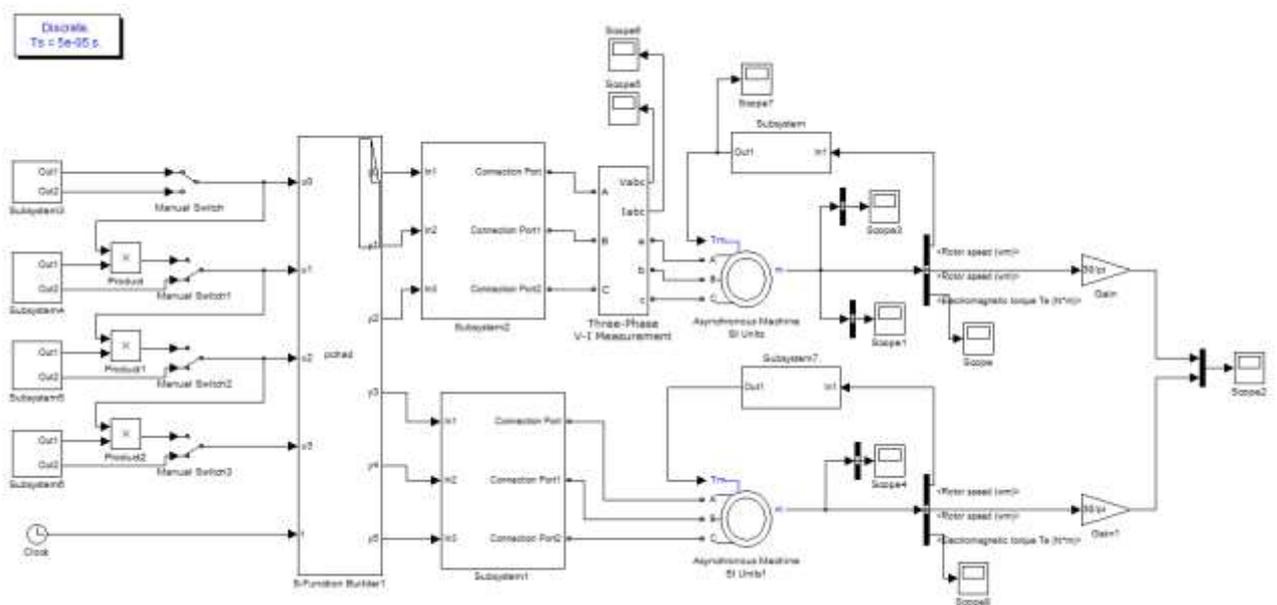


Рисунок 9 - Имитационная модель.

Поплавковые выключатели представлены блоками Subsystem, которые выдают сигнал 1 (запуск) либо 0 (стоп). Данный сигнал идёт на ключ Manual Switch. Для предотвращения внеочередного пуска второго двигателя установлены блоки Product, используемые в качестве логического «И».

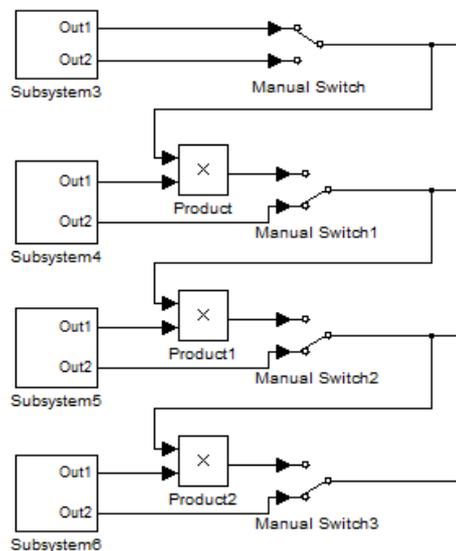


Рисунок 10 - Имитация поплавковых выключателей.

Сигнал с ключей приходит на блок S-Function Builder. В данной имитационной модели этот блок играет роль преобразователя частоты (рисунок 11).

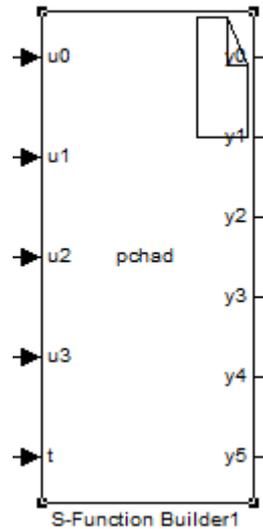


Рисунок 11 – Блок S-Function Builder

В этот блок записываются следующие уравнения для управление двигателем:

```

if (u0[0]>0)
  {y0[0]=0.4*sin(157*t[0]);}
if (u0[0]>0)
  {y1[0]=0.4*sin(157*t[0]-2*3.14/3);}
if (u0[0]>0)
  {y2[0]=0.4*sin(157*t[0]+2*3.14/3);}

if (u1[0]>0)
  {y0[0]=0.8*sin(314*t[0]);}
if (u1[0]>0)
  {y1[0]=0.8*sin(314*t[0]-2*3.14/3);}
if (u1[0]>0)
  {y2[0]=0.8*sin(314*t[0]+2*3.14/3);}

if (u2[0]>0)
  {y3[0]=0.4*sin(157*t[0]);}

```

```

if (u2[0]>0)
{y4[0]=0.4*sin(157*t[0]-2*3.14/3);}
if (u2[0]>0)
{y5[0]=0.4*sin(157*t[0]+2*3.14/3);}

```

```

if (u3[0]>0)
{y3[0]=0.8*sin(314*t[0]);}
if (u3[0]>0)
{y4[0]=0.8*sin(314*t[0]-2*3.14/3);}
if (u3[0]>0)
{y5[0]=0.8*sin(314*t[0]+2*3.14/3);}

```

Блоки Subsystem1 и Subsystem2 содержат в себе имитацию широтно-импульсной модуляции (рис. 12)

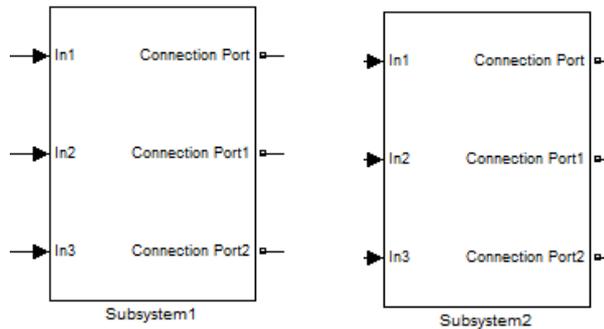


Рисунок 12 - Блоки Subsystem1 и Subsystem2

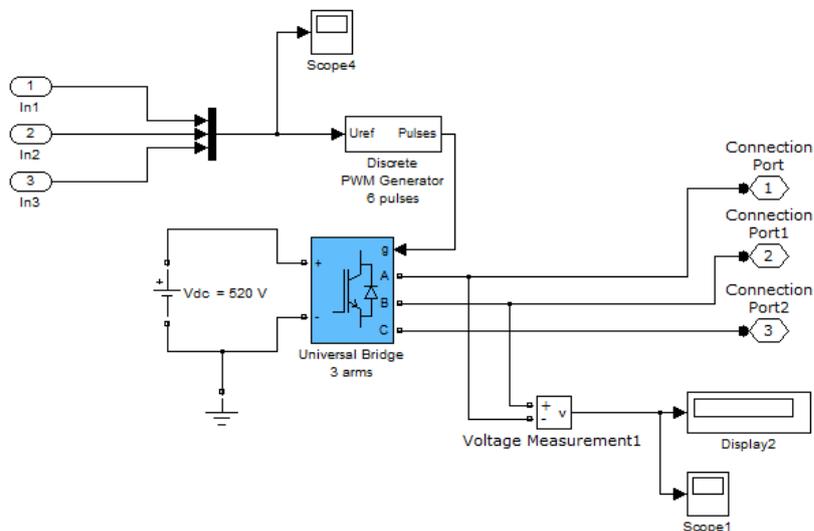


Рисунок 13 – Содержимое блоков Subsystem1 и Subsystem2.

При ШИМ-модуляции схема управления определяет моменты коммутации полупроводниковых приборов при равенстве опорного  $U_{оп}$  треугольного напряжения и управляющего  $U_y$  синусоидального. [6]

Принцип синусоидальной широтно-импульсной модуляции (ШИМ) показан на рис. 14.

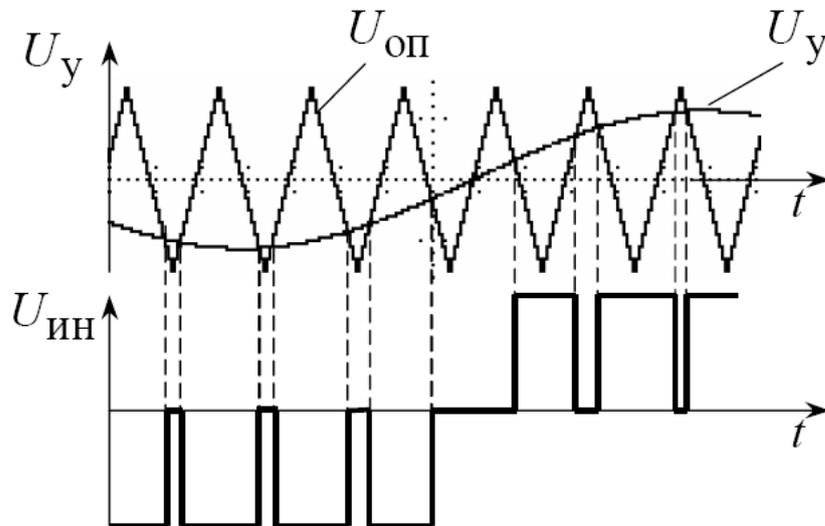
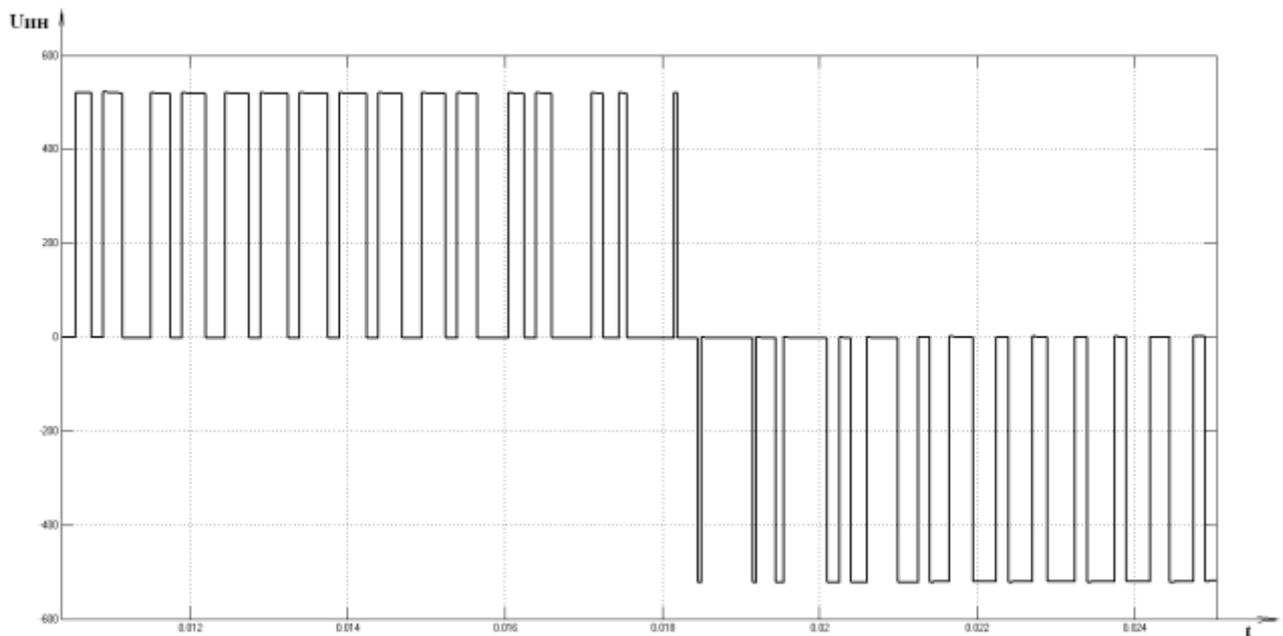


Рисунок 14 - Принцип синусоидальной широтно-импульсной модуляции

ШИМ-модуляция полученная в имитационной модели представлена на рис. 15.



## Рисунок 15 - Принцип синусоидальной широтно-импульсной модуляции

Далее сигнал идёт на асинхронные двигатели (рис 16).

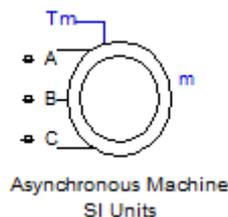


Рисунок 16 - Блок имитирующий асинхронный двигатель

Двигатели соответствуют выбранным ранее.

Таблица 8 - Характеристики электродвигателя

$P_n$ , кВт	ПВ, %	$\cos\varphi$ , о.е	$n_n$ , об/мин	$\eta_n$ , %
15	40	0.9	2940	90
$J_{об}, кг \cdot м^2$	$k_i = \frac{I_n}{I_n}$	$k_{max} = \frac{M_{кр}}{M_n}$	$k_n = \frac{M_{пуск}}{M_n}$	$k_{min} = \frac{M_{мин}}{M_n}$
0,043	6,5	3	2,2	1

На рисунке 17 представлена схема, собранная на основе уравнения 6, обеспечивающая вентиляторную нагрузку на двигатель.

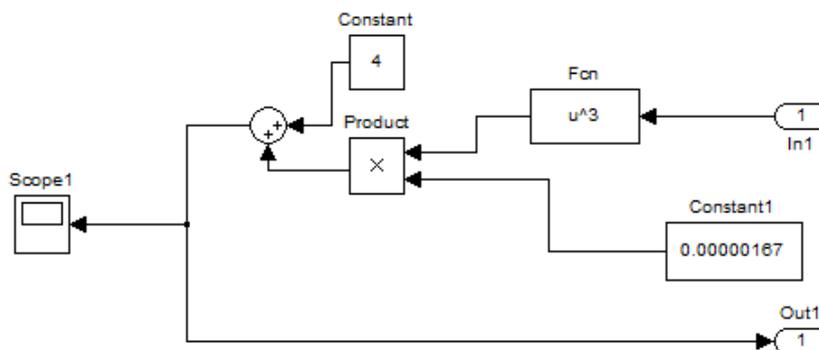


Рисунок 17 - Имитационная модель нагрузки

## 5.2 Переходные процессы

Рассмотрим ситуацию, в которой жидкость в бак поступает очень быстро. Включение двигателей происходит в зависимости от уровня в баке. Пусть уровень в баке поднялся до первого поплавкового выключателя. Следовательно, замыкаем ключ Manual Switch. Первый двигатель работает на половину мощности.

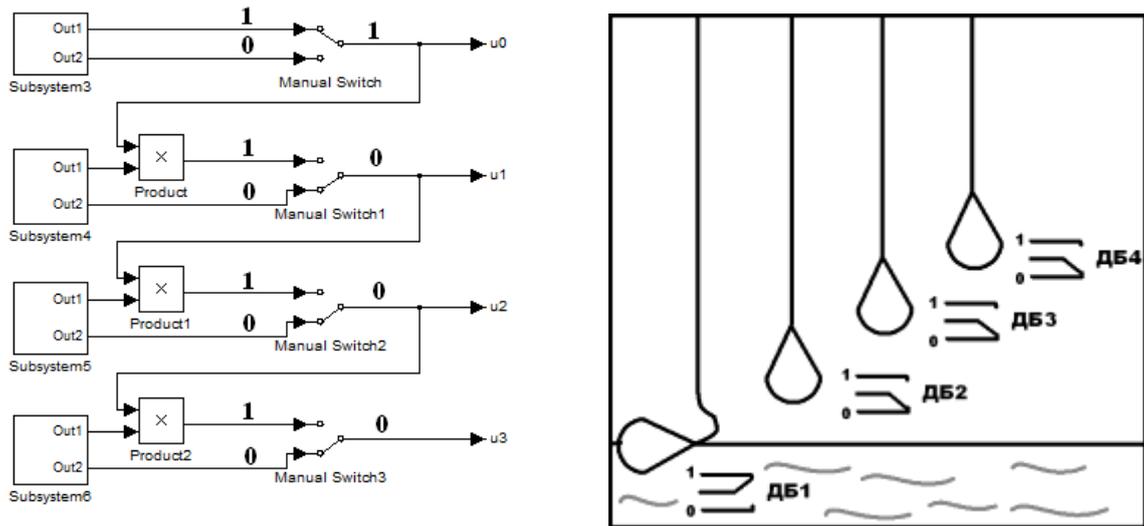


Рисунок 18 - Срабатывание первого поплавкового выключателя при подъеме воды до его уровня (имитационная модель и схематичное изображение).

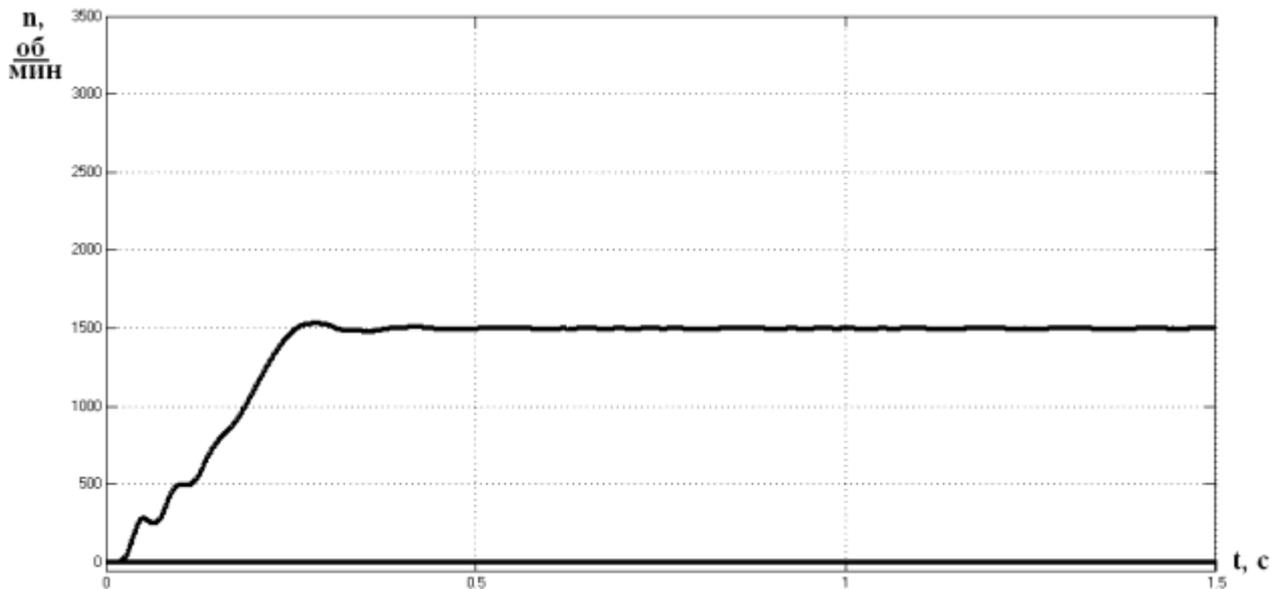


Рисунок 19 – Переходный процесс по скорости работы первого двигателя при включении первого поплавкового выключателя.

Далее уровень в баке поднимается до второго поплавкового выключателя. Следовательно замыкаем ключ Manual Switch 1. Первый двигатель работает на полную мощность.

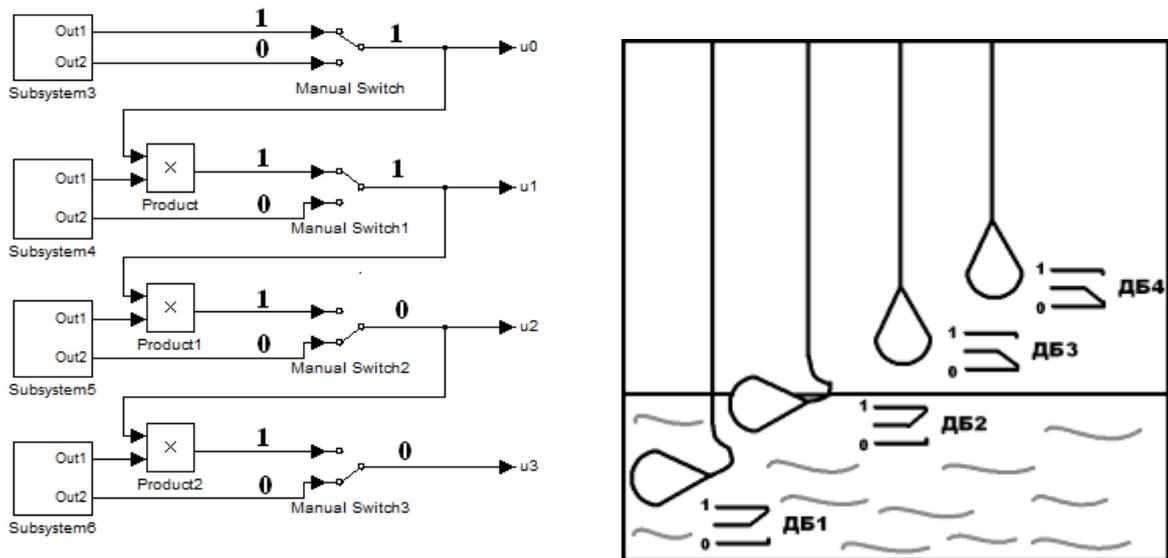


Рисунок 20 - Срабатывание второго поплавкового выключателя при подъеме воды до его уровня (имитационная модель и схематичное изображение).

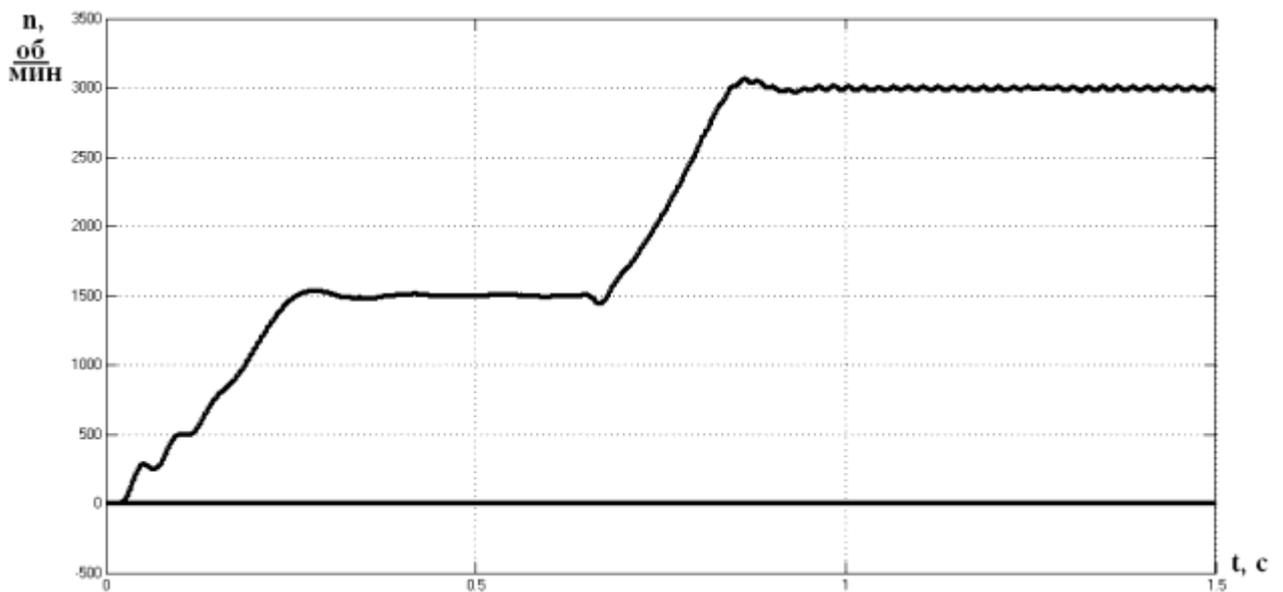


Рисунок 21 – Переходный процесс по скорости работы первого двигателя при включении второго поплавкового выключателя.

Но один двигатель не справляется и жидкость продолжает поступать в бак и достигает уровня третьего поплавкового выключателя. Замыкаем ключ

Manual Switch 2. Первый двигатель работает на полную мощность, а второй двигатель на половину своей мощности.

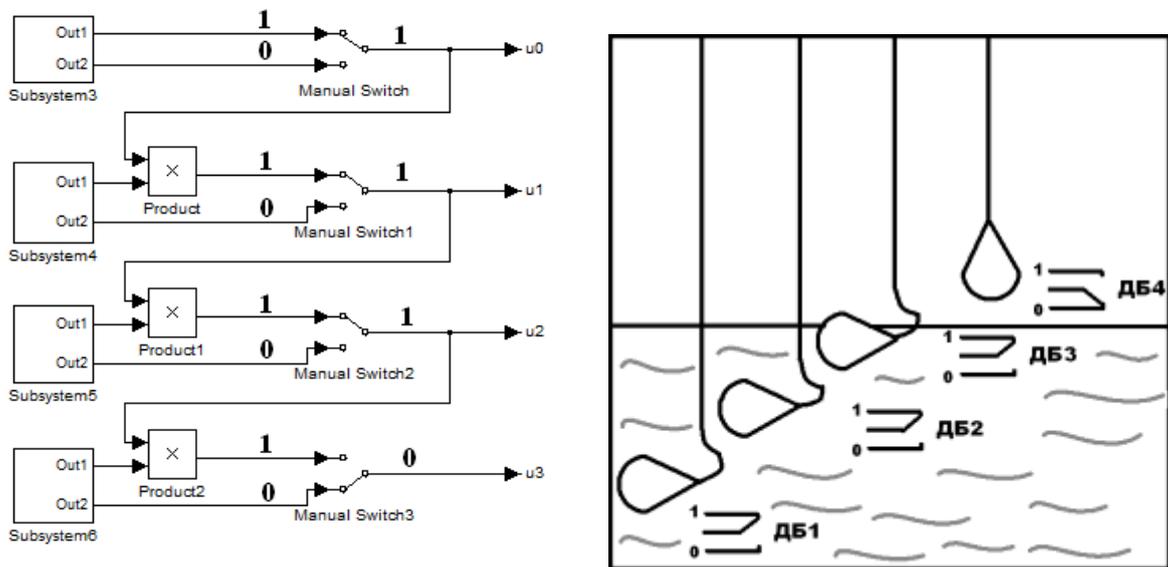


Рисунок 22 - Срабатывание третьего поплавкового выключателя при подъеме воды до его уровня (имитационная модель и схематичное изображение).

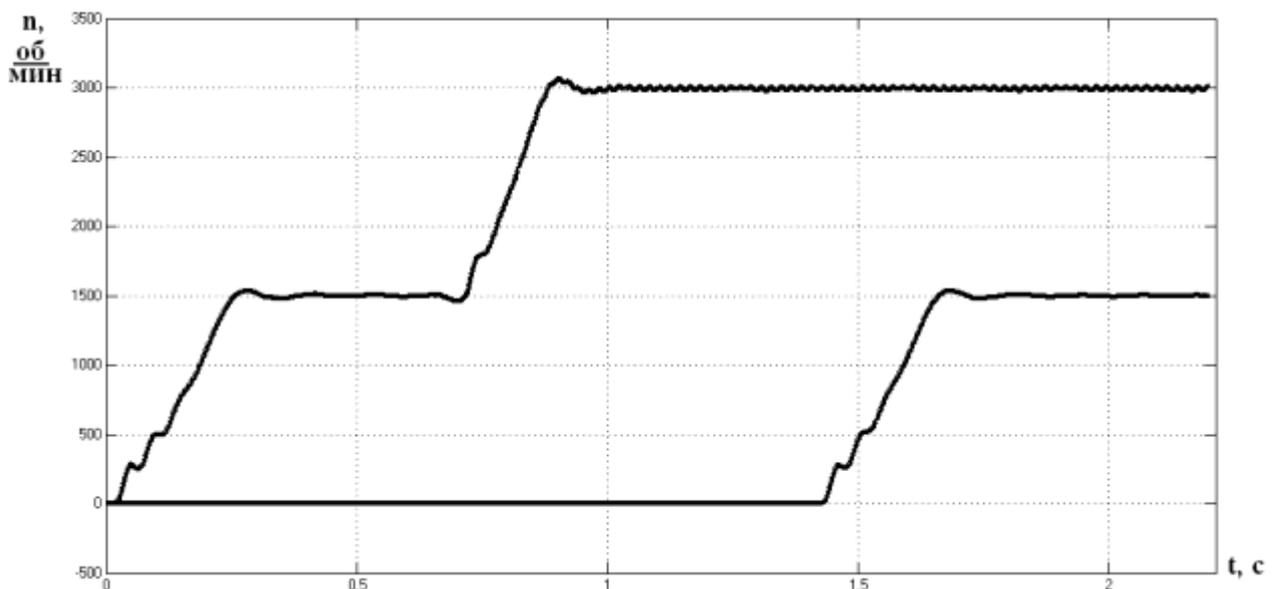


Рисунок 23 – Переходный процесс по скорости работы первого и второго двигателя при включении третьего поплавкового выключателя.

Жидкость продолжает поступать. Доходит до уровня третьего поплавкового выключателя. Замыкаем ключ Manual Switch 3. Первый и второй двигатели работают на полную мощность.

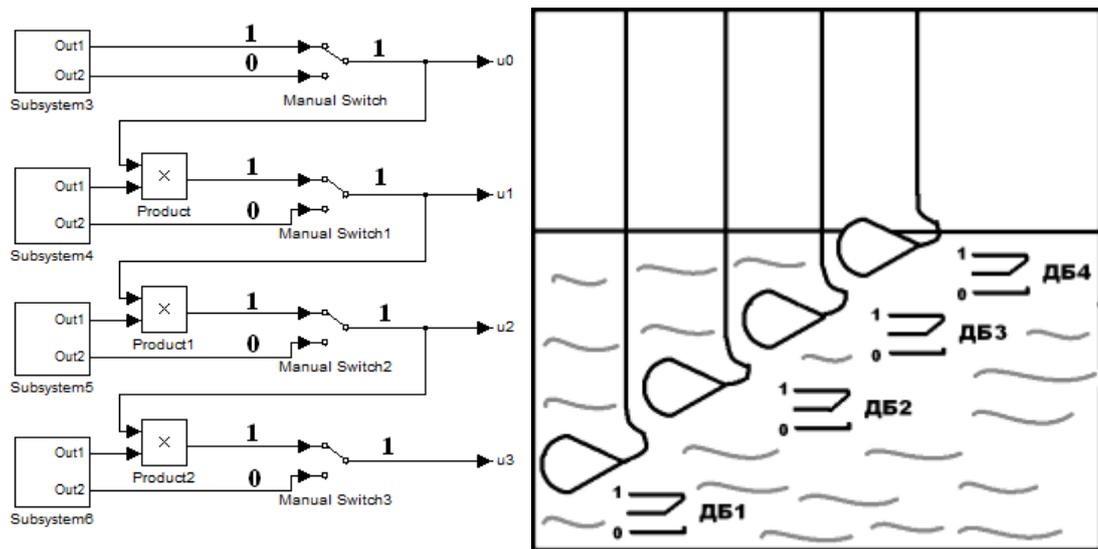


Рисунок 24 - Имитация срабатывания трёх поплавковых выключателей.

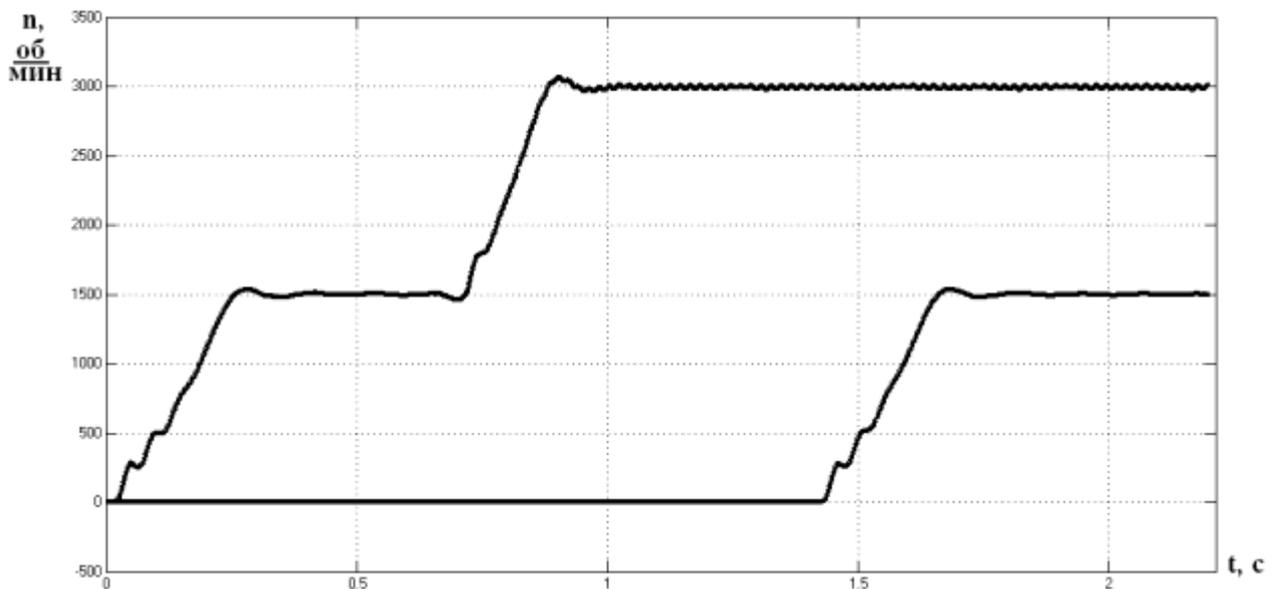


Рисунок 25 – Переходный процесс по скорости работы первого и второго двигателя при включении четвертого поплавкового выключателя.

## 6. Аварийный режим КНС

Рассмотрим ситуацию, в которой один двигатель выходит из строя, а уровень в баке достиг четвертого поплавка. Сигнал об аварии может прийти с датчика влажности и термодатчика (которые описаны далее) на ДНК-3. В этом случае контроллер насосной станции даёт сигнал на отключение

двигателя, в котором произошла поломка. Второй (резервный) двигатель берёт на себя всю нагрузку - работает за двоих.

На имитационную модель необходимо добавить 3 ключа, в цепь, между преобразователем частоты и двигателем. С помощью этих ключей происходит отключения первого двигателя, тем самым создается аварийная ситуация.

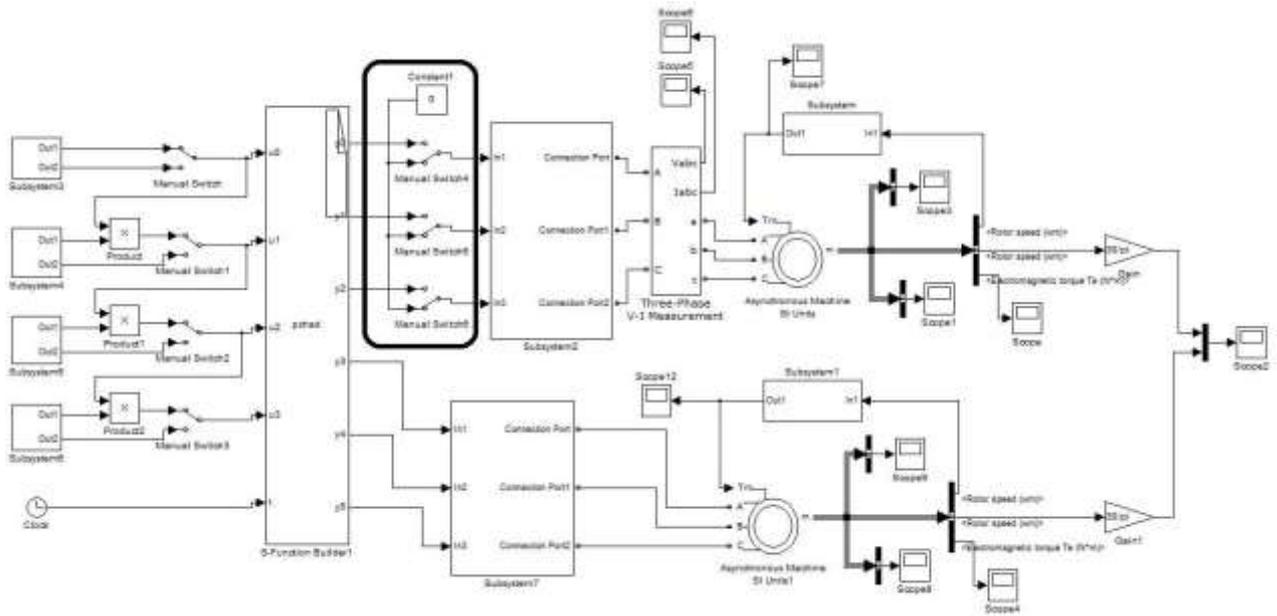


Рисунок 26 - Имитационная модель при аварийном режиме.

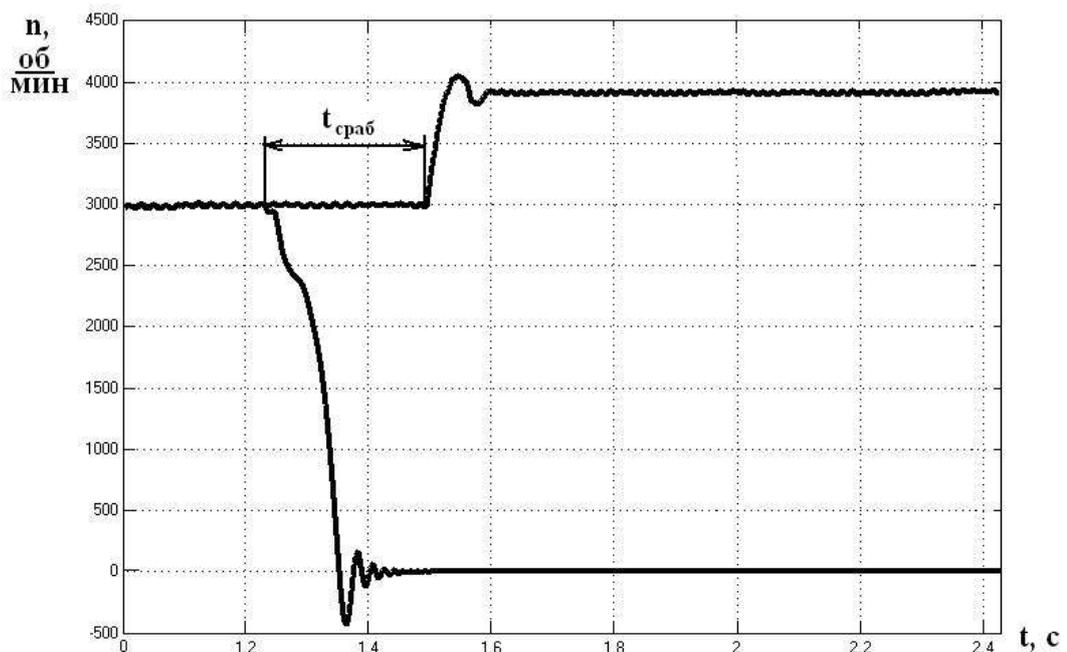


Рисунок 27 - Переходный процесс по скорости в аварийном режиме.

Из графика переходного процесса видим, что скорость второго двигателя повышается при отключении первого.

В соответствии с законом частотного регулирования  $\frac{U_{1*}}{f_{1*}^2} = const$  при работе на

естественной характеристики:  $\frac{U_{1н}}{f_{1н}^2} = \frac{220}{50^2} = 0,088 = const$

Найдём относительные значения частот питающего напряжения:

$$f_{1н1} = 50 \text{ Гц} ; f_{1н2} = 65 \text{ Гц} ; f_{1н3} = 90 \text{ Гц} ; f_{1н4} = 110 \text{ Гц}$$

Проведём расчет для одной частоты  $f_{1н3} = 75$

$$f_{1н3от} = \frac{f_{1н3}}{f_{1н}} = \frac{75}{50} = 1,5$$

Определяем угловую скорость:

$$\omega_{03} = \frac{2 \cdot \pi \cdot f_{1н3}}{p} = \frac{2 \cdot \pi \cdot 65}{1} = 408,2 \text{ рад/с}$$

По формуле (5) построим естественную и искусственные механические характеристики соответствующие рассчитанным параметрам и наложим на них насосную нагрузочную характеристику (рис. 28), результаты записываем в таблицу 9.

Таблица 9.

M <sub>50</sub> , Нм	42,1	45,5	49,4	59,6	66,4	74,3	85,3	98,7	136,4	98,1	0
ω,рад/ с	0	25	50	100	125	150	175	200	250	300	314
M <sub>65</sub> , Нм	18,1	19,2	20,5	23,5	27,5	32,9	41,6	54,7	75,8	71,8	0
ω,рад/ с	0	25	50	100	150	200	250	300	350	400	420

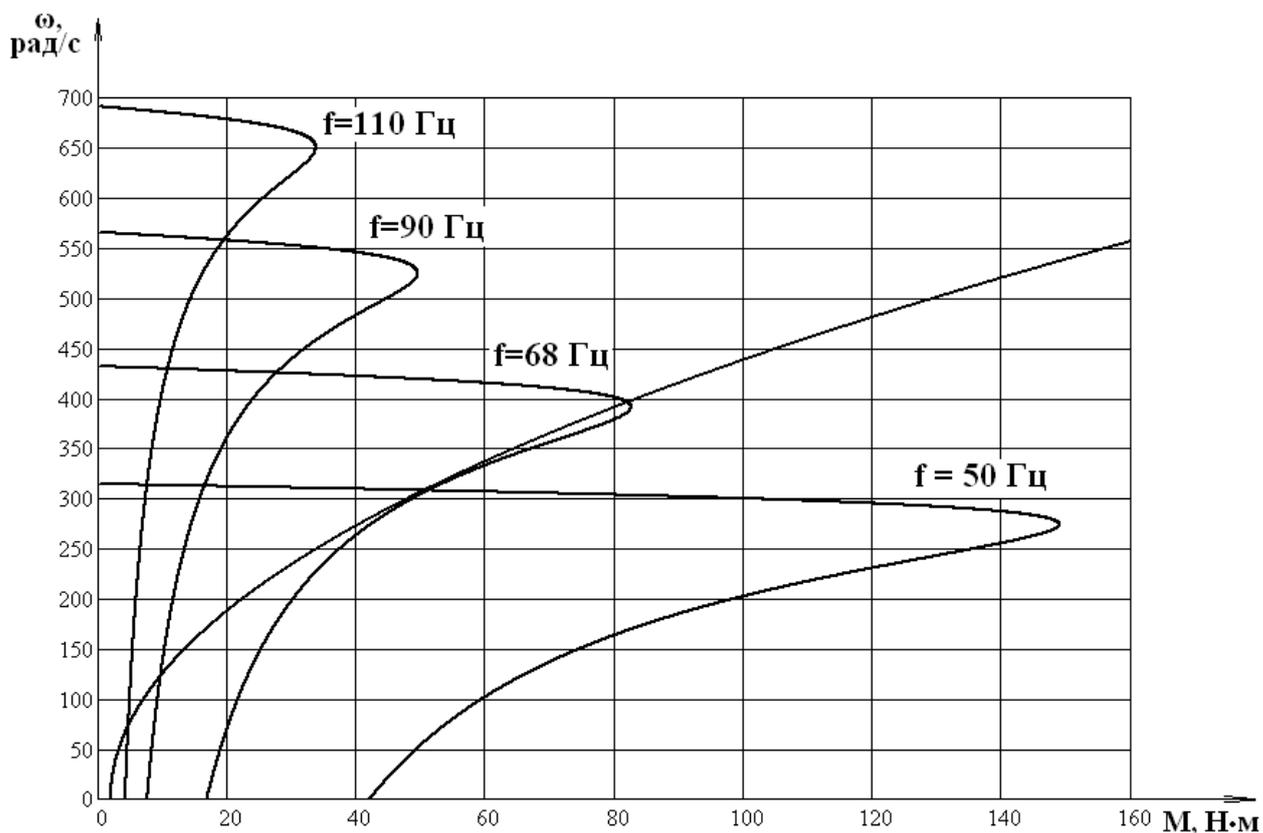


Рисунок 28. Механическая характеристика при аварийном режиме.

По формулам (1) и (2) рассчитываем соответственно зависимости  $I_2' = f(\omega)$  и  $I_1 = f(\omega)$ , которые представлены на рисунках 29, 30; расчетные данные приведены в таблицах 10, 11, 12, 13.

Таблица 10

$I_{1,50}, A$	169	168,5	167,9	166,4	163,4	161,1	157,3	150,5	138,9	113,3	301,6
$\omega, \text{рад/с}$	0	25	50	100	150	175	200	225	250	275	300

Таблица 11

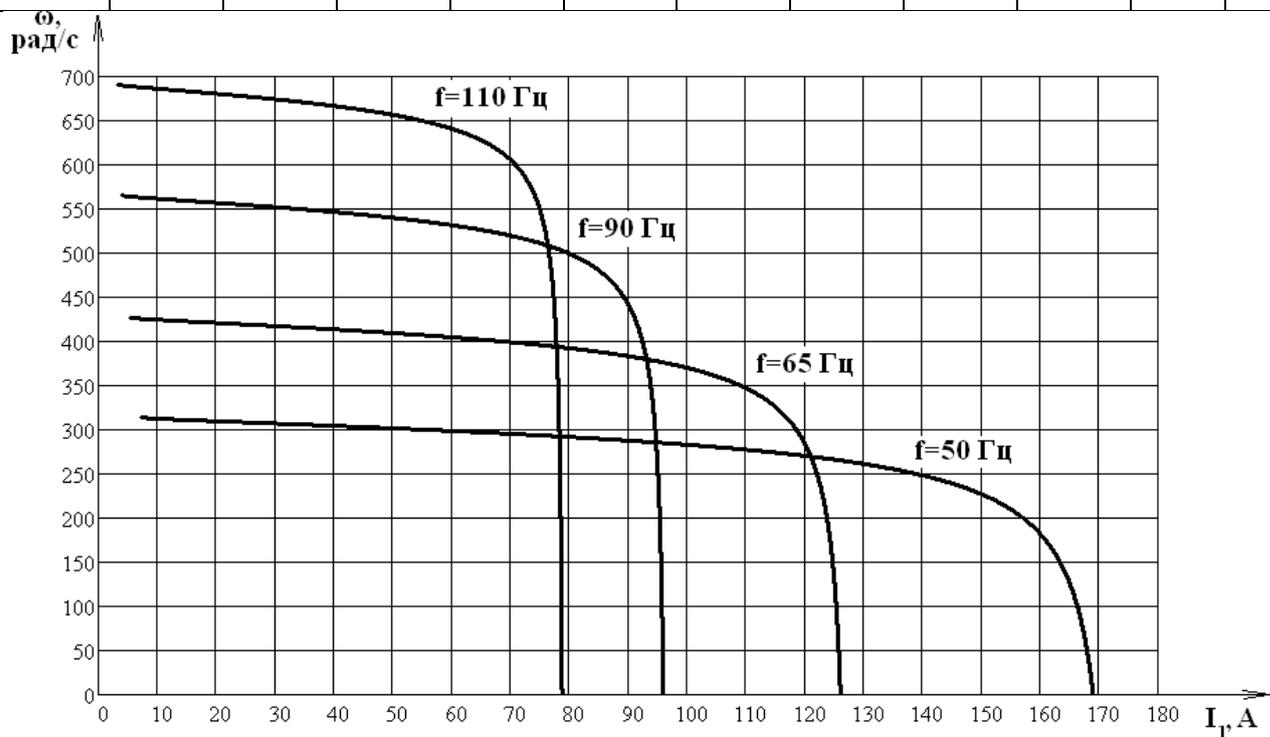
$I_{1,65}, A$	126,1	167,9	125,4	124,7	123,7	122,1	118,7	114,8	109,2	96,4	57,3
$\omega, \text{рад/с}$	0	50	100	150	200	250	300	325	350	375	400

Таблица 12

$I_{2,50}, A$	162,9	162,5	161,9	160,3	157,4	154,9	151,5	144,8	133,6	108,5	51,7
$\omega, \text{рад/с}$	0	25	50	100	150	175	200	225	250	275	300

Таблица 13

$\dot{I}_{2,65}, \text{ A}$	121,5	121,2	120,8	120,2	119,3	117,6	114,4	110,8	105,5	92,3	56,8
$\omega, \text{ рад/с}$	0	50	100	150	200	250	300	325	350	375	400

Рисунок 29 - Электромеханические характеристики  $I_1 = f(\omega)$

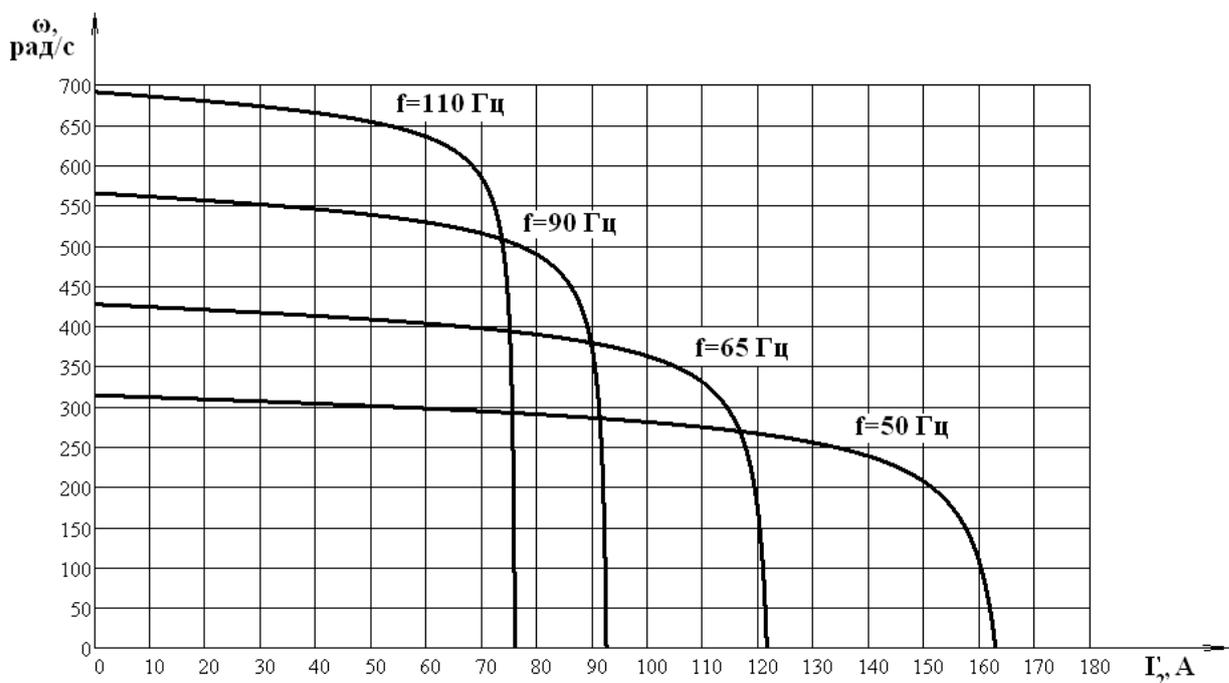


Рисунок 30 - Электромеханические характеристики  $I'_2 = f(\omega)$

В итоге можно сделать вывод, что при отключении одного двигателя, второй сможет взять на себя часть его нагрузки. Это достигается увеличением частоты. Увеличив частоту до 68 Гц двигатель будет работать на границе, т.е. на  $M_{кр}$  (рис. 28). Поэтому если такая аварийная ситуация возникнет, то лучше всего увеличить частоту до 65 Гц. Это будет более безопасно. Причём такое увеличение будет не желательно для механической части привода насоса, но он выдержит такую нагрузку.

## 7. Выбор оборудования насосной станции

### 7.1. Составление функциональной схемы измерительной системы электропривода

Функциональная схема измерительной системы электропривода разъясняет процессы, протекающие в отдельных функциональных цепях изделия (установки) или изделия (установки) в целом.

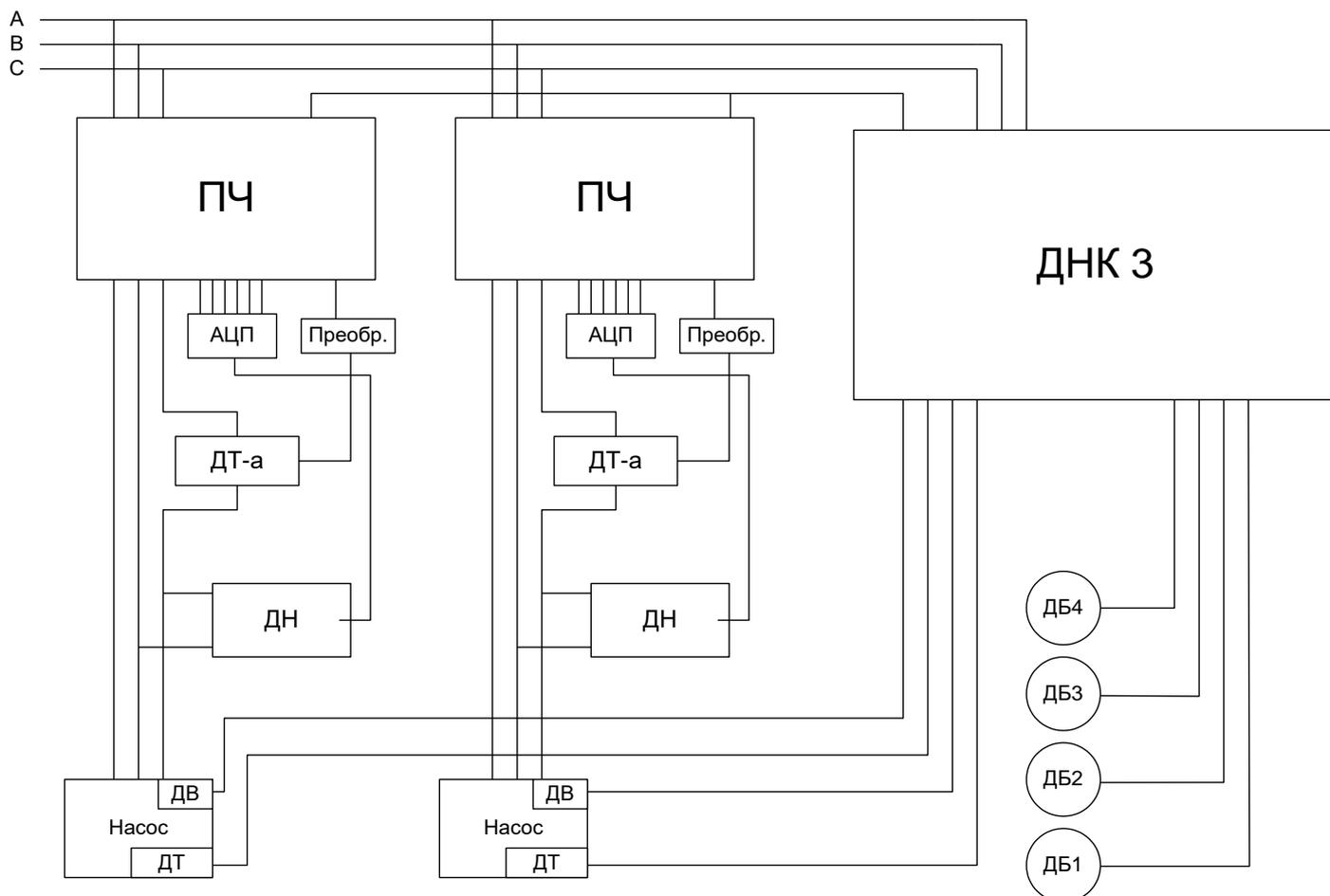


Рисунок 31 - Функциональная схема измерительной системы электропривода

ПЧ – преобразователь частоты;

ДНК 3 - контроллер насосной станции;

ДН – датчик напряжения;

ДТ-а – датчик тока;

ДТ – датчик температуры;

ДВ – датчик влажности;

АЦП - аналого-цифровой преобразователь;

Преобр. – преобразователь тока в напряжение;

ДБ1, ДБ2, ДБ3, ДБ4 – датчики бака.

## 7.2. Выбор датчика тока

Выбор датчик производим по номинальному току статора двигателя  
 $I_{1H} = 28.0584$  с учётом возможных скачков тока при пуске.

Выбираем датчик тока фирмы «LEM» LT 100-S/SP96 (рисунок 32).

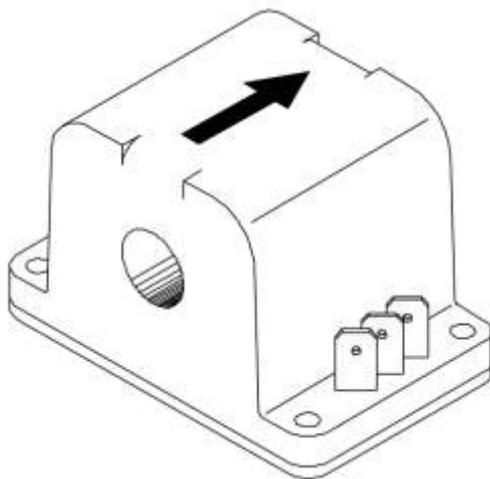


Рисунок 32 - Датчик тока LT 100-S/SP96

Датчик тока LT 100-S/SP96 служит для электронного преобразования токов: постоянного, переменного, импульсного и т.д. в пропорциональный выходной ток с гальванической развязкой между первичной (силовой) и вторичной (измерительной) цепями.

Данный датчик применяется в частотно-регулируемом приводе переменного тока, преобразователях для привода постоянного тока, системах управления работой аккумуляторных батарей, источниках бесперебойного питания, программируемых источниках питания и источниках питания для сварочных агрегатов.

Отличительные особенности:

- Компенсационный датчик на эффекте Холла
- Изолирующий пластиковый негорючий корпус
- Залит компаундом
- Рабочая температура - 40..+ 85°C

**Датчики компенсационного типа, основанные на эффекте Холла – это датчики со 100% обратной связью (также называемые**

компенсационными или датчиками с нулевым потоком) имеют встроенную компенсационную цепь, с помощью которой характеристики датчиков тока, использующих эффект Холла, могут быть существенно улучшены.

### Конструкция и принцип действия:

В то время как датчики прямого усиления дают выход напряжения  $U_{\text{Вых}}$ , пропорциональный увеличенному напряжению Холла  $V_H$ , компенсационные датчики обеспечивают выходной ток, пропорциональный напряжению Холла, который действует как сигнал обратной связи, чтобы компенсировать магнитное поле, создаваемое первичным током  $I_P$ , магнитным полем, создаваемым полем выходного тока  $I_S$ . [4]

Выходной ток намного меньше, чем  $I_P$ , потому что катушка с  $N_S$  витками предназначена для генерирования аналогичного магнитного потока (ампер-витков). Таким образом :

$$N_P * I_P = N_S * I_S$$

Следовательно, индукция  $B_S$  эквивалентна  $B_P$  и их соответствующие ампер-витки компенсируют друг друга. Таким образом, система действует при нулевом магнитном потоке в сердечнике (рисунок 33).

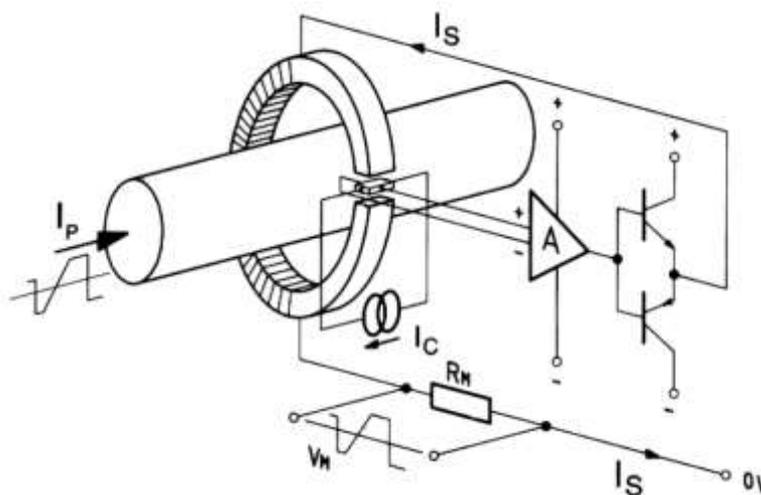


Рисунок 33 - Пояснение принципа работы компенсационного датчика.

Приведем для примера преобразование постоянного тока 100 А. Количество витков  $N_P = 1$ , потому что проводник ведет прямо к магнитной

цепи, тем самым составляя один виток. Вторичная (выходная) обмотка имеет 1000 витков ( $N_s = 1000$ ). Соотношение витков составляет 1:1000.

Как только  $I_p$  примет положительное значение, в сквозном отверстии магнитного сердечника возникает индукция  $B_p$ , создавая напряжение Холла  $V_H$  в элементе Холла. Это напряжение преобразовывается в ток с помощью генератора тока, каскад усилителя которого обеспечивает протекание тока через вторичную обмотку. Таким образом, создается поле с величиной индукции  $B_s$ , которая компенсирует поле с величиной индукции  $B_p$ .

Следовательно, окончательный вторичный выходной ток будет следующим:

$$I_s = (N_p * I_p) / N_s = (1 * 100) / 1000 = 100 \text{ мА}$$

$I_s$  - является точным отображением  $I_p$  по форме, но меньшим в 1000 раз. Такое преобразование тока как раз и используется для целей потребителей.

Компенсационные датчики способны измерять постоянный ток, переменный ток и токи иной формы с гальванической развязкой. Они выделяются следующим:

- отличная точность.
- очень хорошая линейность.
- малый температурный дрейф.
- очень быстрое время отклика и широкий частотный диапазон.
- не приводят к дополнительным потерям в измерительной цепи.
- токовый выход этих датчиков особенно приспособлен к применению при наличии помех окружающей среды. При необходимости очень легко преобразовать сигнал датчика в напряжение;
- датчики выдерживают перегрузки тока без повреждений.

Эти датчики особенно хорошо подходят к промышленному применению, когда требуется высокая точность и широкий частотный диапазон. Основным недостатком этой технологии является потребление мощности на компенсацию тока. Кроме того, для диапазона высоких токов

эти датчики более дорогие и имеют большие габариты по сравнению с аналогичными датчиками прямого усиления.

Несмотря на это, благодаря использованию современных способов производства и значительному опыту ЛЕМ в этой области, датчики компенсационного типа являются относительно дешевыми, особенно для диапазона малых токов.

#### **Диапазон преобразования тока.**

Действуя практически при нулевом потоке (на практике существуют рассеянные магнитные потоки), эти датчики имеют отличную линейность в области, лежащей выше номинального диапазона преобразования. Последний определяется мощностью источника питания для обеспечения вторичного (выходного) тока, принимая во внимание падение напряжения в датчике и на резисторе нагрузки.

На практике этот тип датчиков может измерять более высокие значения токов, чем определено в технических паспортах. При измерении импульсов тока, превышающих паспортные значения, необходимо помнить о возможном перегреве первичной цепи (шины) и корпуса. В этом случае датчик действует как трансформатор тока. В техническом паспорте не отражен подобный режим эксплуатации датчиков, так как каждое нестандартное применение требует специального исследования, и мы советуем проконсультироваться с нашими специалистами по поводу проведения необходимых испытаний.

#### **Точность преобразования.**

Точность преобразования зависит от нескольких факторов, зависящих от типа производимых преобразований. Это или электрические параметры (постоянный ток, переменный ток, промышленная частота или высокочастотные токи других форм) или параметры, зависящие от окружающей среды (окружающая температура и т.д.).

Факторы, влияющие на точность зависящие от температуры окружающей среды: - смещение выходного сигнала при  $I_p = 0$

- нелинейность.

зависящие от рабочей температуры: - дрейф начального выходного тока.

### **Время отклика и скорость нарастания выходного тока**

Время отклика определяется несколькими параметрами, среди которых: время реакции, время нарастания выходного сигнала до уровня  $0.9 I_N$ , время задержки. Время отклика сравнимо с временем задержки, которое тоже характеризует способность датчика без искажений повторять форму входного тока в зависимости от  $di/dt$ .

Время отклика для датчиков компенсационного типа - меньше 1 мкс. Правильное повторение формы входного тока на нагрузочном резисторе зависит от внутренней конструкции каждого датчика и от способа монтажа датчика в контролируемой схеме. Датчики способны, в зависимости от модели, обеспечить скорость нарастания выходного тока от 50 А / мкс до нескольких сотен А / мкс. Поэтому их используют для защиты полупроводниковых приборов в случае коротких замыканий в силовых цепях.

Технические данные датчика тока приведены в таблице 14.

Таблица 14.

Номинальное значение тока $I_N$ (А)	Диапазон значений тока $I_N$ (А)	Напряжение питания (В)	Точность при 25°C	при 25°C Частотный диапазон (кГц)	Рабочий диапазон температур (гр. С)	Тип исполнения
100	+/- 200	+/- 12...15	+/- 0,5%	DC - 150	-25/+70	на панель

Вторичная цепь

Вывод + : напряжение питания + 12В

Вывод М : измерительный

Вывод - : напряжение питания - 12В

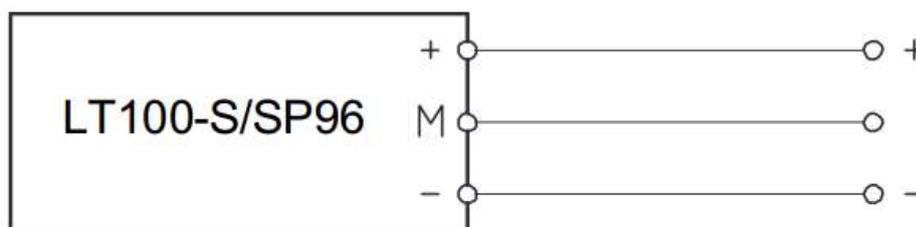


Рисунок 34 - Подключение датчик тока LT 100-S/SP96

Питание для датчика тока подведём от преобразователя частоты.

Напряжение источника питания  $U_{вх}=24В$ , а для датчика тока необходимо питание в  $U_{вых}=12В$ . Для уменьшения значения входного (питающего) напряжения используем делитель напряжения на резисторах (рис. 35) и произведем расчет.

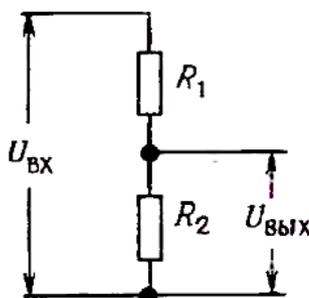


Рисунок 35 - Делитель напряжения

$$I_{вх} = \frac{U_{вх}}{R_1 + R_2} = \frac{U_{вых}}{R_2}$$

$$U_{вых} = U_{вх} \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

$$R_1 = \frac{U_{вх} \cdot R_2}{U_{вых}} - R_2$$

Сопротивление резистора  $R_2$  выбираем из ряда номинальных значений Е24: 1; 1,1; 1,2; 1,3; 1,5; 1,6; 1,8; 2; 2,2; 2,4; 2,7; 3; 3,3; 3,6; 3,9; 4,3; 4,7; 5,1; 5,6; 6,2; 6,8; 7,5; 8,2; 9,1.

Примем сопротивление  $R_2=5,1$  кОм, тогда:

$$R_1 = \frac{U_{вх} \cdot R_2}{U_{вых}} - R_2 = \frac{24 \cdot 5100}{12} - 5100 = 5,1 \text{ кОм.}$$

Выходной сигнал с датчика тока мы получаем в виде аналогового тока. Применим преобразователь тока в напряжение.

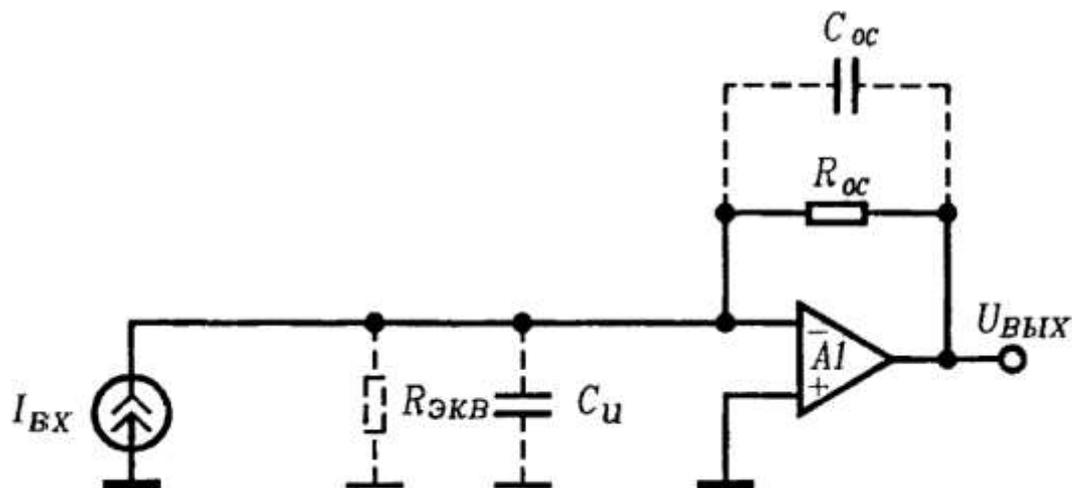


Рисунок 36 - Преобразователь тока в напряжение с виртуальной землёй

Большой собственный коэффициент усиления ОУ приводит к тому, что инвертирующий вход является виртуальной землей, поэтому протекающий через резистор  $R_{oc}$  ток равен току  $I_{вх}$ . Следовательно, выходное напряжение определяется соотношением  $U_{вых} = -R_{oc} \cdot I_{вх}$ . Показанная на рисунке 36 схема хорошо подходит для измерения малых токов. Верхний предел тока ограничивается выходным током ОУ. [1]

Сопротивление резистора  $R_{oc} = 91 \text{ Ом}$  (выбираем из ряда номинальных значений E24).

$$U_{вых} = -R_{oc} \cdot I_{вх} = -91 \cdot 100 \cdot 10^{-3} = -9,1 \text{ В}$$

где  $I_{вх}$  – номинальный аналоговый выходной ток датчика тока.

Выходной сигнал с датчика тока подключаем к клемме 53 (аналоговый вход по напряжению 0 – 10 В) на преобразователе частоты Danfoss VLT2882.

### 7.3. Выбор датчика напряжения

Выбираем датчик напряжения фирмы «LEM» LV 100/SP83 (рисунок 37).

Датчик напряжения LV 100/SP83 служат для электронного преобразования токов: постоянного, переменного, импульсного и т.д. в пропорциональный выходной ток с гальванической развязкой между первичной(силовой) и вторичной(измерительной) цепями.

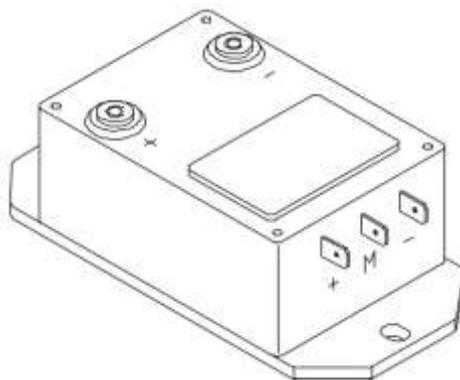


Рисунок 37 - Датчик напряжения LEM LV 100/SP83

Отличительные особенности:

- Компенсационный датчик на эффекте Холла
- Изолирующий пластиковый негорючий корпус

Данный датчик применяется в частотно-регулируемом приводе переменного тока, преобразователях для привода постоянного тока, системах управления работой аккумуляторных батарей, источниках бесперебойного питания и источниках питания для сварочных агрегатов.

Принцип работы: преобразуемое напряжение подаётся на входные клеммы датчика через внешний резистор  $R_1$ , величина которого выбирается пользователем исходя из номинального входного тока датчика.

Таблица 15 - Технические данные датчика напряжения

Номинальное значение напряжения (VPN),В	Номинальное значение тока,мА	Напряжение питания (В)	Точность при 25°С	Время задержки (мкс)	Рабочий диапазон температур (гр. С)	Тип исполнения
100...2500	10	+/- 15	+/- 0,7%	20...100	-25/+70	На панель, внешний резистор

### **Конструкция и принцип действия**

Датчики напряжения, основанные на эффекте Холла, основаны на тех же принципах, что и датчики тока. Практически, они собраны на основе датчиков тока, а главное отличие состоит в первичной цепи, катушка которой изготовлена с большим количеством витков. Это позволяет создать необходимое количество ампер-витков для создания первичной индукции, и таким образом при минимальном значении первичного тока, обеспечивается минимальное потребление из входной цепи (цепи преобразуемого напряжения).

Поэтому для измерения напряжения достаточно обеспечить первичный ток, эквивалентный этому напряжению, который и будет преобразовывать датчик. Это достигается с помощью резистора, последовательно соединенного с первичной обмоткой.

Таким образом, датчики напряжения, основанные на эффекте Холла, представляют собой датчик тока с первичной многовитковой обмоткой и добавочном резистором  $R_1$ . Этот резистор может быть внешним или встроенным в конструктив датчика.

### **Датчик напряжения с внешним резистором.**

Дополнительно должно быть рассчитано значение внешнего резистора  $R_1$  (рис. 38).

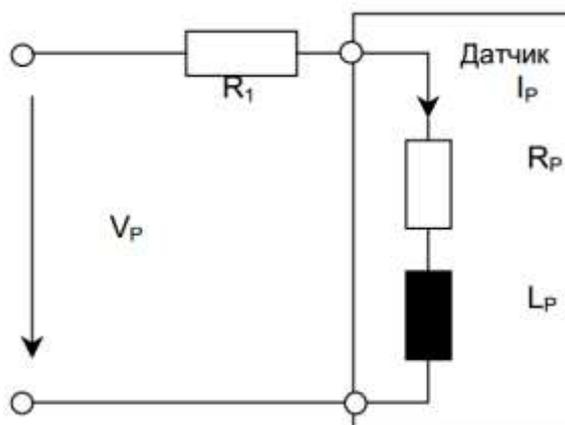


Рисунок 38 - Эквивалентная схема для расчета внешнего резистора  $R_1$ .

Определим значение внешнего резистора  $R_1$  для преобразования номинального напряжения  $V_{PN} = 230$  В, с пиковым значением 500 В.

а) Определение значения внешнего резистора  $R_1$ :

Номинальный ток:  $I_{PN} = 10$  мА

Диапазон преобразования  $I_p = 20$  мА

Сопротивление первичной обмотки  $R_p = 1900$  Ом

$$R_1 = V_{PN} / I_{PN} - R_p = (230 / 10 \cdot 10^{-3}) - 1900 = 21\,100 \text{ Ом}$$

$$R_1 = 21.1 \text{ кОм}$$

Номинальное значение мощности  $P$ , рассеиваемой в резисторе  $R_1$

$$P = I_{PN}^2 \cdot R_1 = 10^2 \cdot 21.1 = 2.11 \text{ Вт}$$

Для избежания чрезмерного температурного дрейфа значения  $R_i$  и ради надежности работы схемы необходимо выбирать номинальную мощность резистора в 3 -4 раза выше, чем рассчитанная мощность рассеивания. В данном случае желательно выбрать:

$$R_1 = 21.1 \text{ кОм} / 8\text{Вт}$$

Полное сопротивление  $R$  первичной цепи датчика будет следующим:

$$R = R_p + R_1 = 23 \text{ кОм}$$

Технические данные датчика напряжения приведены в таблице 3.

Рассчитаем сопротивление нагрузки для получения выходного напряжения 5 В которое в дальнейшем пойдёт на АЦП.

- температура окружающей среды до  $t^\circ = 70$  °С

- напряжение питания  $V_{пит} = \pm 15 \text{ В}$

- выходной ток  $I_S = 50 \text{ мА}$

Для данных параметров в техническом паспорте рекомендуется использовать нагрузочное сопротивление в пределах:

$R_{Hmin} = 0 \text{ Ом}$  и  $R_{Hmax} = 150 \text{ Ом}$

$R_H = V_H / I_S = 5 \text{ В} / 50 \text{ мА} = 100 \text{ Ом}$

Преимущества:

- Высокая точность
- Хорошая линейность
- Низкий температурный дрейф
- Оптимальное время задержки
- Широкий частотный диапазон
- Высокая помехозащищенность
- Высокая перегрузочная способность.

### Вторичная цепь

Вывод + : напряжение питания + 15 В

Вывод М : измерительный

Вывод - : напряжение питания - 15 В

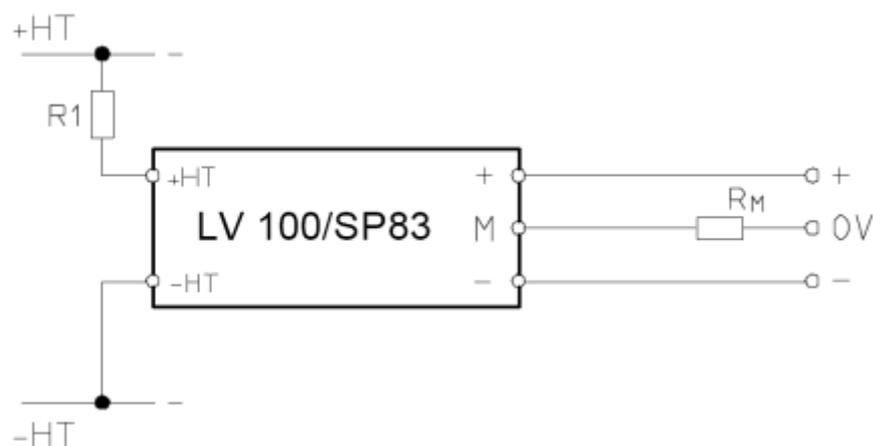


Рисунок 39 - Подключение датчика напряжения LEM LV 100/SP83

где  $R_M$  – нагрузочный резистор.

Питание для датчика напряжения подведём от преобразователя частоты.

Напряжение источника питания  $U_{вх}=24В$ , а для датчика напряжения необходимо питание  $U_{вых}=15В$ . Для уменьшения значения входного (питающего) напряжения используем делитель напряжения на резисторах (рисунок 36) и произведем расчет.

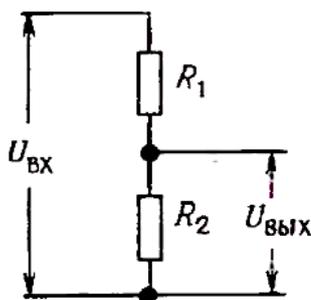


Рисунок 40 - Делитель напряжения

$$I_{ex} = \frac{U_{ex}}{R_1 + R_2} = \frac{U_{вых}}{R_2}$$

$$U_{вых} = U_{ex} \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

$$R_1 = \frac{U_{ex} \cdot R_2}{U_{вых}} - R_2$$

Сопротивление резистора  $R_2$  выбираем из ряда номинальных значений E24.

Примем сопротивление  $R_2=5.1$  кОм, тогда:

$$R_1 = \frac{U_{ex} \cdot R_2}{U_{вых}} - R_2 = \frac{24 \cdot 5100}{15} - 5100 = 3 \text{ кОм.}$$

#### 7.4. Выбор аналого-цифрового преобразователя

**Аналого-цифровой преобразователь** — устройство, преобразующее входной аналоговый сигнал в дискретный код (цифровой сигнал).

Для того чтобы сигнал с датчика тока завести в преобразователь частоты нам понадобится аналого-цифровой преобразователь.

Выберем 8-разрядный АЦП фирмы National Semiconductor. Из 8-разрядных преобразователей с параллельным интерфейсом ранних выпусков

типичным является **ADC08161** со временем преобразования 560 нс, использующий архитектуру двухступенчатого АЦП со схемой выборки — хранения. Это усовершенствованный вариант существующего ранее ADC08061, в отличие от которого у ADC08161 имеется внутренний источник опорного напряжения на ширине запрещенной зоны. АЦП выпускается в 20-выводном корпусе SOIC с расположением и назначением выводов, приведенном на рис. 41.



Рисунок 41 - Аналого-цифровой преобразователь ADC08161

ADC08161 не требует внешней синхронизации и осуществляет аналого-цифровое преобразование в полном диапазоне амплитуд входных сигналов с частотами от нуля до 300 кГц. Область применения ADC08161, определяемая его параметрами, достаточно широка — это всевозможные микропроцессорные системы, измерительные приборы, среднескоростные системы сбора данных и др.

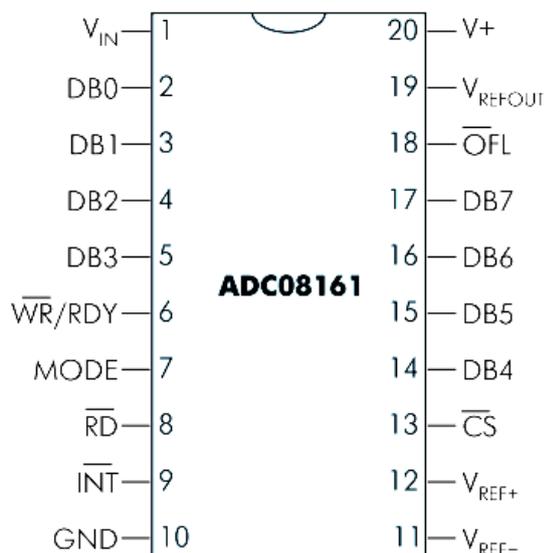


Рисунок 42 - Расположение и назначение выводов АЦП ADC08161

$V_{IN}$  — аналоговый вход с диапазоном напряжения входного сигнала от 0 до напряжения питания  $V+$ ; DB0-DB7 — цифровые выходы с тремя состояниями;

WR/RDY — выход с открытым стоком индикации записи и чтения;

MODE — цифровой вход управления режимами; низкий уровень — чтение, высокий — запись;

RD — цифровой вход чтения, низкий уровень разрешает появление на выходах DB цифровых данных;

INT — цифровой выход индикации конца преобразования, появление низкого уровня указывает на то, что преобразование закончено, и выходные данные зафиксированы;

GND — минус источника питания, при работе с внешним ИОН соединяется с одним из выводов  $V_{REF}$ ;

$V_{REF+}$   $V_{REF-}$  — входы внешнего опорного напряжения в диапазоне от 0 до напряжения питания  $V+$ ;

CS — цифровой вход «выбор кристалла», активный уровень низкий;

OFL (Overflow Output) — выход сигнала переполнения, используется для каскадирования АЦП;  $V_{REFOUT}$  - выход внутреннего ИОН 2,5 В, шунтируется конденсатором 220 мкФ;

$V+$  — напряжение питания, номинальное значение 5 В. Для корректной работы микросхемы вывод  $V+$  следует шунтировать танталовым керамическим конденсатором емкостью 10 мкФ и 0,1 мкФ соответственно.

Технические данные АЦП ADC08161 приведены в таблице 16.

Таблица 16.

Разрядность	Интерфейс	Время преобразования	Интегральная нелинейность	Число каналов	Внутренний ИОН	Напряжение питания	Рассеиваемая мощность
		мкс	ЕМР			В	мВт
		макс	макс			тип	макс
8	Параллельный	0,56	±1	1	Да	5	100

Напряжение источника питания  $U_{вх}=5В$ , а для АЦП необходимо питание  $U_{вых}=5В$ . Для уменьшения значения входного (питающего) напряжения используем делитель напряжения на резисторах (рисунок 38) и произведем расчет.

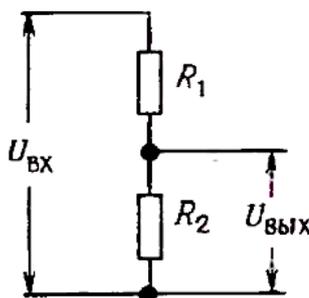


Рисунок 43 - Делитель напряжения

$$I_{вх} = \frac{U_{вх}}{R_1 + R_2} = \frac{U_{вых}}{R_2}$$

$$U_{вых} = U_{вх} \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

$$R_1 = \frac{U_{вх} \cdot R_2}{U_{вых}} - R_2$$

Сопротивление резистора  $R_2$  выбираем из ряда номинальных значений E24.

Примем сопротивление  $R_2=5.1$  кОм, тогда:

$$R_1 = \frac{U_{вх} \cdot R_2}{U_{вых}} - R_2 = \frac{24 \cdot 5100}{5} - 5100 = 19,4 \text{ кОм.}$$

## **7.5. Щит управления двухнасосной станцией.**

Щит управления с системой управления двумя насосами предназначен для управления работой и защиты от аварий двухнасосной станции (общий вид щита управления двухнасосной станции приведен в приложении В). Основные технические данные щита управления приведены в таблице 17.

Основная задача системы - поддержание заданного уровня жидкости в резервуаре в автоматическом режиме и предотвращение аварий насосов. Отличительная особенность системы состоит в равномерном расходе ресурса насосов (по количеству пусков). Равное количество пусков обеспечивается строгой очередностью включения насосов .

Щит управления поддерживает заданный уровень жидкости, опираясь на анализ состояния 4-х датчиков уровня бака, расположенных в обслуживаемом резервуаре. В качестве датчиков бака (датчиков уровня) используются поплавковые датчики с переключающимся контактом.

Таблица 17 - Основные технические данные щита управления.

№	Наименование	Значение
1	Напряжение питания щита управления / частота тока	~380В/50Гц
2	Нагрузка максимальная (мощность электродвигателей)	2x15 кВт
3	Допустимое отклонение напряжения питания от номинала	+10%... -15%
4	Тип датчиков температуры	сопротивление
5	Тип датчиков влажности	Датчик влажности СС06
6	Тип датчиков уровня бака	сухой контакт
7	Окружающая температура при работе	(-20...+40) °С
8	Окружающая температура при хранении	(-25...+50)°С
9	Относительная влажность воздуха	80% без конденсата
10	Максимальная высота над уровнем моря	1000м
11	Габариты (без учёта узлов крепления) щита управления для двухнасосной станции с УПП	750x300x1200мм
12	Масса щита управления для двухнасосной станции с УПП	80кг
13	Степень защиты	IP54

### **Устройство щита управления двухнасосной станцией.**

Щит управления двухнасосной станцией состоит из:

- 1) корпуса, монтажной платы, крышки, крепёжных деталей;
- 2) магнитных пускателей;
- 3) автоматических выключателей;
- 4) светосигнальной арматуры;
- 5) системы проводов;
- 6) клеммных колодок;
- 7) контроллера насосной станции ДНК-2;
- 8) устройств плавного пуска (УПП) MSF030.

## **Описание системы управления двумя насосами с щитом управления на основе ДНК-3**

Система реализует следующие функции:

- 1) управление насосами по уровню перекачиваемой жидкости посредством сигналов датчиков бака (поплавковых выключателей);
- 2) переключение насосов по заданному алгоритму (после каждого включения, через 24 часа);
- 3) защиту от аварийных ситуаций таких, как:
  - перегрев двигателя насоса;
  - попадание воды в масляный картер насоса;
  - переполнение бака с перекачиваемой жидкостью;
  - отсутствие перекачиваемой жидкости (работа насосов "на сухую");
  - неисправность датчиков насосов и датчиков уровня бака, и их цепей;
  - выход напряжения питающей сети за допустимые границы;
  - неправильная фазировка питающей сети (пуск двигателей в обратную сторону);
- 4) запоминание произошедших аварийных ситуаций;
- 5) счетчик моточасов по каждому насосу;
- 6) напоминание о необходимости обслуживания насосов (по выработке заданного количества моточасов);
- 7) мониторинг состояния датчиков, облегчающий ремонт в случае возникновения неисправности.

Система состоит из:

Контроллера насосной станции ДНК-3, двух устройств плавного пуска MSF030, датчиков бака.

В системе присутствуют четыре датчика бака. [18]

## 7.6. Выбор контроллера

Выбираем контроллер насосной станции ДНК-3 выпускаемый ООО "Научно-техническая фирма "МИКРОНИКС", т.к. он предназначен для управления именно двухнасосной станцией и удовлетворяет все наши требования.

Контроллер насосной станции ДНК-3 предназначен для управления работой и защиты от аварий насосов необслуживаемых откачивающих насосных станций. Изделие ДНК-3 полностью заменяет изделие ДНК-2. Основная задача ДНК – поддержание уровня жидкости в резервуаре не выше заданного и предотвращение аварий насосов. Изделие предназначено для управления двумя насосами в составе шкафа управления насосной станцией. Изделие рассчитано на монтаж в шкаф на DIN-рейку. Уровень жидкости в резервуаре определяется по четырем датчикам уровня (датчикам бака).

Изделие реализует следующие функции:

- переключение по выбранному алгоритму двух насосов;
- возможность выбора алгоритма, обеспечивающего равномерный расход ресурса насосов (как по моточасам, так и по числу пусков);
- защиту от аварийных ситуаций, таких как:
  - перегрев двигателя насоса,
  - попадание воды в масляный картер насоса,
  - переполнение бака с перекачиваемой жидкостью,
  - отсутствие перекачиваемой жидкости (работа насосов "на сухую"),
  - неисправность датчиков насосов и датчиков уровня бака,
  - выход напряжения питающей сети за допустимые границы,
  - неправильная фазировка питающей сети (пуск двигателей в обратную сторону);
  - уменьшение сопротивления изоляции двигателя насоса;
- запоминание произошедших аварийных ситуаций;
- счетчик моточасов по каждому насосу;

- напоминание о необходимости обслуживания насосов (по выработке заданного количества моточасов);
- мониторинг состояния датчиков, облегчающий ремонт в случае возникновения неисправности;
- удаленный мониторинг состояния изделия и подключенных к нему насосов по последовательному интерфейсу (для ДНК-3И);
- удаленное управление состоянием насосов и режимом работы по последовательному интерфейсу (для ДНК-3И);
- пробные пуски выключенных насосов.

Способами защиты от аварийных ситуаций являются:

- переход на специальный алгоритм работы, обеспечивающий поддержание уровня жидкости даже при неисправности двух из четырех датчиков уровня бака и не допускающий повреждения насосов;
- отключение насосов.

Изделие предназначено для совместной работы с насосами, оборудованными датчиками влажности типа СС06 (производства НТФ "Микроникс") и резистивным термодатчиком (термодатчиками) с восходящей характеристикой (ptc-типа) сопротивлением срабатывания около 2 кОм. Возможные типы термодатчиков: СТ14-2, ТРП10, В59 и аналогичные.

Изделие поддерживает заданный уровень жидкости, опираясь на анализ состояния 4-х датчиков уровня жидкости, расположенных в обслуживаемом резервуаре (далее "датчики бака"). В качестве датчиков бака используются поплавковые датчики с переключающимся контактом. Могут использоваться как датчики с малым гистерезисом (одноуровневые), так и с регулируемым гистерезисом (двухуровневые). Также возможно применение датчиков бака с одним замыкающимся контактом. В качестве одноконтатных датчиков могут быть использованы кондуктометрические датчики.

Изделие питается от однофазной сети переменного тока 220 В и может управлять работой насосов, имеющих как однофазное (220В), так и трёхфазное (380 В) питание.

Изделие также позволяет управлять работой насосной станции в упрощённых конфигурациях:

- при использовании насосов, не имеющих датчиков влажности и (или) температуры;
- при числе датчиков уровня менее четырех;
- при наличии только одного насоса (одно-насосная конфигурация).

Необходимо учитывать, что упрощённые конфигурации снижают надёжность работы насосной станции.

Таблица 18 - Основные технические характеристики

Напряжение питания изделия / (ток потребления, не более)	85-265 В / (45 мА)
Количество насосов, не более	2
Тип датчиков температуры	ТРП-10
Тип датчиков влажности	"Микроникс" СС06
Тип датчиков уровня	переключающийся контакт, замыкающийся контакт, кондуктометрический датчик
Период времени между предыдущим обслуживанием и появлением напоминания о необходимости обслуживания насоса	720 часов
Анализ правильной последовательности питающих фаз	Да
Тип питающей сети, для которой производится анализ последовательности фаз и уровней напряжений	50Гц 380 В, 3 фазы или 220 В
Диапазоны установок напряжений питающей сети, в которых устройство контроля фаз допускает работу ДНК	187-242 В, 176-253 В, 165-264 В, 154-275 В
Точность индикации напряжения питающей сети	±3 %

Изделие представляет собой микропроцессорное устройство с предустановленной программой. В изделии присутствуют:

•ВХОДЫ:

- для датчиков влажности;
- для датчиков температуры;
- для датчиков уровня;
- управления полуавтоматическим режимом;
- измерения изоляции;
- питающей сети;

•ВЫХОДЫ:

- управления насосами;
  - сигнализации;
- интерфейс RS485 (для модификации ДНК-3И).



Рисунок 44 - Внешний вид ДНК-3

Все входы (за исключением входов питающей сети) работают по одинаковой схеме: на вход из изделия подается постоянное напряжение и измеряется падение напряжения на подключенной к этому входу цепи. Изделие запитывается от фазы А. К фазам В и С подключаются только высокоомные измерительные цепи.

Выходы управления насосами содержат симисторы, которые подают на нагрузку, подключенную к данным выходам фазу А. Выход сигнализации представляет собой переключающийся контакт реле. [18]

Таблица 19 - Назначение клемм контроллера ДНК-3

Номер	Маркировка	Назначение	
1	Насос 1	В	Подключение датчика влажности насоса 1
2		Т	Подключение датчика температуры насоса 1
3		О	Подключение общего провода датчиков насоса 1
4	Насос 2	В	Подключение датчика влажности насоса 2
5		Т	Подключение датчика температуры насоса 2
6		О	Подключение общего провода датчиков насоса 2
7	ДБ1	Н	Подключение контакта нижнего положения ДБ1
8		В	Подключение контакта верхнего положения ДБ1
9		О	Подключение общего контакта ДБ1
10	ДБ2	Н	Подключение контакта нижнего положения ДБ2
11		В	Подключение контакта верхнего положения ДБ2
12		О	Подключение общего контакта ДБ2
13	ДБ3	Н	Подключение контакта нижнего положения ДБ3
14		В	Подключение контакта верхнего положения ДБ3
15		О	Подключение общего контакта ДБ3
16	ДБ4	Н	Подключение контакта нижнего положения ДБ4
17		В	Подключение контакта верхнего положения ДБ4
18		О	Подключение общего контакта ДБ4
19	Сеть	А	Подключение фазы А питающей сети
20		Н	Подключение нейтрали питающей сети
21		В	Подключение фазы В питающей сети
22		С	Подключение фазы С питающей сети
23	Упр.	Н1	Подключение пускателя насоса 1
24		Н2	Подключение пускателя насоса 2

## 7.7. Датчик температуры

Датчик температуры может контролировать температуру обмоток двигателя, подшипников насоса. Датчик температуры представляет собой термосопротивление с положительным температурным коэффициентом. ДНК различает три различных состояния датчика температуры: короткое замыкание (КЗ), норма и перегрев (обрыв). Первое состояние является аварией датчика (либо соединительных проводов), последнее – аварией насоса. [17]

Выбираем датчик температуры ТРП-10 как рекомендовано в руководстве к контроллеру ДНК-3.

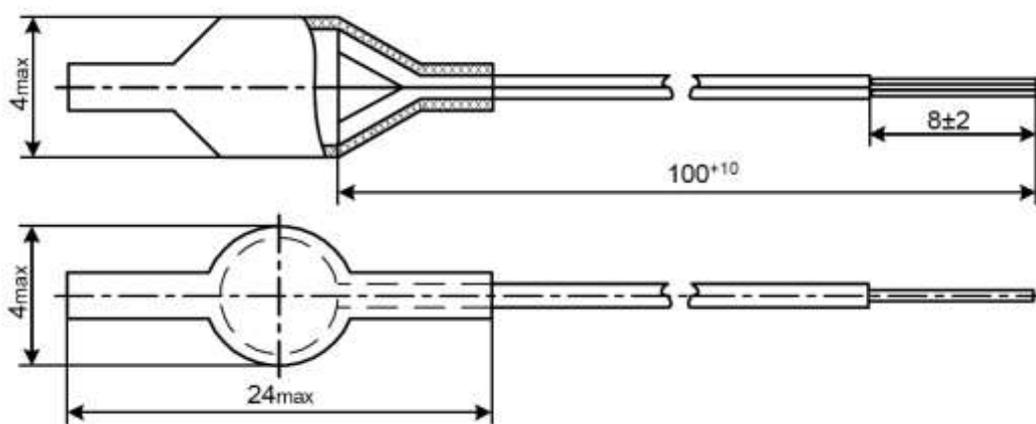


Рисунок 45 - Термодатчик ТРП-10

Терморезисторы с положительным ТКС (позисторы)

Для температурной зависимости сопротивления позисторов характерен резкий, на несколько порядков, скачок сопротивления, при этом температуру скачкообразного изменения сопротивления можно изменять от значений ниже 0 °С до 240 °С.

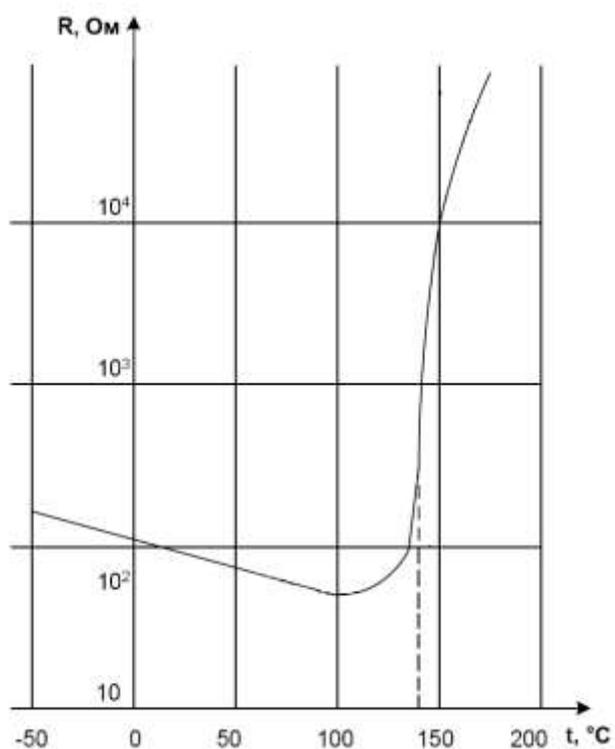


Рисунок 46 - Зависимость сопротивления позисторов от температуры

Таблица 20. Технические данные термодатчика

Тип	$T_{пер.}, ^\circ C$	Температурный коэфф. сопротивления, %/ $^\circ C$	Максимальное напряжение, В
ТРП-10	140	15	7,5

### 7.8. Датчик влажности

Датчик влажности устанавливается в масляный картер двигателя насоса и реагирует на появление воды в масле. Датчик влажности - кондуктометрический. ДНК различает три состояния датчика влажности: масло (воздух), вода, обрыв. Обрыв является аварией датчика (либо соединительных проводов), вода – аварией насоса. [17]

Выбираем датчик влажности СС06 как рекомендовано в руководстве к контроллеру ДНК-3.



Рисунок 47 - Датчик влажности СС06

Технические параметры датчика влажности:

- Максимально допустимый ток через разъем датчика 0,2 А
- Максимально допустимое избыточное давление со стороны щупа датчика 2 кг/кв.см (2 атм)
- Напряжение пробоя изоляции щупа относительно корпуса датчика 1500

В

- Рабочий интервал температур чувствительного элемента минус 40...100

°С

Датчик влажности СС06 предназначен для работы в качестве измерителя проводимости среды, предупреждающего о наличии воды между щупом датчика и корпусом датчика. Основное назначение - предупреждение о наличии воды в полости двигателей погружных насосов.

### **Принцип действия:**

Датчик совместно с устройством измерения различает среды по величине сопротивления между щупом и корпусом датчика: "воздух" и "масло" - более 100 кОм, "вода" - менее 20 кОм.

### **7.9. Поплавковый выключатель**

Автоматический поплавковый выключатель **Multicontact 20mt** (рисунок 7) предназначен для контроля уровня жидкости в резервуаре, емкости, канализационном септике (канализационной яме)

Данная модель может применяться для дренажных, фекальных (канализационных), дождевых стоков. Серия для промышленного применения. Аналог поплавкового выключателя SAS "GRUNDFOS". Работает на опорожнение и заполнение резервуара, длина кабеля 20 метров.



Рисунок 48 - Поплавковый выключатель

### **Принцип работы:**

- при повышении уровня жидкости поплавковый выключатель всплывает и подает сигнал прибору управления на включение насоса;
- при понижении уровня жидкости поплавковый выключатель опускается и подает сигнал прибору управления на отключение насоса,

или в обратном порядке.

Технические данные датчика уровня (поплавкового выключателя) приведены в таблице 4.

Таблица 21 - Технические данные датчика уровня

номинальный ток	напряжение	тип кабеля	сечение кабеля	длина кабеля
5А	220В	водопогружной	3х0,75 мм <sup>2</sup>	20 м

В общем случае для отслеживания уровня жидкости в баке используются четыре датчика уровня (далее "ДБп", "датчик уровня"): ДБ1...ДБ4. ДБ1 – самый нижний, ДБ4 – самый верхний. В качестве датчика используется поплавок с переключающимся контактом. У датчика имеется три вывода: общий, верхний, нижний. Различаются четыре различных состояния датчиков: "верх", "низ", "замкнут", "оборван". На "экранах" ДНК состояния датчиков обозначаются соответственно "в", "н", "з" и "о". При уровне жидкости меньшем, чем отслеживает датчик – состояние "низ", в поплавке замкнуты контакты "общий" и "низ". При уровне жидкости большем – состояние "верх" – замкнуты "общий" и "верх". Состояния "замкнут" и "оборван" являются авариями датчика (либо соединительных проводов). При этом с общим выводом соответственно либо замкнуты оба вывода, либо не замкнут ни один. Также аварией считается ситуация, когда показания датчиков противоречат друг другу (логическая авария). [17]

#### 1) При повышении уровня

При нахождении уровня в баке:

- между датчиками ДБ1 и ДБ2 насосы выключены,
- между ДБ2 и ДБ3 датчиками включается первый насос,
- между ДБ3 и ДБ4 датчиками включается второй насос,
- выше ДБ4 работают оба насоса и выдается сигнал авария-переполнение.

#### 2) При понижении уровня При нахождении уровня в баке (рисунок 3):

- между датчиками ДБ3 и ДБ4 продолжают работать оба насоса,

- между ДБ2 и ДБ3 продолжают работать оба насоса,
- между ДБ1 и ДБ2 отключается один насос,
- ниже ДБ 1 отключается второй насос.

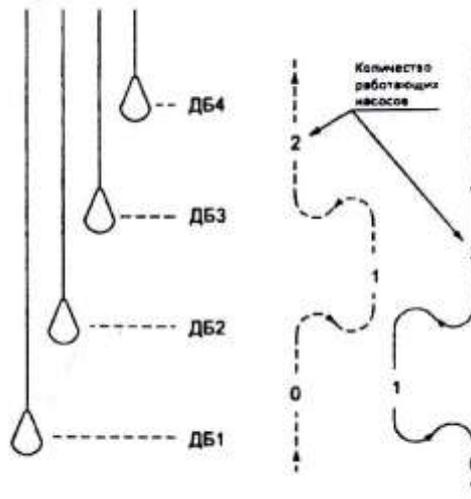


Рисунок 49 - Зависимость работы насосов от уровня жидкости.

## ЗАДАНИЯ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-5Г4Б1	Селюков Дмитрий Игоревич

Школа	Инженерная школа энергетики	Отделение	ОЭЭ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

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

1. Стоимость затрат технического проекта (ТП): материально-технических, энергетических, финансовых и информационных	"Положению об оплате труда ТПУ". Приказ 25.05.2016 №5994
2. Продолжительность выполнения ТП	По приблизительной оценке, продолжительность ТП составляет 100 рабочих дней.

### Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

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

### Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Диаграмма Ганта

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

### Задание выдал консультант:

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

### Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5Г4Б1	Селюков Дмитрий Игоревич		

## **8 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ**

Целью данного раздела выпускной квалификационной работы является подтверждение целесообразности разработки технического проекта, отвечающего всем нынешним требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

Достижение цели обеспечивается решением следующих задач:

- Составление SWOT- анализа работы электропривода канализационной насосной станции
- Планирование технико-конструкторских работ
- Определение ресурсной эффективности проекта

### **8.1 SWOT-анализ работы электропривода канализационной насосной станции**

SWOT – представляет собой комплексный анализ проекта. SWOT анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта, которые помогают оценить возможности, угрозы сильных и слабых сторон.

Для того что бы найти сильные и слабые стороны проведем SWOT– анализ. Он проводится в несколько этапов.

При составлении матрицы SWOT удобно использовать следующие обозначения:

С – сильные стороны проекта;

Сл– слабые стороны проекта;

В – возможности;

У – угрозы;

Матрица SWOT приведена в таблице 22.

Таблица 22 – Составление предварительной матрицы SWOT

	<b>Сильные стороны проекта</b> С1: Низкая цена элементов схемы С2: Высокая надёжность электроснабжения потребителей С3: Высокая эргономичность С4: Низкая материалоемкость С5: Высокая ремонтпригодность	<b>Слабые стороны проекта</b> Сл1. Надежность электроснабжения Сл2. Доступность токоведущих частей Сл3: Низкая безопасность Сл4: Низкая энергоэффективность
<b>Возможности</b>		
В1: Прокладка кабелей в эстакадах	В1С1; С3; С5;	В1Сл1; Сл2; Сл3;
В2: Снижение расходов на используемое оборудование	В2С1;	
В3: Повышение стоимости конкурентных разработок	В3С1;	
В4: Растущая заинтересованность инвесторов	В4С1;	В4Сл3; Сл4;
<b>Угрозы</b>		
У1: Значительное увеличение стоимости схемы	У1С1	
У2: Повышение цен на компоненты системы	У2С1; С4;	У3Сл3; Сл4;
У3: Усовершенствования конкурентных технических решений		У4Сл2; Сл3; Сл4;
У4: Снижение спроса		

На основании матрицы SWOT строятся интерактивные матрицы возможностей и угроз, позволяющие оценить эффективность проекта, а также надежность его реализации.

При построении интерактивных матриц используются обозначения аналогичные самой матрицы SWOT с дополнением знаков (+,-) для

подробного представления наличия возможностей и угроз проекта («+» – сильное соответствие; «-» – слабое соответствие) [17].

Анализ интерактивных матриц, приведенных в таблицах 23 и 24, показывает, что сильных сторон у проекта значительно больше, чем слабых. Кроме того, угрозы имеют низкие вероятности, что говорит о высокой надежности проекта.

Таблица 23 – Интерактивная матрица возможностей

Возможности	Сильные стороны проекта				
	С1	С2	С3	С4	С5
В1	+	-	+	-	+
В2	+	-	-	-	-
В3	+	-	-	-	-
В4	+	-	-	-	-
Возможности	Слабые стороны проекта				
	Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	-
В1	+	+	+	-	
В2	-	-	-	-	
В3	-	-	-	-	
В4	-	-	+	+	

Таблица 24 – Интерактивная матрица угроз

Угрозы	Сильные стороны проекта				
	С1	С2	С3	С4	С5
У1	+	-	-	-	-
У2	+	-	-	+	-
У3	-	-	-	-	-
У4	-	-	-	-	-
Угрозы	Слабые стороны проекта				
	Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	-
У1	-	-	-	-	
У2	-	-	-	-	
У3	-	-	+	+	
У4	-	+	+	+	

В результате проведения SWOT – анализа были рассмотрены сильные и слабые стороны технического проекта:

– Риск снижения спроса – одна из основных угроз проекта, которая коррелирует со всеми его слабыми сторонами;

– Слабые стороны ликвидируемы за счет усовершенствования конструкции схемы;

– Для минимизации угроз необходимо обратить внимание на недостатки данной конфигурации сети электроснабжения, а именно доступность токоведущих частей, низкая энергоэффективность и ремонтпригодность;

– Кроме того, необходимо акцентировать внимание на сильные стороны проекта, такие как экономичность, надёжность и эргономика;

– Прокладка кабелей в эстакадах – одно из наиболее весомых технических решений, относящихся к возможностям проекта, т.к. оно взаимосвязано с большинством сильных сторон;

– За счёт модификации схемы, а именно использования такого способа прокладки кабелей, как прокладка в эстакадах, можно скомпенсировать такие слабости, как доступность токоведущих частей и низкая безопасность;

Из всего вышесказанного можно сделать вывод, что прокладка в эстакадах позволит получить наибольшую отдачу от данного проекта. Благодаря прогрессирующим разработкам в области электроэнергетики и электротехники, совершенствованию конструкций аппаратуры и энергоэффективности материалов негативные факторы могут быть минимизированы.

## **8.2 Организация работ технического проекта**

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

— определение структуры работ в рамках технического проектирования;

— определение участников каждой работы;

— установление продолжительности работ;

— построение графика проведения проектирования системы электроснабжения канализационной насосной станции.

## 8.2.1 Структура работ в рамках технического проектирования

Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа, в состав которой входит научный руководитель и дипломник. Составляем перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования, проводим распределение исполнителей по видам работ. Результат представлен в таблице 25.

Для выполнения проектирования формируется рабочая группа, в состав которой входят научный руководитель и дипломник. Составлен перечень этапов и работ в рамках проведения проектирования и произведено распределение исполнителей по видам работ.

Номерам этапов соответствуют следующие виды выполняемых работ, представленные в таблице 25:

№ 1 – Ознакомление с производственной документацией – включает в себя изучение первичной информации об объекте, формулировку требований к проекту, составление задания и плана;

№ 2 – Подбор и изучение материалов по теме – ознакомление с предметом работы, изучение различных источников, касающихся различных сторон технического проекта;

№ 3 – Описание объекта автоматизации (модернизации) – расчет электрических нагрузок методом упорядоченных диаграмм;

№ 4 – Разработка структурной (принципиальной) схемы ЭП – выбор конфигурации схемы электроснабжения, расчет суммарных электрических нагрузок;

№ 5 – Расчет параметров двигателя и модели – выбор защитной аппаратуры, расчет сопротивлений, значений напряжения;

№ 6 – Выбор способа регулирования скорости – регулирование скорости АД при питании от тиристорного регулятора напряжения (ТРН).

№ 7 - Расчет предельных характеристик системы «преобразователь– электродвигатель»– принцип работы асинхронного двигателя, способы регулирования скорости, определение предельных характеристик.

№ 8 – Оценка эффективности полученных результатов – проверка соответствия выполненного проекта исходным требованиям с учетом ресурсо- и энергоэффективности;

№ 9 – Составление пояснительной записки – оформление результатов проектной деятельности;

№ 10 –Проверка выпускной квалификационной работы руководителем в рамках учебно-практической работы, включает в себя окончательную проверку руководителем, устранение недочетов дипломником.

№11 –Подготовка к защите ВКР – подготовка презентации, согласование с преподавателем для защиты перед аттестационной государственной комиссией.

Таблица 25 – Перечень этапов работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Ознакомление с производственной документацией	Научный руководитель
Выбор направления технического проектирования завода	2	Подбор и изучение материалов по теме	Дипломник
Расчеты и проектирование системы регулируемого электропривода канализационной насосной станции	3	Описание объекта автоматизации (модернизации)	Дипломник, научный руководитель
	4	Разработка структурной(принципиальной) схемы ЭП	Дипломник, научный руководитель
	5	Расчет параметров двигателя и модели	Дипломник, научный руководитель
	6	Выбор способа регулирования скорости	
	7	Расчет предельных характеристик системы «преобразователь– электродвигатель»	Дипломник
Обобщение и оценка результатов	8	Оценка эффективности полученных результатов	Дипломник, Научный руководитель

Оформление отчета по техническому проектированию	9	Составление пояснительной записки	Дипломник
	10	Проверка выпускной квалификационной работы руководителем	Научный руководитель
Сдача выпускной квалификационной работы	11	Подготовка к защите ВКР	Дипломник, Научный руководитель

В результате определения структуры работ в рамках технического проекта было выявлено шесть основных этапов (разработка технического задания, выбор направления технического проектирование завода, расчеты и проектирование системы электроснабжения канализационной насосной станции, обобщение и оценка результатов, оформление отчета по техническому проектированию, сдача выпускной квалификационной работы) и 11 работ.

### 8.2.2 Определение трудоемкости выполнения ТП

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

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

$$t_{ожі} = \frac{3t_{mini} + 2t_{max i}}{5}$$

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

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

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

### 8.2.3 Разработка графика проведения технического проекта

В рамках планирования технического проекта необходимо построить ленточный график проекта.

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

График строится для ожидаемого по длительности исполнения работ в рамках технического проекта, с разбивкой по месяцам и декадам за период времени подготовки ВКР. На основе таблицы 25 строим план-график проведения работа (таблица 27)

Продолжительность выполнения технического проекта заняла 12 декад, начиная со второй декады февраля и заканчивая первой декадой июня. Продолжительность выполнения технического проекта в рабочих днях заняла 100 дней. Из них:

100 дней – продолжительность выполнения работ дипломника;

10 дней – продолжительность выполнения работ научного руководителя;

Таблица 26 – Расчёт продолжительность работ чел.-дн.

№	Название работы	Трудоёмкость работ, чел-дни					
		Минимально возможная трудоемкость		Максимально возможная трудоемкость		Ожидаемая трудоемкость	
		Науч. рук-ль	Дипломник	Науч. рук-ль	Дипломник	Науч. рук-ль	Дипломник
1	Составление и утверждение технического задания	1	-	1	-	1	-
2	Подбор и изучение материалов по теме	-	3	-	7	-	5
3	Проведение расчетов электрических нагрузок предприятия	1	19	1	23	1	21
4	4.Разработка структурной (принципиальной) схемы ЭП	1	17	1	25	1	20
5	5.Расчет параметров двигателя и модели Выбор способа регулирования скорости	1	14	1	21	1	17
6	Расчёт внутризаводской сети предприятия	1	3	1	6	1	4
7	7. Расчет предельных характеристик системы «преобразователь–электродвигатель»	1	14	1	18	1	16
8	Оценка эффективности полученных результатов	1	6	1	8	1	7
9	Составление пояснительной записки	-	3	-	12	-	7
10	Проверка выпускной квалификационной работы руководителем	1	-	1	-	1	-
11	Сдача и защита выпускной квалификационной работы	1	2	3	4	2	3

Таблица 27 – Диаграмма Ганта

№	Вид работ	Исполнители	$T_{pi}$ раб. дн.	Продолжительность выполнения работ													
				Февр.		Март			Апрель			Май			Июнь		
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	
1	Ознакомление с производственной документацией	Руководитель	1	-													
2	Подбор и изучение материалов по теме	Дипломник	5	—													
3	Проведение расчетов электрических нагрузок предприятия	Руководитель	1														
		Дипломник	21														
4	Разработка структурной (принципиальной) схемы ЭП	Руководитель	1														
		Дипломник	20														
5	Расчет параметров двигателя и модели Выбор способа регулирования скорости	Руководитель	1														
		Дипломник	17														
6	Расчёт внутриводской сети предприятия	Руководитель	1														
		Дипломник	4														
7	Расчет предельных характеристик системы «преобразователь–электродвигатель»	Руководитель	1														
		Дипломник	16														
8	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель	1														
		Дипломник	7														
9	Составление пояснительной записки	Дипломник	7														
10	Проверка ВКР руководителем	Руководитель	1														
11	Подготовка к защите ВКР	Руководитель	2														
		Дипломник	3														

### 8.3. Расчёт затрат на осуществление технического проекта

Целью планирования себестоимости проведения технического проекта является экономически обоснованное определение величины затрат на его выполнение. Исходными данными для расчета затрат является план работ и перечень требуемой аппаратуры, оборудования, сырья и материалов.

Затраты на осуществление технического проекта рассчитываются по следующим статьям расходов с последующим суммированием:

- расходы на оплату труда;
- отчисления во внебюджетные страховые фонды;
- расходы на материалы и комплектующие изделия;
- расходы на спецоборудование;
- накладные расходы.

#### 8.3.1 Расчет материальных затрат технического проекта

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_M = \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{\text{рас}xi}$$

где  $m$  – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении технического проекта;

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

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

К материальным затратам можно отнести: бумага, ручка, корректор, USB-накопитель, блокнот, линейка, мульти фора .

Материальные затраты, необходимые для данной работы, указаны в таблице 28.

Таблица 28 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы (Зм), руб.
Бумага	Лист	150	2,5	375
Ручка	Шт.	1	60	60
USB накопитель	Шт.	1	305	305
Линейка	Шт.	1	85	85
Мульти фора	Шт.	10	2	20
Блокнот	Шт.	1	100	100
Корректор	Шт.	1	55	55
Итого:				1000

### 8.3.2 Полная заработная плата исполнителей темы

В настоящую статью включается полная заработная плата научного руководителя и студента, которая рассчитывается по формуле:

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

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

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

Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок.

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

$$Z_{\text{осн}} = T_{\text{р}} \cdot Z_{\text{дн}},$$

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

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

$Z_{\text{дн}}$  – среднедневная заработная плата работника, руб. Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}}}{D_{\text{мес}}},$$

где:  $Z_m$  – месячный должностной оклад работника, руб.;

$D_{мес}$  – количество рабочих дней, раб. дн.

Таблица 29 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	Оклад	Месячный и основной оклад работника руб.	Средняя заработная плата работника руб.	Продолжитель- ность работ, выполняемых работником раб. дн.	Основная заработная плата одного работника руб.
Руководитель	33664	43763	1683	10	16830
Бакалавр	12300	15990	615	100	61500
Итого Зосн :					78300

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают оплату при предоставлении ежегодного оплачиваемого отпуска.

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн}$$

где:  $k_{доп}$  – коэффициент дополнительной заработной платы.

Таблица 30 – Расчет полной заработной платы

Исполнители	коэффициент дополнительной заработной платы. $k_{доп}$ , руб	Основная заработная плата одного работника $Z_{осн}$ , руб.	Дополнительная заработная плата $Z_{доп}$ , руб.	Полная заработная плата $Z_{п}$ , руб.
Руководитель	15%	16830	2525	19300
Бакалавр	12%	61500	7380	68900
Итого:				88200

### 8.3.3 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

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

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

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

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

В соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30,2 %.

Отчисления во внебюджетные фонды составят:

$$З_{\text{внеб}} = 0,302 \times 88,2 = 26,6 \text{ тыс.руб}$$

#### **8.3.4. Накладные расходы**

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: амортизация активам, расходы, связанные с рекламой и т.д. Их величина составляет 16% от общей суммы затрат на проектирование.

#### **8.4 Формирование сметы затрат технического проекта**

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

Определение сметы затрат на технический проект приведен в таблице 31.

Таблица 31 – Смета затрат технического проекта

Наименование разделы	Сумма, тыс. руб	Структура затрат,%
1. Материальные расходы	1,0	0,7
2. Затраты по полной заработной плате исполнителей ТП	88,2	64,3
3. Отчисления во внебюджетные фонды	26,6	19,0
4. Накладные расходы	24,2	16,0
5. Итого	140,0	100,0

В ходе выполнения данного параграфа была рассчитана продолжительность выполнения технического проекта, которая составляет 100 раб. дней для дипломника и 10 раб. дней для научного руководителя. Составлен календарный график выполнения работ. Смета затрат на разработку технического проекта составляет 140 тыс.руб, из которых более половины (64%) составляют затраты на оплату труда. Все результаты проекта оказались ожидаемы и могут быть реализованы.

### 8.5 Определение ресурсоэффективности проекта

Определение ресурсоэффективности проекта можно оценить с помощью интегрального критерия ресурсоэффективности по формуле[17]:

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

где  $I_{pi}$  – интегральный показатель ресурсоэффективности;

$a_i$  – весовой коэффициент разработки;

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

Оценку характеристик проекта проведем на основе критериев, соответствующих требованиям к системе электроснабжения промышленных предприятий:

1. Эргономичность: оптимальная условия труда с целью увеличения производительности и сохранения сил, времени, энергии, работоспособность и здоровья человека;
2. Ремонтпригодность: долговечности и увеличения срок эксплуатации электроустановки;
3. Безопасность: обеспечение безопасности работ, как для электротехнического персонала, так и для не электротехнического;
4. Обеспечение надлежащего качества электроэнергии: качество электроэнергии, удовлетворяющее требованиям ГОСТ 13109-97;
5. Надежность: бесперебойное снабжение электроэнергией в пределах допустимых показателей ее качества и исключение ситуаций, опасных для людей и окружающей среды;
6. Простота и удобство в эксплуатации: возможность использования персоналом более доступного, автоматизированного и адаптивного по конструкции техническим характеристикам элеткроборудования на предприятии;
7. Энергоэффективность: использование меньшего количества энергии для обеспечения установленного уровня потребления энергии в зданиях либо при технологических процессах на производстве.

Критерии ресурсоэффективности и их количественные характеристики приведены в таблице 32.

Таблица32 - Сравнительная оценка характеристик проекта

Критерии	Весовой коэффициент	Балльная оценка разработки
1. Эргономичность	0,13	5
2. Ремонтпригодность	0,16	5
3. Безопасность	0,14	4
4. Обеспечение надлежащего качества электроэнергии	0,18	4
5. Надежность	0,15	5
6.Простота и удобство в эксплуатации	0,09	4
7.Энергоэффективность	0,15	5
Итого:	1,00	

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности технического проекта составит:

$$I_p = 5 \cdot 0,13 + 5 \cdot 0,16 + 4 \cdot 0,14 + 4 \cdot 0,18 + 5 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,09 + 5 \cdot 0,15 = 4,6$$

Показатель ресурсоэффективности проекта имеет достаточно высокое значение (по 5-балльной шкале), что говорит об эффективности использования технического проекта. Высокие баллы надежности и помехоустойчивости позволяют судить о надежности системы.

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

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

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

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

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

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

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

<b>Группа</b> 3-5Г4Б1	<b>ФИО</b> Селюков Дмитрий Игоревич
--------------------------	--

<b>Школа</b>	<b>Инженерная школа энергетики</b>	<b>Отделение</b>	Электроэнергетика и электротехника
<b>Уровень образования</b>	Бакалавриат	<b>Направление</b>	Электроэнергетика и электротехника

### Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования.	Регулируемый электропривод канализационной насосной станции
---	---

### Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.	Рассмотреть специальные правовые нормы трудового законодательства; организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.
2. Производственная безопасность	<p>Проанализировать потенциально возможных вредных и опасных факторов проектируемой производственной среды.</p> <p>Разработка мероприятий по снижению воздействия вредных и опасных факторов</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– повышенный уровень шума на рабочем месте;</li> <li>– недостаточная освещенность рабочей зоны;</li> <li>- повышенный уровень вибрации</li> <li>– неудовлетворительный микроклимат поражение электрическим током</li> </ul>
2. Экологическая безопасность	Анализ воздействия на литосферу охрана окружающей среды
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Анализ возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения;</li> <li>– выбор наиболее типичной ЧС;</li> <li>– разработка превентивных мер по предупреждению ЧС;</li> <li>– разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.</li> <li>– Пожаровзрывоопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения)</li> </ul>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель отделения общетехнических дисциплин	Гуляев Милий Всеволодович			

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5Г4Б1	Селюков Дмитрий Игоревич		

## **9 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ**

В данной квалификационной работе разработан электропривод канализационной насосной станции. Целью данного раздела является анализ вредных и опасных факторов труда электромонтёра по ремонту и обслуживанию электроустановок подкачивающей насосной станции (далее КНС), где будет внедрен электропривод, разработка мер защиты от этих факторов, оценка условий труда и микроклимата рабочей среды. Кроме того, в разделе рассматриваются вопросы техники безопасности, пожарной профилактики и охраны окружающей среды, даются рекомендации по созданию оптимальных условий труда.

### **9.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности**

#### **9.1.1 Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства**

Согласно ТК РФ, N 197 -ФЗ работник канализационной насосной станции имеет право на:

- рабочее место, соответствующее требованиям охраны труда;
- обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний в соответствии с федеральным законом;
- отказ от выполнения работ в случае возникновения опасности для его жизни и здоровья вследствие нарушения требований охраны труда, за исключением случаев, предусмотренных федеральными законами, до устранения такой опасности;
- обеспечение средствами индивидуальной и коллективной защиты в соответствии с требованиями охраны труда за счет средств работодателя;

- внеочередной медицинский осмотр в соответствии с медицинскими рекомендациями с сохранением за ним места работы (должности) и среднего заработка во время прохождения указанного медицинского осмотра;

#### Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

- Рабочее место в насосной станции должно соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.032-78. Оно должно занимать площадь не менее 4,5 м<sup>2</sup>, высота помещения должна быть не менее 4 м, а объем - не менее 20 м<sup>3</sup> на одного человека. Высота над уровнем пола рабочей поверхности, за которой работает оператор, должна составлять 720 мм. Оптимальные размеры поверхности стола 1600 x 1000 кв. мм. Под столом должно иметься пространство для ног с размерами по глубине 650 мм. Рабочий верстак должен также иметь подставку для ног, расположенную под углом 15° к поверхности стола. Длина подставки 400 мм, ширина - 350 мм. Удаленность клавиатуры от края стола должна быть не более 300 мм, что обеспечит удобную опору для предплечий. Расстояние между глазами оператора и экраном видеодисплея должно составлять 40 - 80 см. Рабочее место оборудовано тисками, точильным станком, вентиляцией, средствами индивидуальной защиты.
- Рабочее место работника обслуживающего канализационную насосную станцию соответствует требованиям ГОСТ 12.2.032-78.

## **9.2 Производственная безопасность**

- Разрабатываемая математическая модель ВПТ подразумевает использование электронной вычислительной машины (ЭВМ) и серверного оборудования ВМК РВ ЭЭС, с точки зрения социальной ответственности целесообразно рассмотреть вредные и опасные факторы, которые могут возникать при разработке математической модели или работе с оборудованием, а также требования по организации рабочего места.

## 9.2.1 Анализ возможных опасных и вредных факторов

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

- поражения электрическим током;
- механические опасности травм
- пожароопасность

К вредным факторам относятся:

- повышенный уровень вибраций;
- повышенный уровень шума;
- неудовлетворительное освещение;
- неудовлетворительный микроклимат;

Для выбора факторов использовался ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» [2]. Перечень опасных и вредных факторов, характерных для проектируемой производственной среды представлен в виде таблицы:

Таблица 33 - Опасные и вредные факторы при обслуживании кнс.

Источник фактора, наименование вида работ	Факторы (по ГОСТ 12.0.003-2015)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
<p>Регулируемый электропривод канализационной насосной станции</p> <p>Анализ ОВПФ и разработка мероприятий по эффективности обслуживания канализационной насосной станции</p>	<p>1. Недостаточная освещенность рабочей зоны; [2,3, 17];</p> <p>2. Повышенный уровень шума на рабочем месте; [2, 17];</p> <p>3. Неудовлетворительный микроклимат [2, 17];</p> <p>4. Скорость движения воздуха[2, 17];</p>	<p>1. Электрический ток</p> <p>2. Пожаровзрывоопасность</p>	<p>СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03</p> <p>СанПиН 2.2.2.542-96</p> <p>СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03</p> <p>СанПиН 2.2.4.1191-03</p>

## **Электробезопасность**

Для обеспечения безопасности обслуживающего персонала вращающиеся части электродвигателей и насосов должны быть закрыты защитными кожухами, так же используется оградительные устройства, информационные плакаты, сигнальные ленты и так далее согласно [23]. В соответствии с [17] должна обеспечиваться электробезопасность.

Каждый электромонтёр по ремонту и обслуживанию электроустановок должен пройти необходимую теоретическую подготовку, обучение на рабочем месте и проверку знаний ПТЭ и ПТБ[23]. Оперативное обслуживание предусматривает периодические осмотры электрооборудования распределительных устройств, приборов релейной защиты и автоматики, кабельных и воздушных линий, а также производство необходимых оперативных переключений. На рабочем месте должны находиться инструктажи, журналы ознакомлений, журналы производственного контроля.

Для предотвращения поражения электрическим током, где размещаются рабочее место оборудование должно быть оснащено защитным заземлением, занулением в соответствии с техническими требованиями по эксплуатации [16]. Для предупреждения электротравматизма необходимо проводить соответствующие организационные и технические мероприятия: 1) оформление работы нарядом или устным распоряжением; 2) проведение инструктажей и допуск к работе; 3) надзор во время работы.

Основными непосредственными причинами электротравматизма, являются: 1) прикосновение к токоведущим частям электроустановки, находящейся под напряжением; 2) прикосновение к металлическим конструкциям электроустановок, находящимся под напряжением; 3) ошибочное включение электроустановки или несогласованных действий обслуживающего персонала; 4) поражение шаговым напряжением и др.

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

Насосная установка системы горячего водоснабжения включает в себя шесть насосных агрегата, и два распределительных устройства, являющиеся источником опасности. Для обеспечения безопасной работы предусмотрена аварийная сигнализация и индикация режимов работы.

Помещения насосной станции относятся к помещениям особой опасности. Они имеют токопроводящие полы, кроме того существует возможность одновременного прикосновения к металлическим корпусам электрооборудования и заземленным конструкциям[23].

В случае аварийной ситуации при работе электроустановок насосной станции возможно появление напряжения на металлических шкафах электрооборудования, электродвигателях и металлических частях пульта управления и других нетоковедущих частях. Поэтому при прикосновении к металлическим установкам может произойти замыкание электрической цепи через тело человека. Основными техническими средствами защиты, согласно ПУЭ, являются защитное заземление, автоматическое отключение питания, устройства защитного отключения, изолирующие электрозащитные средства, знаки и плакаты безопасности. Наличие таких средств защиты предусмотрено в рабочей зоне. В целях профилактики периодически проводится инструктаж работников по технике безопасности.

На насосной станции возможно воздействие на электромонтёра следующих факторов, относящихся к вредным в соответствии с [27]:

- повышенная вибрация;
- повышенные уровни шума;
- неудовлетворительное освещение;

- неудовлетворительный микроклимат.

### **Вибрация**

Вибрацию в рассматриваемом цехе можно наблюдать при работе большинства оборудования. Для снижения уровня вибрации производится тщательное наблюдение за узлами оборудования, и, в случае необходимости, настройка оборудования и замена изношенных частей установок.

Таблица 34 – Нормы вибрации

Вид вибрации	Допустимый уровень вибростойкости, дБ, в активных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц					
	2	4	8	16	32,5	63
Технологическая	108	99	93	92	92	92

Согласно [17] уровень вибрации на рабочем месте соответствует нормам.

### **Шум**

Насосные установки являются источниками шума. Допустимые уровни шума давления в октавных полосах частот и уровней звука на рабочих местах приведены в таблице 35.

Таблица 35 - Допустимые уровни звукового давления в октавных полосах частот.

Рабочее место	Уровни звукового давления дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами								Уровни звука, дБА
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Постоянные рабочие места	95	87	22	78	75	73	71	69	80

Для обеспечения допустимого уровня шума применяются следующие меры безопасности:

- разработкой шумобезопасной техники;
- применением средств и методов коллективной защиты [21];
- применением средств индивидуальной защиты [19].

Согласно [17] уровень шума на рабочем месте не более 80 дБА и соответствует нормам.

## Освещение

Освещенность помещений насосной станции должна соответствовать виду производимых работ: в помещении с пультом управления - зрительной работе средней точности, а в прочих помещениях - малой точности.

Нормативы освещенности на рабочих местах приведены в таблице 36.

Таблица 36 - Нормативы освещенности на рабочих местах [30].

Характеристика зрительной работы	Минимальный размер объекта	Разряд зрительной работы	Контраст объекта с фоном	Характеристика фона	Искусственное освещение, лк	Естественное освещение КЕО, %	Совместное освещение КЕО, %
Средней точности	0.5.1.0	IVв	средний	средний	200	4	1.8
Малой точности	1.0.5.0	Vв	средний	средний	150	3	0.8

Работа насосной установки полностью автоматизирована, поэтому участие человека (оператора) в управлении насосной установкой сводится к наблюдению за световой индикацией пульта управления и управлению установкой (в случае необходимости) с помощью пульта ручного управления. Индикация аварийных режимов работы дублируется звуковой сигнализацией. К общему освещению дополнительно устанавливаются светильники местного освещения, предназначенные для освещения зоны расположения станков. В качестве источников света применяются светильники с лампами накаливания или галогенными лампами (используются в качестве местного освещения) [6].

Согласно [17] освещение рабочего места соответствует допустимым нормам.

## **Микроклимат**

При этом постоянство теплового баланса достигается за счет значительного напряжения терморегуляции, что отрицательно сказывается на самочувствии, работоспособности и состоянии здоровья.

КНС – 2 относится ко 2 классу по микроклимату и к категории 2а, замеры всех данных представлены в таблице 37. Для создания и автоматического поддержания в насосной станции независимо от наружных условий оптимальных значений температуры, влажности, чистоты и скорости движения воздуха, в холодное время года используется водяное отопление, в теплое время года применяется кондиционирование воздуха. Кондиционер представляет собой вентиляционную установку, которая с помощью приборов автоматического регулирования поддерживает в помещении заданные параметры воздушной. В помещении насосной станции проводится ежедневная влажная уборка и систематическое проветривание .

Таблица 37 - Данные измерений характеристик микроклимата

№ п/п	Наименование фактора производственной среды и трудового процесса, ед. измерения	Дата проведения измерения	ПДУ, ПДК	Фактическ ий уровень	Продолж. Воздействи я	Класс услови й труда
1	2	3	4	5	6	7
<b>Микроклимат - 2 класс</b>						
1	Температура воздуха (°С) [ПНС машинный зал]	07.06.2013	16-27	29	70,0%	
2	Скорость движения воздуха (м/с) [ПНС машинный зал]	07.06.2013	до 0.5	0.1	70,0%	
3	Относительная влажность воздуха (%) [ПНС машинный зал]	07.06.2013	15-55	31	70,0%	2
4	ТНС-индекс (°С) [ПНС машинный зал]	07.06.2013	23.9	21.02	70,0%	2
5	Температура воздуха (°С) [открытая территория]	07.06.2013	25	25.9	10,0%	
6	ТНС-индекс (°С) [открытая территория]	07.06.2013	23.9	23.5	10,0%	2
7	Температура воздуха (°С) [помещения предприятия]	07.06.2013	16-27	28	20,0%	
8	Скорость движения воздуха (м/с) [помещения предприятия]	07.06.2013	0.2-0.5	0.2	20,0%	
9	Относительная влажность воздуха (%) [помещения предприятия]	07.06.2013	15-55	42	20,0%	2
10	ТНС-индекс (°С) [помещения предприятия]	07.06.2013	23.9	21.7	20,0%	2

Согласно [17] микроклимат рабочего места соответствует допустимым нормам.

### **9.3. Экологическая безопасность**

В данной выпускной квалификационной работе определена оценка воздействий и установлены мероприятия по снижению негативного воздействия при эксплуатации водоперекачивающей насосной станции и участками магистрального и технологического трубопроводов.

При эксплуатации объекта установлены основные виды воздействий проектируемого объекта:

- физическое наличие объекта (сооружение и эксплуатация объекта) влияет на гидрологию, климат, социально-экономические условия жизни, природопользование местного населения;

- химические вещества, пыль, твердые бытовые отходы загрязняют компоненты окружающей среды (воздух, воду, водные биоресурсы, почвы, растительность), воздействуют на биопродуктивность водоемов и здоровье населения;

- шум, вибрация, электромагнитное излучение воздействуют на компоненты окружающей среды;

- динамическое воздействие движущихся машин и механизмов на людей, животных, растительность, почву.

Мероприятиями по снижению интенсивности загрязнения атмосферного воздуха создание препятствий на пути распространения и их очисткой разными методами:

Физико-химическими – для сварочных работ применение устройств для сбора и очистки газов (местных отсосов).

Биологическими – сохранение и создание полос озеленения вокруг объекта.

Мероприятиями по снижению негативного шумового воздействия являются сохранения природных и создание искусственных препятствий для снижения уровня шума. В разделе охраны окружающей среды при складировании (утилизации) отходов промышленного производства выявляются источники образования отходов потребления и производства, мероприятия по их утилизации. К таковым источникам относятся горюче-смазочные материалы, металлолом, бытовые отходы.

В качестве мероприятий по утилизации всех видов отходов предусматривается их вывоз на площадки хранения ТБО, повторная переработка ГСМ, металлолома, а так же демеркуризацию ртути содержащих предметов (ламп, термометров и тд.).

## **9.4 Безопасность в ЧС**

### **9.4.1 Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований и обоснование мероприятий по предотвращению ЧС**

Согласно ГОСТ Р 22.0.02-94 ЧС - это нарушение нормальных условий жизни и деятельности людей на объекте или определенной территории (акватории), вызванное аварией, катастрофой, стихийным или экологическим бедствием, эпидемией, эпизоотией (болезнь животных), эпифитотией (поражение растений), применением возможным противником современных средств поражения и приведшее или могущее привести к людским или материальным потерям".

С точки зрения выполнения проекта характерны следующие виды ЧС:

1. Пожары, взрывы;
2. Внезапное обрушение зданий, сооружений;
3. Геофизические опасные явления (землетрясения);
4. Метеорологические и агрометеорологические опасные явления;

Так как объект исследований представляет из себя математическую модель, работающий в программном приложении, то наиболее вероятной ЧС в

данном случае можно назвать пожар в аудитории с серверным оборудованием. В серверной комнате применяется дорогостоящее оборудование, не горючие и не выделяющие дым кабели. Таким образом возникновение пожаров происходит из-за человеческого фактора, в частности, это несоблюдение правил пожарной безопасности. К примеру, замыкание электропроводки - в большинстве случаев тоже человеческий фактор. Соблюдение современных норм пожарной безопасности позволяет исключить возникновение пожара в серверной комнате.

- Согласно СП 5.13130.2009 предел огнестойкости серверной должен быть следующим: перегородки - не менее EI 45, стены и перекрытия - не менее REI 45. Т.е. в условиях пожара помещение должно оставаться герметичным в течение 45 минут, препятствуя дальнейшему распространению огня.

- Помещение серверной должно быть отдельным помещением, функционально не совмещенным с другими помещениями. К примеру, не допускается в помещении серверной организовывать мини-склад оборудования или канцелярских товаров.

- При разработке проекта серверной необходимо учесть, что автоматическая установка пожаротушения (АУПТ) должна быть обеспечена электропитанием по первой категории (п. 15.1 СП 5.13130.2009).

- Согласно СП 5.13130.2009 в системах воздуховодов общеобменной вентиляции, воздушного отопления и кондиционирования воздуха защищаемых помещений следует предусматривать автоматически закрывающиеся при обнаружении пожара воздушные затворы (заслонки или противопожарные клапаны).

#### **9.4.2 Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть при проведении исследований и обоснование мероприятий по предотвращению ЧС**

При проведении исследований наиболее вероятной ЧС является возникновение пожара в помещении канализационной насосной станции. Пожарная безопасность должна обеспечиваться системами предотвращения пожара и противопожарной защиты, в том числе организационно-техническими мероприятиями.

Основные источники возникновения пожара:

- 1) Неисправное электрооборудование, неисправности в проводке, розетках и выключателях. Для исключения возникновения пожара по этим причинам необходимо вовремя выявлять и устранять неполадки, а также проводить плановый осмотр электрооборудования.
- 2) Электрические приборы с дефектами. Профилактика пожара включает в себя своевременный и качественный ремонт электроприборов.
- 3) Перегрузка в электроэнергетической системе (ЭЭС) и короткое замыкание в электроустановке.

Под пожарной профилактикой понимается обучение пожарной технике безопасности и комплекс мероприятий, направленных на предупреждение пожаров.

Пожарная безопасность обеспечивается комплексом мероприятий:

- обучение, в т.ч. распространение знаний о пожаробезопасном поведении (о необходимости установки домашних индикаторов задымленности и хранения зажигалок и спичек в местах, недоступных детям);
- пожарный надзор, предусматривающий разработку государственных норм пожарной безопасности и строительных норм, а также проверку их выполнения;

- обеспечение оборудованием и технические разработки (установка переносных огнетушителей и изготовление зажигалок безопасного пользования).

В соответствии с ТР «О требованиях пожарной безопасности» для административного жилого здания требуется устройство внутреннего противопожарного водопровода.

Согласно ФЗ-123, НПБ 104-03 «Проектирование систем оповещения людей о пожаре в зданиях и сооружениях» для оповещения о возникновении пожара в каждом помещении должны быть установлены дымовые оптико-электронные автономные пожарные извещатели, а оповещение о пожаре должно осуществляться подачей звуковых и световых сигналов во все помещения с постоянным или временным пребыванием людей.

Помещение канализационной насосной станции оснащено первичными средствами пожаротушения: огнетушителями ОУ-3 1шт., ОП-3, 1шт. (предназначены для тушения любых материалов, предметов и веществ, применяется для тушения ПК и оргтехники, класс пожаров А, Е.).

Таблица 38 – Типы используемых огнетушителей при пожаре в электроустановках

Напряжение, кВ	Тип огнетушителя (марка)
До 1,0	порошковый (серии ОП)
До 10,0	углекислотный (серии ОУ)

Согласно НПБ 105-03 помещение, предназначенное для проектирования и использования результатов проекта, относится к типу П-2а.

Таблица 39 - Категории помещений по пожарной опасности

Категория помещения	Характеристика веществ и материалов, находящихся (обращающихся) в помещении
П-2а	Зоны, расположенные в помещениях, в которых обращаются твердые горючие вещества в количестве, при котором удельная пожарная нагрузка составляет не менее 1 мДж на м <sup>2</sup> .

Понятие пожарной безопасности означает состояние объекта, при котором исключается возможность пожара, а в случаях его возникновения предотвращается воздействие на людей опасных факторов пожара и обеспечивается защита материальных ценностей.

Пожарная безопасность регламентируется [24].

Опасными факторами пожара для людей являются открытый огонь, искры, повышенная температура воздуха, токсичные продукты горения, дым, пониженная концентрация кислорода, обрушение и повреждение зданий, сооружений, установок, а также взрыв.

Возможные причины пожара на КНС:

- воспламенение промасленной ткани, бытового мусора
- умышленный поджог

Для предотвращения пожара необходимы следующие меры:

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

Согласно [22] насосная станция относится к производствам категории Д, характеризующимся наличием несгораемых веществ и материалов в холодном состоянии.

При коротких замыканиях, перегреве и т.п. возможно загорание электропроводки, электроустановок. Для тушения пожара в таких условиях необходимо применять специальные средства, невозможно использовать воду и другие токопроводящие вещества. Поэтому помещения насосной станции должны быть оборудованы средствами для тушения электропроводок и электроустановок под напряжением. Применяемый тип огнетушителей: ОУ-10 (огнетушитель углекислотный).

Насосные станции в соответствии с требованиями постановления Правительства Российской Федерации от 19.09.98 N 1115 "О порядке

отнесения организаций к категориям по гражданской обороне" отнесены к категорийным объектам по гражданской обороне.

В соответствии со [26] насосные станции расположены в следующих зонах возможных опасностей:

- в зоне возможных слабых разрушений;

Доведение сигналов оповещения ГО и в случае ЧС до персонала объектов осуществляется с помощью речевой информации по каналам радиовещания, по радиотрансляционным сетям и сетям связи. Электроснабжение основных электроприемников объектов предусматривается по I категории надежности от двух независимых источников. Проектные решения по предупреждению чрезвычайных ситуаций (ЧС). На территории насосных станций не используют, не производят, не перерабатывают, не хранят радиоактивные, пожаро-, а так же взрывоопасные, опасные химические и биологические вещества, создающие реальную угрозу возникновения источника чрезвычайной ситуации. В качестве наиболее вероятных чрезвычайных ситуаций техногенного характера проектом рассматриваются:

- пожар на территории объектов;

- ЧС при постороннем вмешательстве в деятельность объектов.

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

## **Заключение**

В данной выпускной квалификационной работе был спроектирован регулируемый электропривод центробежного насоса по системе ПЧ-АД.

Произведен расчет и выбор силового оборудования системы регулируемого электропривода. Также выбраны датчики необходимые для нормальной работы станции и выбраны согласующие элементы для датчиков.

Были создана имитационная модель в программе Matlab R2008b. В ней можно увидеть работу поплавковых выключателей, на графиках переходных процессов по скорости, в зависимости от уровня воды в баке, а также симитировать аварийную ситуацию, при которой один двигатель возьмет на себя нагрузку второго.

Применение преобразователя частоты на насосных станциях позволяет: обеспечить плавную работу оборудования (электродвигателя и насоса); избежать перегрузки питающей сети в момент пуска и останова насосов, за счёт снижения пусковых токов; избежать гидравлических ударов в трубопроводах и запорной арматуре.

В результате выполнения поставленных задач по разделу «Финансовый менеджмент», можно сделать следующие выводы:

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

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

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

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

В разделе «Социальная ответственность» дан анализ основных вредных и опасных факторов, угрожающих обслуживающему персоналу и разработаны меры по технике безопасности, производственной санитарии и пожарной безопасности. Рассмотрены меры и по охране окружающей среды.

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

Основными преимуществами данного привода являются простота, надежность, удобство управления.

В результате проделанной работы была получена модернизированная система электропривода канализационной насосной станции, которая полностью соответствует техническому заданию и может найти своё применение.

## **Conclusion**

In this graduation qualification work, a regulated electric drive of a centrifugal pump was designed according to the system of IF-AD.

Calculation and selection of the power equipment of the system of the regulated electric drive is made. Also, the sensors necessary for the normal operation of the station are selected and the matching elements for the sensors are selected.

An imitation model was created in the program Matlab R2008b. In it you can see the work of float switches, on the graphs of transients on the speed, depending on the water level in the tank, and also simulate an emergency situation in which one engine will take on the load of the second one.

The use of a frequency converter at pumping stations allows: to ensure smooth operation of equipment (electric motor and pump); avoid overloading the supply network at the time of starting and stopping the pumps, by reducing the starting currents; Avoid hydraulic shocks in pipelines and shut-off valves.

The main advantages of this drive are simplicity, reliability, convenience of management.

As a result of the work done, a modernized electric drive system for the sewage pumping station was obtained, which fully meets the technical requirements and can be used.

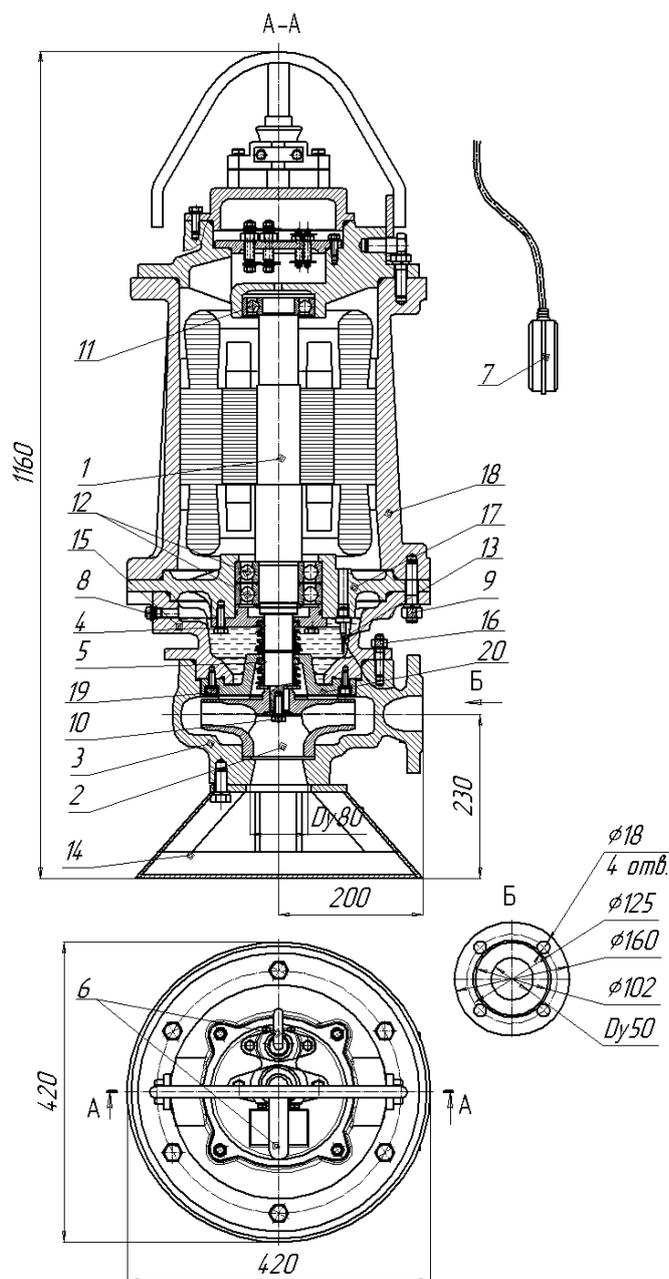
## Список литературы

1. Хоровиц П., Хилл У., Искусство схемотехники. – М.: Изд-во «Мир», 1998. – 704 с.
2. Волович Г.И., Схемотехника аналоговых и аналого-цифровых электронных устройств. – М.: Издательский дом «Додэка-XXI», 2005. – 528 с.
3. А. Дж. Пейтон, В. Волш, Аналоговая электроника на операционных усилителях. – М.: БИНОМ, 1994. – 352 с.: ил.
4. А. Кобус, Я. Тушинский, Датчики Холла и магниторезисторы. – М.: «Энергия», 1971. – 352 с.: ил.
5. Чернышев А.Ю., Чернышев И.А. Электропривод переменного тока: учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2008. – 218 с.
6. Дементьев Ю.Н., А.Ю. Чернышев, И.А. Чернышев Электрический привод: учебное пособие. - Томск: Изд-во ТПУ, 20010. – 224 с.
7. Электротехнический справочник: В 4т. Т.4. Использование электрической энергии / Под общей редакцией профессора МЭИ В.Г. Герасимова и др. (гл. ред. А.И. Попов). – 8-е изд., испр. и доп. – М.: издательство МЭИ, 2002. – 696 с.
8. Мальцева О.П., Удут Л.С., Кояин Н.В. Системы управления асинхронных частотно-регулируемых электроприводов: учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 20011. – 476 с.
9. Ключев В.И. Теория электропривода: Учебник для вузов. –2-е изд. перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1998. – 704 с.: ил.
10. Терехов В.М., Осипов О.И. Системы управления электроприводов: Учебник для вузов. – М.: Энергоатомиздат, 2005. – 304 с.: ил.
11. Чернышев А.Ю., Кояин Н.В. Проектирование электрических приводов: Учебно-методическое пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2005. – 120 с.
12. Москаленко В.В. Автоматизированный электропривод: Учебник для вузов. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 416 с.
13. Скворцов Ю.В. Организационно-экономические вопросы в дипломном проектировании: Учебное пособие. – М.: Высшая школа, 2006. – 399 с.

- 14 Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей. – СПб.: ДЕАН, 1999. – 320 с.
- 15 Правила устройства электроустановок. 7-е изд. с изм. и дополн. – СПб, 2002. – 123 с.
- 16 Безопасность жизнедеятельности. Под ред. С.В. Белова. – М.: Высшая школа, 2002. – 357с.
16. Раицкий К.А. Экономика предприятия: учебник для вузов. – М.: Дашков и К, 2002. – 1012 с.
17. Коршунова Л. А., Кузьмина Н. Г. Технико-экономическое обоснование инновационного проекта. Методические указания по выполнению экономического раздела ВКР для студентов энергетических специальностей всех форм обучения. – Томск: Изд-во ТПУ, 2012.
18. Контроллер насосной станции ДНК-3. Руководство по эксплуатации. 2008 – 35с.
19. Щит управления двухнасосной станцией. Руководство по эксплуатации. 2009 – 13с.
20. Электронасос серии «Иртыш» тип ПФ (ПФс). Руководство по эксплуатации. 2009 – 78с.

## Приложение А.

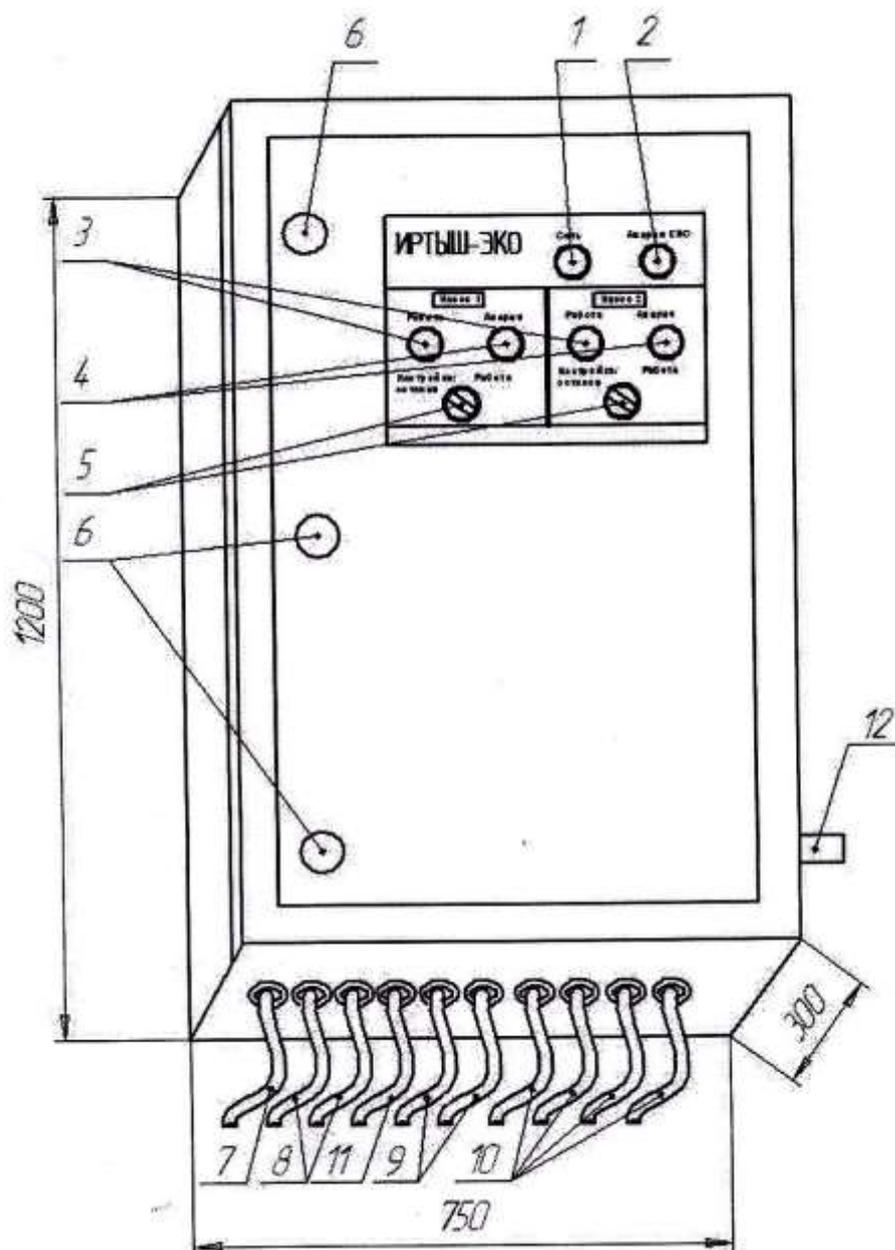
Общий вид, габаритные и присоединительные размеры электронасоса "Иртыш" ПФ2 50/200 – 15/2;



Электродвигатель; 2. Колесо рабочее; 3. Корпус спиральный; 4. Торцовое уплотнение (манжета); 5. Торцовое уплотнение; 6. Встроенные кабели; 7. Поплавковый выключатель; 8. Пробка масляной камеры; 9. Метизы крепления корпуса камеры и стакана подшипника к корпусу электродвигателя; 10. Метизы крепления колеса рабочего (с шайбой); 11. Подшипник; 12. Подшипники; 13. Датчик влажности; 14. Подставка; 15. Корпус камеры; 16. Метизы крепления корпуса камеры к корпусу спиральному; 17. Стакан подшипника; 18. Корпус электродвигателя; 19. Метизы крепления крышки камеры к корпусу камеры; 20. Крышка камеры.

## Приложение Б

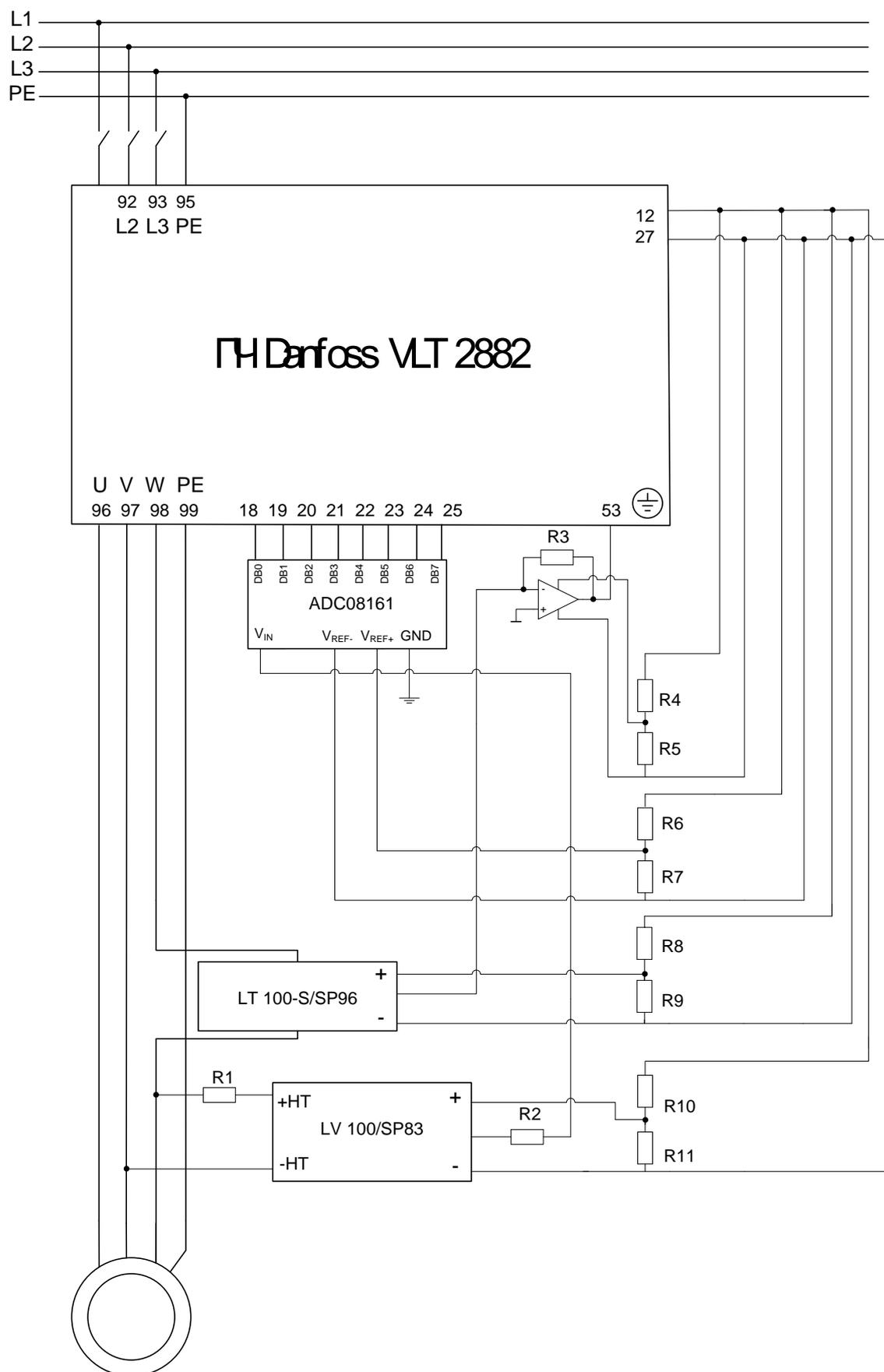
Общий вид щита управления двухнасосной станцией.



- 1 Сигнальный светодиод «Сеть»;
- 2 Сигнальный светодиод «Авария КНС»;
- 3 Сигнальный светодиод «Работа»;
- 4 Сигнальный светодиод «Авария»;
- 5 Переключатель «Настройка/Работа»
- 6 Замок;
- 7 Кабель питающий (в комплект поставки не входит);
- 8 Силовой кабель насоса;
- 9 Кабель управляющий;
- 10 Кабели к поплавковым выключателям (в комплект поставки не входят);
- 11 Кабель звуковой сигнализации (в комплект поставки не входит);
- 12 Заземляющий винт.

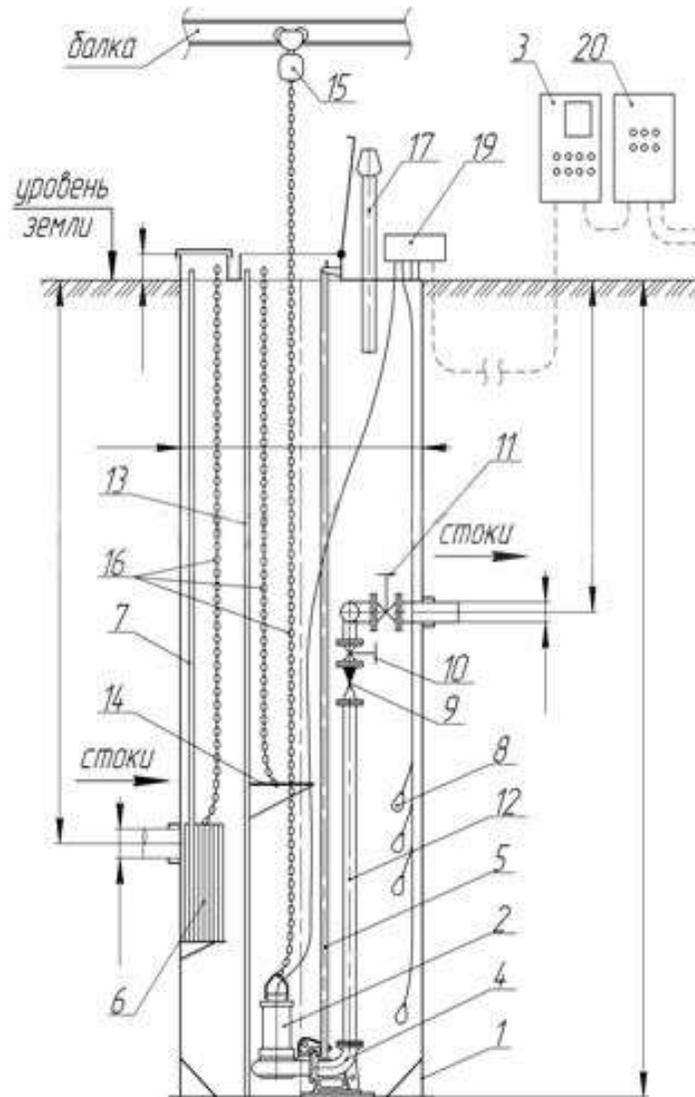
## Приложение В

### Схема подключения датчиков к преобразователю частоты



## Приложение Г

### Комплектация КНС-79



1	Корпус КНС стальной	1	шт
2	Погружной насос		
	Иртыш		
	- рабочих	1	шт
	- резервных	1	шт
	Иртыш		
	- запасных на склад	0	шт
3	Щит управления КНС	1	шт
4	Опускное устройство	2	комплекта
5	Направляющие для подъема насосов нерж.	2	комплекта
6	Корзина для сбора мусора	1	шт
7	Направляющие для подъема корзины	1	комплект
8	Поплавковый выключатель	4	шт
9	Клапан обратный Ду=	2	шт
10	Затвор гильотинный Ду=	2	шт
11	Затвор гильотинный Ду=	0	шт
12	Внутренние напорные трубопроводы	1	комплект
13	Лестница на всю длину корпуса	1	шт
14	Площадка обслуживания арматуры	1	шт
15	Таль ручная цепная (таль можно перемещать вдоль балки)	1	шт
16	Цепи оцинкованные + замки оцинкованные (для крепления цепи к ручке насоса)	4	комплект
17	Вентиляционный стояк	2	шт
18	Анкерный болт М20?200 для крепления дна КНС к фундаментной плите (на рисунке позиция не указана)	1	комплект
19	Клемный ящик (дополнительное оборудование)	1	шт
20	Щит АВР	1	шт

