

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
**АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**  
(ФГБОУ ВО «АмГУ»)

Факультет энергетический


Кафедра автоматизации производственных процессов и электротехники

Направление подготовки 15.03.04 – Автоматизация технологических процессов  
и производств

Направленность (профиль) образовательной программы Автоматизация техно-  
логических процессов и производств в энергетике

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

И.о. зав. кафедрой

 О.В. Скрипко  
« 11 » 06 2019 г.

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

на тему: Автоматизация технологического процесса понижающей насосной  
станции Благовещенской ТЭЦ

Исполнитель


студент группы 541 об

  
(подпись, дата)

В.Е. Раков

Руководитель

доцент, канд. техн. наук

 18.06.19  
(подпись, дата)


М.Д. ШТЫКИН

Консультант:

по безопасности и

экологичности


доцент, канд. техн. наук

 18.06.2019  
(подпись, дата)

А.Б. Булгаков

Нормоконтроль

профессор, д-р техн. наук

 26.06.2019  
(подпись, дата)

О.В. Скрипко

Благовещенск 2019

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего образования

**АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**


**(ФГБОУ ВО «АмГУ»)**

Факультет энергетический

Кафедра автоматизации производственных процессов и электротехники

УТВЕРЖДАЮ

И.о. зав. кафедрой



О.В. Скрипко

подпись

И.О. Фамилия

« 24 » 06 2019г

### ЗАДАНИЕ

К выпускной квалификационной работе студента Ракова Виталия Евгеньевича

1. Тема выпускной квалификационной работы: Автоматизация технологического процесса Благовещенской ТЭЦ

(утверждена приказом от 15.05.19 № 847-уч)

2. Срок сдачи студентом законченной работы 25.06.19

3. Исходные данные к выпускной квалификационной работе:

- рабочая и конструкторская документация Благовещенской ТЭЦ
- приказ об утверждении темы бакалаврской работы
- материалы, собранные в ходе практики

4. Содержание выпускной квалификационной работы (перечень подлежащих разработке вопросов):

- автоматизированные системы управления технологическими процессами понижающей насосной станции;
- анализ структуры устройства;
- разработка и анализ электродвигателя с насосом;
- разработка программной части;
- тестирование работы проектируемой системы;
- безопасность и экологичность.

5. Перечень материалов приложения:

- техническое задание на разработку;
- схема функциональная;
- схема принципиальная
- схема структурная насосной установки
- принципиальный алгоритм логики работы

– схема модели устройства

6. Консультанты по выпускной квалификационной работе:

Безопасность и экологичность – Булгаков А.Б., доцент, канд. техн. наук

7. Дата выдачи задания 15.04.19

Руководитель выпускной квалификационной работы Штыкин Михаил Дмитриевич, доцент кафедры АППиЭ, канд. техн. наук.

Задание принял к исполнению (дата): 15.04.19

(подпись студента)

## РЕФЕРАТ

Бакалаврская работа содержит 74с, 35 рисунка, 15 источников, 3 таблицы, 5 приложения.

НАСОС, НАСОСНАЯ СТАНЦИЯ, ДАВЛЕНИЕ, АВТОМАТИЗАЦИЯ, КОНТРОЛЛЕР, ТЕПЛОМАГИСТРАЛЬ, ЗАДВИЖКА

Целью работы является автоматизация технологического процесса понижающей насосной станции. Работа заключается разработке функциональной схемы автоматизации и принципиальной электрической схемы, составление алгоритма логики работы и реализации на контроллере КР-500М

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение	7
1 Описание объекта автоматизации	8
1.1 Общие сведения о предприятии	9
1.2 Понижительная насосная станция	16
2 Выбор средств автоматизации	18
2.1 Выбор исполнительных механизмов	18
2.1.1 Выбор циркулярных насосов	18
2.1.2 Электродвигатель АДЧР-800-6У1	20
2.1 Выбор исполнительных механизмов	22
2.2.1 Датчики давления	22
2.2.2 Выбор средств для измерения температуры	24
2.3 Выбор стабилизатора давления и задвижек	27
2.2.1 Стабилизаторы давления (СД)	27
2.2.2 Задвижка	29
2.4 Светодиодный Modbus индикатор СМИ2	31
2.5 Выбор управляющей аппаратуры	34
3 Разработка функциональной схемы автоматизации	39
4 Разработка модели электродвигателя с насосом	41
4.1 Выбор среды моделирование	41
4.2 Моделирование электродвигателя с насосом	45
5 Разработка принципиальной схемы автоматизации	60
6 Разработка программной проектируемой системы	62
6.1 Алгоритм логики работы	62
6.2 Тестирование работы проектируемой системы	64

7 Безопасность и экологичность	67
7.1 Безопасность	67
7.2 Экологичность	68
7.3 Чрезвычайные ситуации	69
Заключение	72
Библиографический список	73
Приложение А – Техническое задание	75
Приложение Б – Функциональная схема	78
Приложение В – Структурная схема	79
Приложение Г – Алгоритм логики работы программы	80
Приложение Д – Принципиальная схема	81
Приложение Е – Листинг программы	82

## ВВЕДЕНИЕ

В последнее время активно развивается ниша автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУ ТП). Данная тенденция является следствием постоянного развития и совершенствования элементной базы, в частности вычислительных средств, являющихся основой данных систем. Автоматизированная система управления технологическим процессами должна обеспечивать безаварийную качественную работу производства с минимальным числом обслуживающего персонала.

АСУТП разрабатывается для повышения эффективности управления технологическим процессом и обеспечения требуемого качества получаемых продуктов за счет использования средств ЭВМ. Современные системы автоматики и телемеханики относят к классу сложных диагностируемых систем, характеризующихся иерархической структурой, при которой отказ подсистемы чаще всего не приводит к отказу всей системы, а несколько снижает эффективность её применения.

Целью данного выпускной квалификационной работы является проектирование системы автоматизации технологического процесса понижающей насосной станции Благовещенской ТЭЦ.

# 1 ОПИСАНИЕ ОБЪЕКТА АВТОМАТИЗАЦИИ

## 1.1 Общие сведения о предприятии

План развития промышленности города Благовещенска на 1971-1975 г.г. предусматривал строительство нескольких энергоемких промышленных предприятий, расширение и реконструкцию действующих, интенсивное развитие сельского хозяйства пригородных совхозов, строительство жилых домов. После уточнения тепловых нагрузок промышленности и жилищно-коммунального сектора города, учитывая дефицит электроэнергии в энергосистеме Дальнего Востока, задержку ввода мощностей Зейской ГЭС - было принято решение об увеличении проектной мощности БТЭЦ с 210 до 260 мВт (Решение №100 Главсеверовосток-энерго от 23 августа 1968 года, утверждено заместителем министра Энергетики и электрификации СССР - Финогеновым Я.М.).

Для уменьшения стоимости строительства Госпланом СССР было предложено для покрытия пиковой нагрузки вместо энергетического котла установить водогрейные. В соответствии с этим предложением было утверждено откорректированное задание, на проектирование согласно которому, был утвержден следующий состав оборудования: - одна турбина типа ПТ-60-130; - две турбины типа Т-110/120-130-2; - три котлоагрегата типа БКЗ-420-100; - два водогрейных котла типа КВГМ-100.

Строительство первой очереди Благовещенской ТЭЦ закончилось в декабре 1985 года пуском котла БКЗ-420-140/13 ст. №3 и турбина Т-110-120/130 ст.№3. Установленная мощность достигла проектной мощности и составила 280 мВт электрической и 689 Гкал/час тепловой мощности.

Развитие промышленности области, строительство жилья в Благовещенске неуклонно вели к увеличению количества потребителей тепловой и электрической энергии. Стал актуальным вопрос расширения ТЭЦ, строительства II очереди.



С 2005 года дискуссии о необходимости завершения строительства 2-й очереди Благовещенской ТЭЦ возобновились, на фоне создавшегося дефицита тепловой мощности для теплоснабжения вновь строящихся объектов и неблагоприятных тенденций в экологической обстановке, создаваемой большим количеством малых котельных эксплуатирующийся в г. Благовещенске.

Толчком к решению вопроса об источниках финансирования строительства на Дальнем Востоке новых энергетических объектов тепловой генерации, послужили решения Правительства Российской Федерации о передаче в управление ОАО «РусГидро» Государственного пакета акций ОАО «РАО Энергетические системы Востока» и увеличении доли Государства в активах ОАО «РусГидро» на сумму 50 миллиардов рублей, путем выкупа пакета дополнительной эмиссии акций.

После реализации принятых решений 2011 году ОАО «РАО Востока» заключило договор на проектирование строительства второй очереди Благовещенской ТЭЦ.

На данный момент времени Благовещенская ТЭЦ – базовое предприятие энергетики Амурской области. Благовещенская ТЭЦ на 85 % обеспечивает потребности предприятий промышленности и жилищно-коммунального хозяйства столицы Приамурья в тепле и вырабатывает седьмую часть всей электроэнергии, потребляемой в области. Основное оборудование станции: три турбоагрегата: ст. №1 типа ПТ-60-130/13 и ст. № 2,3 типа Т-110/120-130; четыре энергетических котла типа БКЗ-420-140-7; два водогрейных котла типа КВГМ-100. Основное топливо – бурый уголь Райчихинского, Ерковецкого и Харанорского месторождений.

На рисунке 1 показан склад угля



Рисунок 1– Склад угля

Толчком к решению вопроса об источниках финансирования строительства на Дальнем Востоке новых энергетических объектов тепловой генерации, послужили решения Правительства Российской Федерации о передаче в управление ОАО «РусГидро» Государственного пакета акций ОАО «РАО Энергетические системы Востока» и увеличении доли Государства в активах ОАО «РусГидро» на сумму 50 миллиардов рублей, путем выкупа пакета дополнительной эмиссии акций.

После реализации принятых решений 2011 году ОАО «РАО Востока» заключило договор на проектирование строительства второй очереди Благовещенской ТЭЦ.

В 2013 году ОАО «РусГидро» с целью осуществления функций Заказчика-застройщика учредило ЗАО «Благовещенская ТЭЦ», в этом же году были проведены конкурентные процедуры по выбору Генподрядной организации, в декабре 2013 года заключен договор генерального подряда. Строительство начато с января 2014 г.

2-я очередь Благовещенской ТЭЦ – это фактически расширение мощностей действующей станции. После сооружения 2-й очереди установленная электрическая мощность ТЭЦ вырастет на 120 МВт и составит 400 МВт, тепловая мощность вырастет на 188 Гкал/ч, а именно до 1005 Гкал/ч. Годовая выработка будет достигать 464 млн. кВтч, а годовой отпуск электроэнергии - 427,0 млн. кВтч. В качестве топлива для производства электроэнергии и тепла предполагается использовать уголь месторождения «Ерковецкий».

На рисунке 2 показан турбинное отделение КТЦ



Рисунок 2– Турбинное отделение КТЦ

В рамках строительства второй очереди будет установлен пятый котлоагрегат и четвертый турбоагрегат, возведена четвертая градирня, смонтированы дополнительные трансформаторы, произведено расширение открытого распределительного устройства, Модернизирована система топливоподачи с расширением под котлоагрегат № 5 и проложены порядка 7 километров железнодорожных путей.

На рисунке 3 показаны градирни



Рисунок 3– Градирни

Завершение строительства 2-й очереди станции состоялось в декабре 2015 г. Генеральный проектировщик - ЗАО «КОТЭС» (г. Новосибирск). Генеральный подрядчик – ОАО «Силовые машины». Заказчик-застройщик – ЗАО «Благовещенская ТЭЦ» (дочернее общество ОАО «РусГидро»).

Вводом в эксплуатацию нового оборудования, методов и способов производства тепловой и электрической энергии занимается монтажно-наладочный участок автоматики, состоящий из группы инженеров по наладке и испытаниям, монтажной группы и группы автоматизированной системы управления технологическим процессом (АСУ ТП).

В различные годы работники участка осуществляли монтаж и наладку пожарной автоматики главного корпуса, топливоподачи, автотранспортного цеха, цеха тепловых сетей и пр. Силами работников была осуществлена реконструкция оперативной блокировки разъединителей.

Особая задача, на решение которой всегда требуется большое количество времени и усилий, — создание АСУ ТП станции, — решалась именно работниками МНУА.

Оперативный персонал круглосуточно наблюдает за показателями приборов измерения. В ведении цеха ТАИ приборы для измерения расхода, давления, уровня, температуры, химического анализа, вибрации и другие высокотехнологические средства контроля работы оборудования ТЭЦ. Обеспечены автоматизированные рабочие места, где на экранах мониторов объединенных в сеть компьютеров выведены данные практически всего оборудования ТЭЦ.

Постепенно идет замена устаревшего оборудования цеха на более современное: для измерения технологических параметров активно внедряются микропроцессорные преобразователи, микропроцессорные контроллеры.

Общим делом для ЦТАИ и МНУА стала полномасштабная автоматизация работы котлоагрегатов и турбогенераторов станции с использованием новейших микропроцессорных контроллеров и оборудования.

Успехи коллектива, его достижения на производстве, открытость для новаторства и совершенствования характеризуют работу подразделений. Здесь работают высококвалифицированные и опытные специалисты.

Основными задачами цеха тепловой автоматики и измерений являются:

- Организация технической эксплуатации технических средств с целью обеспечения совместно с технологическими цехами безопасности, надежности и экономичности работы технологического оборудования.

- Обеспечение развития технических средств, их полноты, качества и достаточности, в соответствии с требованиями действующих руководящих документов.

- Повышение производительности труда за счет совершенствования организации труда, внедрения механизации, автоматизации, передовых методов обслуживания, снижения стоимости эксплуатационных расходов, организации и внедрения в цехе работ по рационализации и изобретательству.

- Содержание всего закрепленного за цехом оборудования, зданий и сооружений в состоянии эксплуатационной готовности.

- Соблюдение требований промышленной и пожарной безопасности в процессе эксплуатации и ремонта оборудования.

- Выполнение требований охраны труда, снижение вредного влияния производства на людей и окружающую среду.

Цех тепловой автоматики и измерений для реализации задачи по организации технической эксплуатации средств выполняет следующие основные функции:

- Обеспечение исправности, работоспособности, готовности к работе технических средств для чего:

- организует и проводит работу в цехе, направленную на безусловное выполнение требований ПТЭ, ПТБ, Правил взрывопожаробезопасности, Госгортехнадзора России, охраны труда и промышленной санитарии, а также других директивных документов;

- проводится оперативное обслуживание оборудования;

- проводится техническое обслуживание оборудования;

- выполняются плановые ремонты (текущий, средний и капитальный) оборудования;

- выполняются неплановые ремонты (восстановительные) оборудования при отказах и сбоях средств;

- контролируется выполнение работ по внедрению, наладке, испытанию, приемке в эксплуатацию, аттестации технических средств цеха;

- производится периодическая калибровка средств измерений и своевременное представление их на поверку;

- контролируется работа и состояние технических средств, а также помещений, где они расположены, с целью выявления несоответствия условий внешней среды для технических требований;

- контролируется качество ремонтных, наладочных и других регламентных работ и их соответствие действующим руководящим документам;

- содержатся в чистоте помещения и территории, закреплённые за цехом;

- содержатся в исправном состоянии средства пожаротушения в цехе.

Руководство производственно-технической деятельностью цеха, для чего:

- планируется материально-техническое обеспечение, определяется потребность цеха в запасных частях и в запасных технических средствах, инструменте, материалах и спецодежде.

- планируется подготовка и обеспечение работ в соответствии с требованиями руководящих документов;

- планируется и обеспечивается выполнение работ по совершенствованию эксплуатации и ремонта технических средств, по изучению, обобщению и использованию передового опыта, внедрению прогрессивных форм организации и стимулирования труда, внедрению новой техники и передовой технологии технического обслуживания и ремонта устройств ТАИ, механизации труда в цехе;

- планируется и обеспечивается участие в разработке и выполнении оргтехмероприятий, направленных на повышение надежности и экономичности работы технологического оборудования и средств;

- контролирует подачу заявок на вывод оборудования в ремонт, правильность подготовки рабочих мест и допуск бригад к работе;

- организует учёт и составляет отчётность о производственной деятельности цеха, ведёт техническую документацию;

- участвует в расследовании причин аварий и отказов в работе оборудования;

- участвует в работе постоянно действующего производственного совещания.

Обеспечение готовности персонала цеха к выполнению профессиональных обязанностей, поддержание его квалификации, для чего:

- осуществляется комплектование цеха персоналом соответствующих специальностей и квалификации;

- ведутся занятия по повышению квалификации в цехе, осуществляется контроль за обучением персонала смежным профессиям и повышению его квалификации в учебных центрах, на курсах подготовки и повышения квалификации и в других специализированных учебных организациях, а также в группах повышения квалификации на электростанции, обучение персонала на рабочем месте;

- проводятся инструктажи, обучение безопасным приемам и методам труда, оказанию первой и реанимационной помощи пострадавшим;

- проверяются знания персонала в цеховых комиссиях, контролируется своевременность проверки знаний в общестанционных комиссиях;

- осуществляется контроль соблюдения персоналом правил внутреннего трудового

распорядка, трудовой дисциплины, проводится работа по укреплению трудовой дисциплины и созданию в коллективе цеха благоприятного морально-психологического климата, обеспечивающего положительную мотивацию в работе. [1].

## **1.2 Понижительная насосная станция**

Понижительная насосная станция (ПНС) – здание или помещение, в котором расположены насосные агрегаты, соединяющие их трубопроводы и арматура. Основная задача ПНС – снижение давления в магистральных трубопроводах обратной сетевой воды. На обратке ПНС устанавливаются для того, чтобы снизить общий перепад давления в тепловой сети и, как следствие, снизить мощность сетевых насосов на теплоисточнике.

К объектам автоматизации понижительной насосной станции относится следующее оборудование:

- Сетевые насосы
- Запорная электрифицированная арматура
- Вентиляционное оборудование



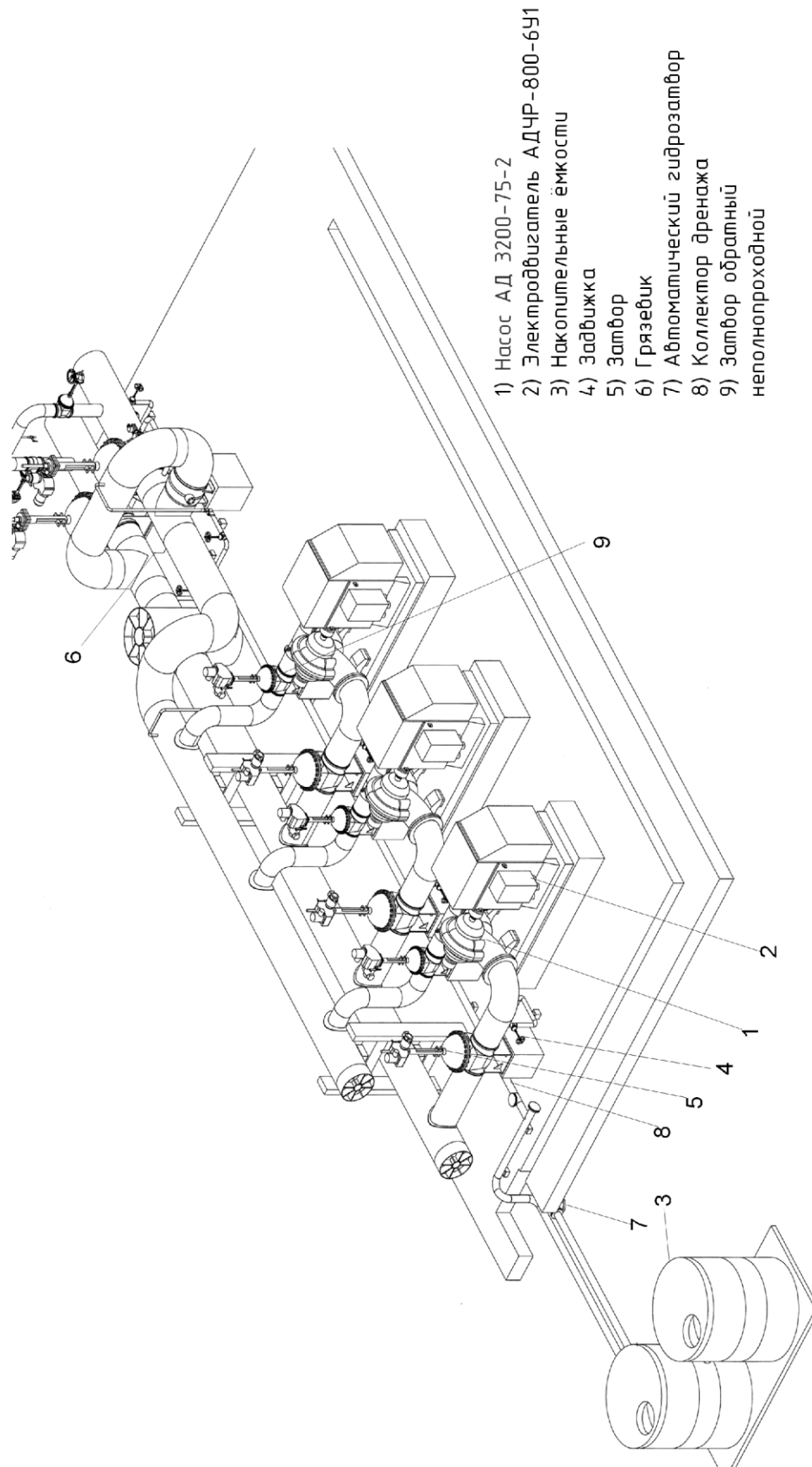


Рисунок 4 – Общий вид повысительной насосной станции

## 2 ВЫБОР СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ

### 2.1 Выбор исполнительных механизмов

#### 2.1.1 Выбор циркуляционных насосов

Основной задачей любого циркуляционного насоса является его воздействие на теплоноситель (систему теплоснабжения). В этом процессе подавляется естественное сопротивление в трубах, путем перепада давления.

Чтобы выбрать нужный насос, необходимо учесть главный фактор – температуру теплоносителя, а также характеристики вещества, которое будет использоваться. [2].

Был выбран циркуляционный насос АД 3200-75-2

На рисунке 5 показан вид насоса



Рисунок 5– Насос АД 3200-75-2

- Характеристики насоса:
- Подача - 3200 м<sup>3</sup>

- Напор - 75 м
- Комплектуется электродвигателем 1000 кВт; 1000 об/мин
- Масса насоса 3650 кг.
- Масса агрегата 8930 кг.
- Габариты насоса 2000x1740x1590 мм.
- Габариты агрегата 4310x1740x1700 мм.

#### Конструкция:

- Насос динамический, двухстороннего входа, центробежный, горизонтальный, одноступенчатый.
- Насос состоит из корпуса, крышки, рабочего колеса, вала, узлов уплотнения и подшипниковых опор.
- Уплотнения вала насоса – сальниковое. Для создания гидравлического затвора к кольцу сальника подводится жидкость по каналу к крышке насоса.
- Опорами вала служат два подшипника качения, смазываемых консистентной смазкой, охлаждение корпусов подшипников не требуется.
- Привод насоса – от двигателя через упругую муфту.
- Направления вращения ротора – против часовой стрелки (левое), если смотреть со стороны двигателя, причем входной патрубок находится с левой стороны.
- По техническом заданию потребителя возможно изготовление насоса с вращением по часовой стрелке (правое). Электродвигатель к насосу подбирают в зависимости от максимальной потребляемой мощности, частоты вращения.
- Материал основных частей насоса: корпус, крышки, рабочее колесо – чугун СЧ 20 или чугун СЧ 25, вал изготавливается из стали – СТ45.

На рисунке 6 показан графическая характеристика и рабочая точка насосов

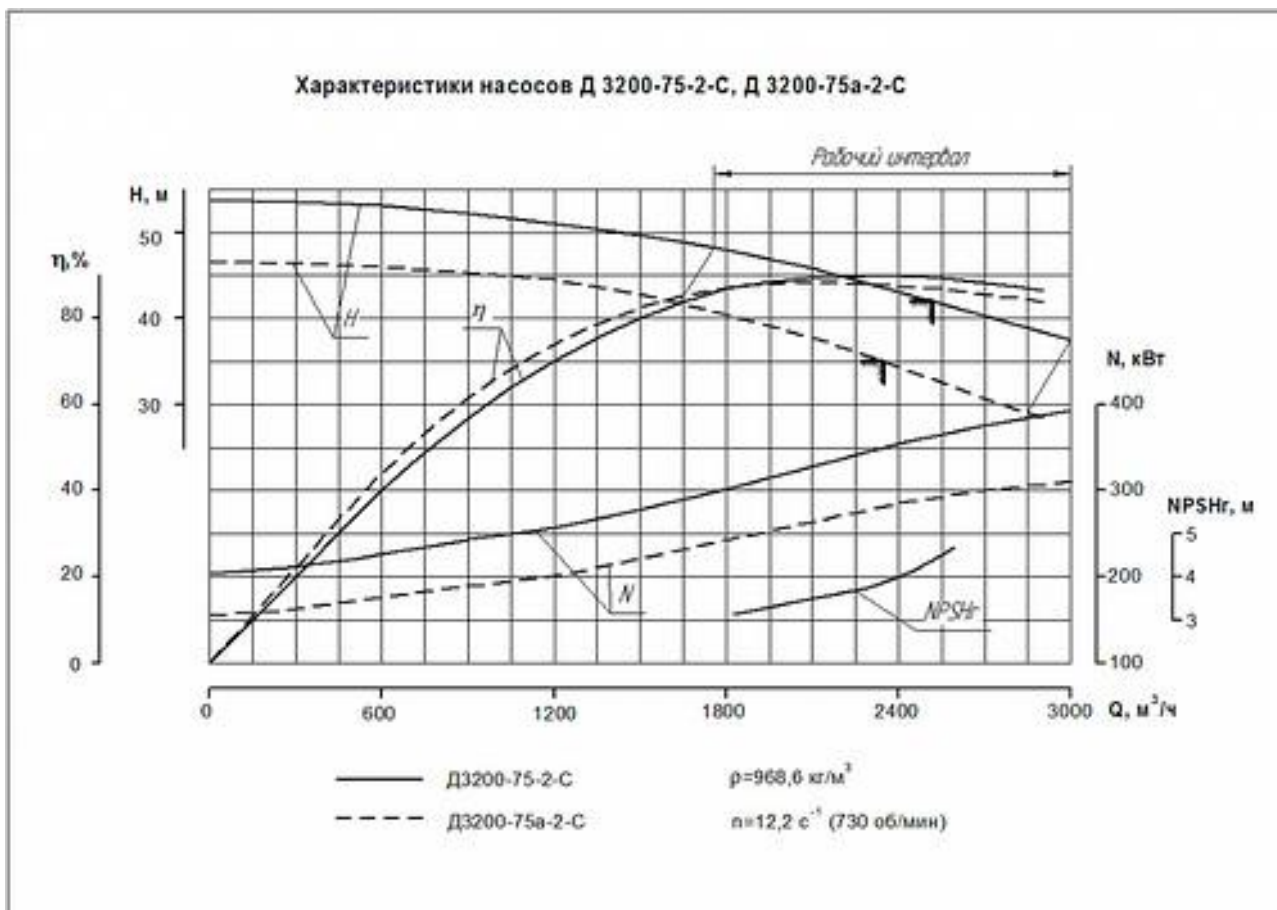


Рисунок 6 - Графические характеристики и рабочая точка.

### 2.1.2 Электродвигатель АДЧР-800-6У1

Двигатель АДЧР для использования в составе частотного регулируемого привода (ЧРП).

Частотно-регулируемый привод состоит из электродвигателя и преобразователя частоты.

Двигатель приводит в движение исполнительные агрегаты технологического механизма, преобразуя электрическую энергию в механическую. Основным недостатком асинхронного двигателя является сложность регулирования его скорости вращения. Для плавного регулирования скорости вращения необходимо изменение частоты источника питания. Эту функцию выполняет специальное электронное устройство – преобразователь частоты.

ЧРП является основой энергосберегающих систем и применяется там, где технологический процесс требует изменения скорости вращения механизмов в широком диапазоне, поддержание стабильности параметров, обес-

печения синхронной работы нескольких приводов. ЧРП, обладая высокими динамическими характеристиками, легко встраивается в современные системы автоматизации и контроля. Частотное регулирование эффективно применяется на предприятиях энергетики, промышленности и коммунального хозяйства. [2].

На рисунке 7 показан вид электродвигателя



Рисунок 7 - Электродвигатели АДЧР.

Преимущества двигателя АДЧР:

- Более высокие энергетические характеристики
- Более низкие температуры активных частей в рабочем режиме, что повышает надежность и долговечность изоляции обмотки статора и двигателя в целом

- Более жесткая и прочная станина, что повышает способность двигателя выдерживать внешние вибрации, ударные нагрузки и т. п.
- Более эффективная система пополнения и сброса смазки
- Возможность извлекать отработанную смазку без остановки двигателя
- Обмотка ротора алюминиевая, сварная имеет большую прочность и надежность по сравнению с литой обмоткой, склонной к трещинообразованию
- Более современные датчики контроля температуры и более удобный узел подключения к ним (штепсельный разъем)
- Более надежная конструкция установки и крепления выводных концов обмотки статора

Преимущество частотного преобразователя:

- Плавный пуск и торможение двигателей с регулируемым темпом
- Ограничение пусковых токов
- Обеспечение необходимых пусковых моментов
- Прямой пуск от сети с напряжением, соответствующим выходному напряжению преобразователя
- Плавное регулирование (поддержание) на заданном уровне параметров привода
- Программирование основных режимов работы
- Вывод основных параметров электропривода на дисплей
- Диагностика

## **2.2 Выбор измерительных преобразователей и датчиков**

### **2.2.1 Датчики давления**

Датчик давления — устройство, физические параметры которого изменяются в зависимости от давления измеряемой среды (жидкости, газы, пар). В датчиках давление измеряемой среды преобразуется в унифицированный пневматический, электрический сигналы или цифровой код.

Датчик давления состоит из первичного преобразователя давления, в составе которого чувствительный элемент - приемник давления, схемы вторичной обработки сигнала, различных по конструкции корпусных деталей, в том числе для герметичного соединения датчика с объектом и защиты от внешних воздействий и устройства вывода информационного сигнала.

Основными отличиями одних приборов от других являются пределы измерений, динамические и частотные диапазоны, точность регистрации давления, допустимые условия эксплуатации, массогабаритные характеристики, которые зависят от принципа преобразования давления в электрический сигнал: тензометрический, пьезорезистивный, ёмкостный, индуктивный, резонансный, ионизационный, пьезоэлектрический и другие. Был выбран Датчик ДМ5007А. [2].

Характеристики:

- Предел измерений: 1 МПа
- Выходной сигнал: 4...20 мА
- Основная погрешность: 0,25%
- Механическое присоединение

На рисунке 8 показан вид датчика давления



Рисунок 8 - Датчик ДМ5007А

## 2.2.2 Выбор средств для измерения температуры

Термометр сопротивления - электронный прибор, предназначенный для измерения температуры. Принцип действия основан на зависимости электрического сопротивления металлов, сплавов полупроводниковых материалов от температуры. При применении полупроводниковых материалов его обычно называют терм сопротивлением, терморезистором или термистором.

Металлический термометр сопротивления представляет собой резистор, выполненный из металлической проволоки или плёнки и имеющий известную зависимость электрического сопротивления от температуры. Наиболее распространённый тип термометров сопротивления - платиновые термометры. Это объясняется тем, что платина имеет стабильную и хорошо изученную зависимость сопротивления от температуры и высокую стойкость к окислению, что обеспечивает их высокую воспроизводимость. Эталонные термометры изготавливаются из платины высокой чистоты с температурным коэффициентом 0,003925. В качестве рабочих средств измерений применяются также медные и никелевые термометры. Действующий стандарт на технические требования к рабочим термометрам сопротивления: ГОСТ 6651-2009. Начальное сопротивление изготовленного терморезистора может быть любым. Максимальный диапазон, в котором установлены классы допуска платиновых термометров для проволочных чувствительных элементов, составляет 660 °С (класс С), для плёночных - 600 °С (класс С).

Термометры сопротивления хорошо вписываются в заданный диапазон температур, достаточно надежны и долговечны. Для более надежного крепления следует выбрать датчик с резьбовым креплением.

Выбирая из каталога, ОВЕН, наиболее подходящими термометрами сопротивления являются модели ДТС 054, 035, 104 для измерения температуры в трубопроводе.



Для измерения температуры наиболее подходят датчики моделей 125 или 014, без резьбовых креплений и имеющими более подходящий температурный диапазон. [2].

На рисунке 9 показан вид термометр сопротивления

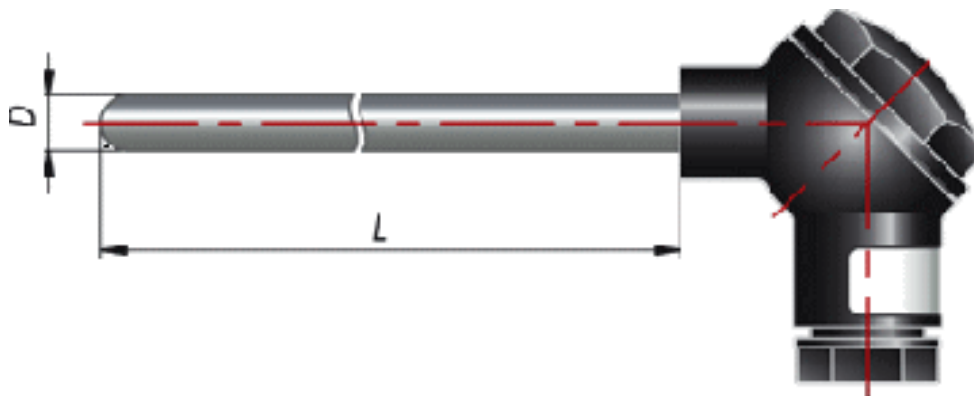


Рисунок 9 - Термометр сопротивления модели ДТС 104

В таблице 1 представлены технические характеристики термометра

Таблица 1 – Технические характеристики ОВЕН ДТС104

Характеристика датчика	Термосопротивление ОВЕН ДТС104	
1	2	
Номинальная статическая характеристика (НСХ)	50М; 100М	50П; 100П; Pt100
Рабочий диапазон измеряемых температур	-50...+150 °С	-50...+250 °С
Класс допуска	В; С	А; В; С
Группа климатического исполнения	Д2, Р2	
Величина рабочего тока, не более	5 мА	
Показатель тепловой инерции, не более	10...30 с	

1	2
Количество чувствительных элементов	1
Сопротивление изоляции, не менее	100 Мом
Схема соединения внутренних проводников	2-х, 3-х, 4-х проводная
Степень защиты датчика по ГОСТ 14254	IP54
Материал защитной арматуры	сталь 12Х18Н10Т

### 2.2.3 Выбор расходомера

Расходомер прибор, измеряющий объемный расход или массовый расход вещества, т. е. количество вещества (объем, масса), проходящее через данное сечение потока например, сечение трубопровода в единицу времени. Если прибор имеет интегрирующее устройство (счетчик) и служит для одновременного измерения и количества вещества, то его называют счетчиком-расходомером.

В качестве расходомера в данной работе был выбран расходомера ПРЭМ-20.

ПРЭМ-20 ГФ, счетчик расходомер фланцевый, +5...+150°С; 0,5 л/имп

Порог чувствительности для ПРЭМ-20 - 0,012 м3/ч.

Назначение и область применения ПРЭМ-20

Преобразователи предназначены для измерений и преобразований в выходные электрические сигналы объемного расхода и объема электропроводящих жидкостей.

Преобразователи могут быть применены для контроля и учета, в том числе при учетно-расчетных операциях, объемного расхода и объема жидкостей на объектах теплоэнергетического комплекса, на промышленных предприятиях и в жилищно-коммунальном хозяйстве. [2].

На рисунке 10 показан внешний вид преобразователя расхода



Рисунок 10 - Внешний вид преобразователей расхода. Фланцевое исполнение

## 2.3 Выбор стабилизатора давления и задвижек

### 2.3.1 Стабилизаторы давления (СД)

Поскольку быстрое действие обратных клапанов недостаточно для защиты потребителей от возможных гидроударов, возникающих при резкой электропитания, предусматривается установка стабилизаторов давления до врезки

в тепломагистраль всасывающего трубопровода и после врезки в тепломагистраль напорного трубопровода насосной

На рисунке 11 показан внешний вид стабилизатора давления

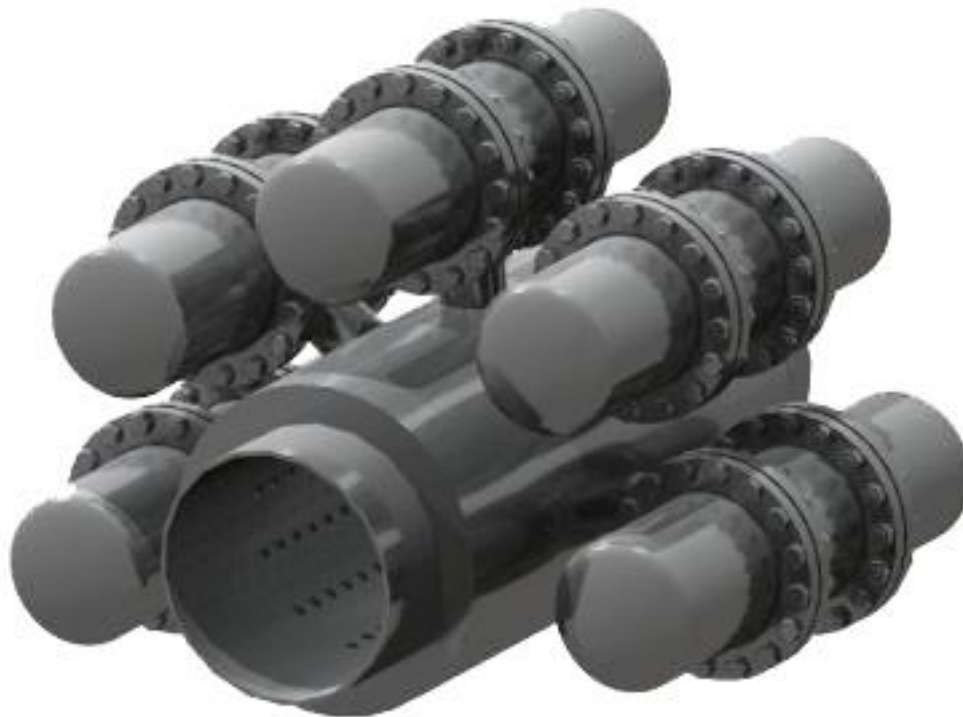


Рисунок 11 - Внешний вид стабилизатора давления

Стабилизаторы давления – техника для обеспечения противоаварийной защиты оборудования и трубопроводов. Используется она в электроэнергетике, ЖКХ, металлургической, нефтегазовой, химической промышленности. Установка СД (стабилизатора давления) позволяет обеспечить снижение до безопасного уровня или полное гашение амплитуд гидроударов (именно они в 60% случаев являются причиной разрыва труб) в системах трубопроводов, диаметр которых 10-1200 мм. Рабочая температура среды для оборудования до 250°С, допустимое давление – до 20МПа. В газовых системах ограничения по указанным показателям отсутствуют.

#### Возможности технологии СД

- устранение аварийных ситуаций, связанных с разрывами труб при внутрисистемных возмущениях транспортируемой среды;
- снижение на 85% общей аварийности оборудования, трубопроводов;

- повышение коррозионно-усталостной долговечности систем более чем в 10 раз;
- увеличение срока службы изношенных трубопроводов и продление срока их эксплуатации в 2 раза.

Отличие работы СД от других технологий гашения гидроудара

- Мгновенное быстроедействие. Это позволяет снижать гидроудар, вибрацию в 8 и более раз.
- Минимальные массогабаритные характеристики, простота монтажа оборудования в трубопровод.
- Энергонезависимость, гарантия постоянной стабильной работы оборудования, включая случаи аварийных отключений электроэнергии.
- Отсутствие потерь рабочей среды.
- Отсутствие у СД дополнительного гидросопротивления, регулирующих механизмов управления.
- Не требуется ТО в процессе эксплуатации.

### 2.3.2 Задвижка

Задвижка клиновая – это один из видов запорного арматурного оборудования для трубопроводов различного предназначения.

На рисунке 12 показан внешний вид задвижки

Она применяется для систем горячего и холодного водоснабжения, отопительных коммуникаций. Кроме того, устройство используют в системах, предназначенных для транспортировки жидких углеводородов, сжатого воздуха, а также других химикатов, к влиянию которых материал изделия невосприимчив.

Клиновая задвижка также популярна в газотранспортной и нефтяной промышленности, в сфере энергетики и системах жилищно-коммунального хозяйства.

Применяется такая деталь исключительно в роли запирающего элемента, так как режим эксплуатации предполагает только две фазы – открыто/закрыто (т.е. без промежуточных фаз).



Рисунок 12 - Задвижка с выдвижным шпинделем

Бывает этот элемент двух видов:

**Выдвижной.** Это тип устройств со шпинделем, расположенным вне корпуса задвижки, нижним концом он соединяется с затвором и в позиции «открыто» выдвигается на высоту одного затвора. Такие приспособления применяют в условиях повышенных требований к надежности оборудования. Они прекрасно подходят для таких целей, так как обеспечивают простой и быстрый доступ к ходовому узлу со шпинделем и предотвращают деструктивные процессы вследствие влияния рабочей среды.

**Не выдвижной.** Это конструкция со шпинделем, погруженным в рабочее вещество. Конечно, такое устройство выигрывает перед устройствами с выдвижным шпинделем с точки зрения компактности и строительной массы, однако значительно уступает по долговечности и износостойчивости.

## **2.4 Светодиодный Modbus индикатор СМИ2**

ОВЕН СМИ2 – четырёхразрядный семисегментный буквенно-цифровой индикатор для отображения информации оператору по протоколам Modbus RTU/ASCII и ОВЕН. Работает в сети RS-485. Яркий светодиодный дисплей и значительная высота символов (14 мм) обеспечивают видимость отображаемого значения с большого расстояния. Простой в настройке. Легкий монтаж в стандартное для светосигнальной арматуры отверстие диаметром 22,5 мм.

Основной функционал индикатора:

- Вывод целочисленных значений (int, WORD), значений с плавающей точкой (float, REAL), строк текста (string).
- Наличие интерфейса RS-485 (поддержка протоколов ОВЕН и Modbus RTU/ASCII).
- Работа в качестве подчиненного (Slave) и ведущего (Master) устройства.
- Встроенная логика определения аварийных значений отображаемого параметра.
- Поддержка широковещательной команды для дублирования показаний на большое количество индикаторов.

На рисунке 13 показан внешний вид индикатора ОВЕН СМИ2



Рисунок 13 – Внешний вид индикатора ОВЕН СМІ2

Индикатор выполнен в компактном корпусе 48×26 мм для крепления в шкаф или пульт диспетчерского управления.

ОВЕН СМІ2 может быть использован в качестве щитового индикатора. Светодиодный индикатор ОВЕН СМІ2 удобен для установки в шкафы управления. Легкий монтаж в отверстие для светосигнальной арматуры диаметром 22,5 мм значительно упрощает проектирование и сборку шкафов управления. [4].

На рисунке 14 показан пример использования ОВЕН СМІ2

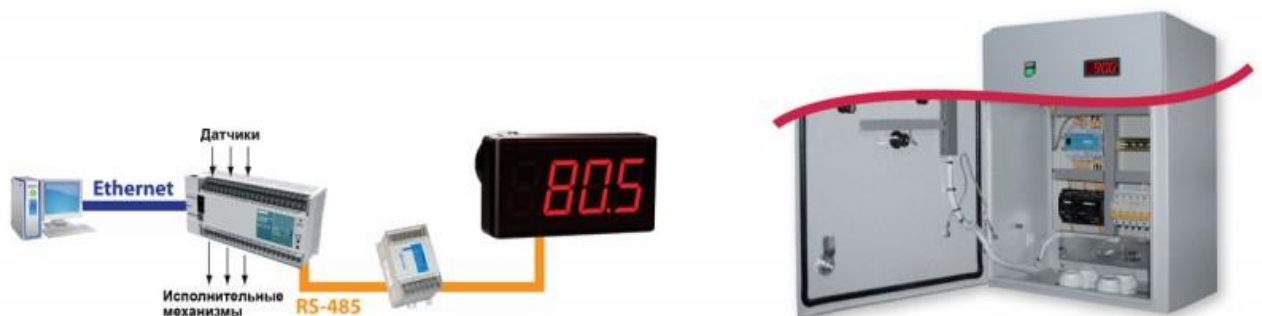


Рисунок 14 – Пример использования ОВЕН СМІ2 в качестве щитового индикатора



Также ОВЕН СМІ2 может использоваться в диспетчерских щитах. Светодиодный индикатор ОВЕН СМІ2 удобен для использования в диспетчерских щитах и мнемосхемах. Семисегментный буквенно-цифровой индикатор с высокой яркостью свечения и значительной высотой символов обеспечивает качественное отображение параметров объекта управления.

На рисунке 15 показан диспетчерский пост с использованием индикатора ОВЕН СМІ2



Рисунок 15 – Диспетчерский пост с использованием индикаторов ОВЕН СМІ2

Также возможен вариант использования ОВЕН СМІ2 в кнопочных постах.

Компактный корпус и легкий монтаж в стандартное отверстие для светосигнальной арматуры диаметром 22,5 мм позволяют использовать ОВЕН СМІ2 на кнопочных постах и выносных пультах. Применение СМІ2 повышает информативность кнопочных постов. Степень защиты прибора – IP65, непроницаем для пыли и влаги. [4].

На рисунке 16 показан применение ОВЕН СМІ2 в кнопочных постах



Рисунок 16 – Применение ОВЕН СМІ2 в кнопочных постах

## 2.5 Выбор управляющей аппаратуры

На рисунке 17 показан внешний вид блока контроллера БК-500М



Рисунок 17 - Блок контроллера БК-500М

КР-500 – это компактный многоканальный многофункциональный высокопроизводительный микропроцессорный контроллер, имеющий в своем составе измерительные каналы (ИК), предназначенные для аналого-цифрового преобразования сигналов силы и напряжения постоянного тока, сигналов термоэлектрических преобразователей (ТС), термопреобразователей сопротивления (TR) и цифро-аналогового преобразования (воспроизведения сигналов силы постоянного тока) в системах автоматического регулирования или логико-программного управления технологическими процессами АСУ ТП, выполнения технологических защит, сбора и обработки информации в различных отраслях промышленности. [3].

Контроллер позволяет вести локальное, каскадное, дистанционное, ручное регулирование и логико-программное дискретное управление.

Контроллер предназначен для построения измерительных, управляющих и информационных систем автоматизации технологических процессов малого и среднего (по числу входов-выходов) уровня сложности и широким динамическим диапазоном изменения технологических параметров, а также построения отдельных подсистем сложных АСУ ТП, обеспечивая при этом оптимальное соотношение производительность/стоимость одного управляющего или информационного канала.

Контроллер КР-500 представляет собой комплекс технических средств. В его состав входят:

- блок контроллера БК-500;
- модули связи с объектом (в дальнейшем – модули УСО-Д);
- миниконтроллер;
- микроконтроллеры;
- блоки и принадлежности;
- программные продукты.

Контроллер КР-500 относится к агрегатированным устройствам. Его состав определяется потребителем в зависимости от решаемых задач, перечень технических средств, входящих в состав контроллера, приведен в таблице.

Допускается самостоятельная (отдельная) поставка изделий (модулей, блоков и т.д.) в соответствии с заказом.

Блок контроллера БК-500 является основной составной частью контроллера и содержит центральный процессор и цифровые каналы связи с устройствами ввода-вывода аналоговых и дискретных сигналов, с другими контроллерами и компьютерами. Центральный процессор принимает информацию о состоянии управляемого объекта, обрабатывает ее и формирует управляющие воздействия в соответствии программой, размещенной в его памяти.

Модули УСО-Д осуществляют функции ввода/вывода аналоговых и дискретных сигналов, их обработки и обмена по цифровому каналу с центральным процессором. Модули УСО-Д выполнены в компактных корпусах и могут устанавливаться рядом с блоком БК-500 или на расстоянии до 1,2 км от него (удаленные УСО-Д).

Миниконтроллер МК-500 предназначен для построения систем автоматизации технологических процессов малого (по числу входов-выходов) уровня сложности.

Микроконтроллеры –специализированные устройства управления оборудованием. Кроме функции ввода/вывода сигналов, они реализуют алгоритмы управления конкретными устройствами или подсистемами (исполнительными механизмами, задвижками, подсистемами удаленных УСО-Д и т.д.), получая обобщенные команды от центрального процессора по резервированным цифровым каналам связи.

Перечень блоков и принадлежностей включает преобразователи сигналов, блоки питания, пульт настройки и другие устройства, предназначенные для обеспечения работоспособности и обслуживания контроллера КР-500.

Конструктивное исполнение контроллера в виде комплекта устройств в компактных корпусах, устанавливаемых на стандартной DIN-рейке (большая часть устройств) и соединенных цифровыми интерфейсными каналами, в наибольшей степени соответствует архитектуре распределенных систем управления. В то же время обеспечена возможность создания централизованных систем с размещением всех составных частей в единой оболочке.

В таблице 2 приведены количество и периодичность регистрируемых сигналов РАС

Таблица 2 - Количество и периодичность регистрируемых сигналов РАС

Количество регистрируемых сигналов	Период регистрации сигналов, мс
Дискретных — 126	5
Аналоговых — 24	100

Все сигналы регистрируются в течение 30 мин. (по 10-15 мин. в предаварийном и послеаварийном периодах или до завершения всех операций по останову оборудования).

Время задаётся пользователем при настройке РАС. В зависимости от количества регистрируемых сигналов и их типов, можно менять продолжительность регистрации аварийных ситуаций.

Сигнал фиксируется меткой времени с разрешающей способностью 1 мс.

Данные хранятся в энергонезависимой памяти контроллера неограниченное время.

В контроллере можно организовать регистрацию нескольких аварий. Предыдущие аварии сохраняются в контроллер и доступны для вычитывания на сервер.

В таблице 3 приведены основные характеристики модулей УСО-Д

Таблица 3 - Основные технические характеристики модулей УСО-Д

Вид сигнала и тип модулей	Диапазон изменения сигнала		Пределы допускаемой погрешности		Количество каналов модуля, в зависимости от его исполнения (одинарный или сдвоенный корпус)
	входного	выходного	основной приведённой, $\gamma_0$ , %	дополнительной от изменения температуры, $\%/10^\circ\text{C}$	
Напряжение и сила постоянного тока для: МАУ-Д МВА-Д МАС-Д, МДА-Д	От 0 до 5 мА От 0 до 20 мА От 4 до 20 мА	От 0 до 100 % (18 бит) (18 бит) (16 бит) (18 бит) (16 бит)	$\pm 0,1$	$\pm 0,1$	4 или 8
МАУ-Д МДА-Д, МАС-Д	От 0 до 10 В				
Сигналы от ТС ТХК (L), ТХА (K) и ЭДС для МТС-Д, МАУ-Д	От $-210$ до $1372^\circ\text{C}$ $0-100\text{ мВ}$	От 0 до 100 % (18 бит)	$\pm 0,1$	$\pm 0,1$	4 или 8
Сигналы от TR ТСП 50П (Pt50) ТСП 100П (Pt100) ТСМ 100М (Cu100) и резистивный датчик для МРС-Д, МАУ-Д	От $-200$ до $750^\circ\text{C}$ От 0 до 365 Ом	От 0 до 100 % (18 бит)	$\pm 0,1$	$\pm 0,1$	4 или 8
Цифровой сигнал для МАС-Д	От 0 до 100 % (16 бит) (12 бит)	От 0 до 5 мА От 0 до 20 мА От 4 до 20 мА	$\pm 0,5$	$\pm 0,25$	1 или 2
Дискретные входные сигналы для МСД-Д-02 МСД-Д-03	Логический «0» (0–7) В Логическая «1» ( $24 \pm 6$ ) В	—	—	—	8
МСД-Д-04					16
Дискретные выходные сигналы для МДА-Д	—	Коммутируемое напряжение ( $24 \pm 6$ ) В, ток до 0,3 А	—	—	2 или 4
МСД-Д-00 МСД-Д-02					8
МСД-Д-01					16

### 3 РАЗРАБОТКА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СХЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ

Функциональная схема автоматизации технологического процесса представлена на рисунке 18

На объекте устанавливаются:

- Датчики давления воды до насосов;
- Датчики давления воды после насосов
- Расходомер сетевой воды
- Насосы
- Резервный насос
- Датчики температуры сетевой воды
- Датчики температуры обмотки двигателя

На щите управления устанавливаются:

- Управляющая аппаратура насосов, запорно-регулирующих клапанов, системы светозвукового оповещения и кнопка ПУСК;
- Переключатели режимов управления коммутирующей аппаратуры (ручной/ автоматический);
- Панель оператора;
- Лампы индикации работы насосов и кнопки ПУСК.





## 4 РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ С НАСОСОВ

### 4.1 Выбор среды моделирования

На основании проведенного анализа, рассматривались среды имитационного моделирования – Electronics Workbench, MATLAB и SCILAB.

Система схемотехнического моделирования Electronics Workbench предназначена для моделирования и анализа электрических и электронных схем и может анализировать схемы на постоянном и переменном токе (режимы AC и DC).

Для анализа на постоянном токе определяется рабочая точка схемы в установившемся режиме работы. Результаты этого анализа не отображаются на приборах, они используются для дальнейшего анализа схемы.

Анализ на переменном токе использует результаты анализа по постоянному току для получения линеаризованных моделей нелинейных компонентов. Анализировать схемы в режиме AC можно как во временной, так и в частотной областях.

В Electronics Workbench можно исследовать переходные процессы при влиянии на схемы входных сигналов различной формы. Программа также позволяет анализировать цифро-аналоговые и цифровые схемы большой сложности.

Electronics Workbench позволяет разместить схему так, чтобы были четко видно все соединения элементов и одновременно вся схема целиком.

Программа использует стандартный интерфейс Windows и совместима с программой P-SPICE (Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis), т.е. предоставляет возможность экспорта и импорта схем и результатов измерений в ее различные версии.

Имеющиеся в программе библиотеки включают в себя большой набор широко распространенных электронных компонентов, и есть возможность подключения и создания новых библиотек компонентов.

Однако, среда имитационного моделирования является сложной в использовании и не позволяет наглядно получить зависимости для заданной системы.

Scilab - бесплатный пакет цифровой обработки данных. Основной режим работы - командный.

К основным функциям пакета Scilab можно отнести работу с матрицами, решение обыкновенных дифференциальных уравнений, численное дифференцирование и интегрирование, построение двумерных и трехмерных графиков по формулам и по результатам расчетов, решение задач линейного программирования, а также возможность создания пользовательских программ.

XCOS - это часть пакета SciLab, который теперь свободен. Так сложилось, что для визуального моделирования систем, из свободных аналогов есть только этот пакет.

Блоки, которые используются для построения математической модели динамической системы, сгруппированы в палитры. При построении диаграммы нужные блоки перетягиваются из палитры в окно диаграммы. Позиция блока не фиксированная, то есть позже, если потребуется, можно переместить блок, не нарушая связи и сохранив его атрибуты. Блоки можно поворачивать, отражать, выравнивать и выполнять некоторые другие операции форматирования.

Однако, данный продукт не является наглядным.

Программный продукт MATLAB облегчает процедуру конструирования, обучения и использования разработанных схем и систем автоматического управления.

Пользователю не нужно в совершенстве понимать механизм создания системы автоматического управления, стоит только руководствоваться за-

просами программы. Однако нельзя начинать работу, не будучи знакомым с функционированием систем автоматического управления.

Перед началом работы в среде любой программы нужно выполнить следующие действия:

- определить общий тип выполняемого задания и в соответствии с ним выбрать структуру; при этом нужно остановиться на самой эффективной и проверить ожиданий результат;
- подготовить набор учебных и тестовых данных;
- выбрать количество исходных данных; для этого нужно четко определить количество входных параметров.

Количество входных данных можно скорректировать и в процессе работы именно здесь нужно провести ряд экспериментов, чтобы определить оптимальный вариант.

Программный пакет MATLAB от компании разработчика MathWorks - один из самых мощных инструментов обработки данных на рынке программных продуктов.

Несмотря на все преимущества программы, стоит отметить и недостатки - большую цену программного пакета и сложность процесса функционирования. MATLAB - известный инструмент анализа многомерных данных, одним из встроенных программных пакетов которого является Network Data Manager.

На рисунке 19 приведены окно программы

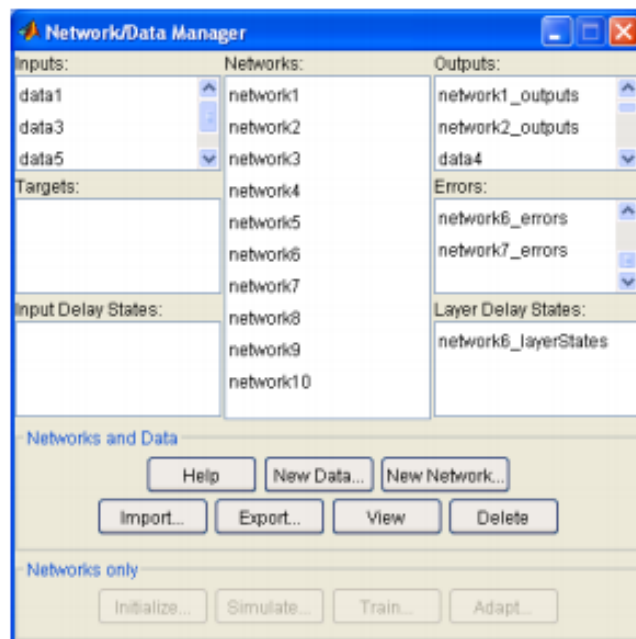
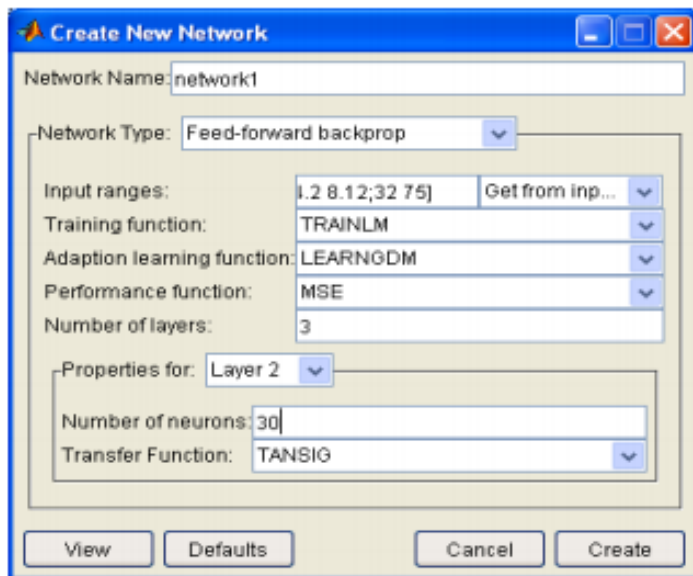


Рисунок 19 – Окно программы

Программа позволяет создавать структурные схемы различного типа, использовать несколько функций активаций и алгоритмов, выбирать количество скрытых слоев и количество нейронов в них в случае нейронной сети.

Программа MATLAB полезна своими возможностями создания индивидуальных, нестандартных схем, однако довольно сложна для использования, поэтому для получения удовлетворительных результатов, нужно иметь опыт создания сложных систем автоматического управления.

На рисунке 20 приведен внешний вид MATLAB

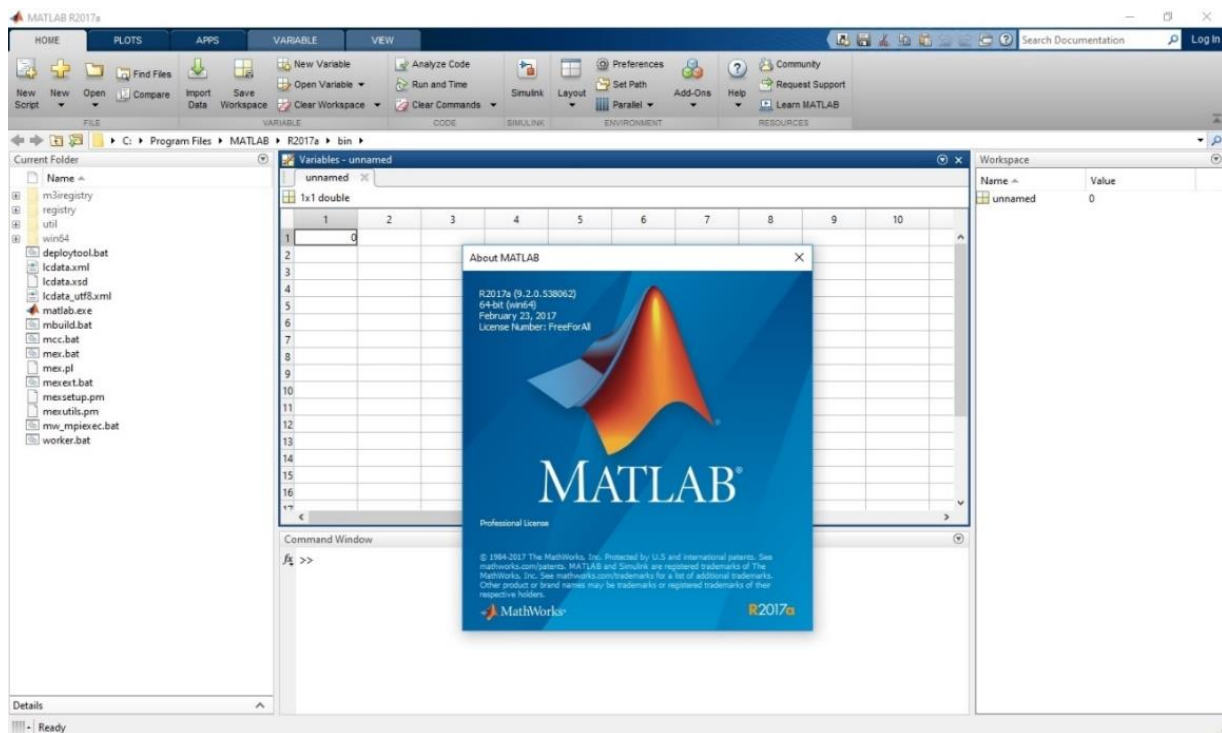


Рисунок 20 – Внешний вид MATLAB R2017a

Возможность просматривать и наглядно корректировать графики.

Большинство программ моделирования лишены этой важной функции.

Таким образом, выбор остановили на среде моделирования MATLAB.

## 4.2 Моделирование электродвигателя с насосом в среде моделирования MATLAB

Рассчитаем угловую частоту напряжения статора:

$$\omega_{0n} = 2 \cdot \pi \cdot f = 2 \cdot \pi \cdot 50 = 314 \text{ рад/с.} \quad (1)$$

Скорость идеального холостого хода двигателя определяется:

$$\omega_{xx} = \frac{\omega_{0n}}{p_n} = \frac{314}{2} = 157 \text{ рад/с.} \quad (2)$$

Тогда получаем номинальную скорость двигателя:

$$\omega_n = \omega_{xx} \cdot (1 - S_n) = 157 \cdot (1 - 0.029) = 152.5 \frac{\text{рад}}{\text{с}} \quad (3)$$

Учитывая значение номинальной скорости определяется номинальный момент двигателя:

$$M_n = \frac{P_{2n}}{\omega_n} = \frac{7.5 \cdot 10^3}{152.5} = 49 \text{ Нм.} \quad (4)$$

$$I_n = \frac{P_{2n}}{3 \cdot U_n \cdot \cos \varphi \cdot \eta} = \frac{7.5 \cdot 10^3}{3 \cdot 220 \cdot 0.86 \cdot 0.875} = 15 \text{ А.} \quad (5)$$

Критический момент двигателя

$$M_k = \lambda \cdot M_n = 3 \cdot 49 = 147 \text{ Нм.} \quad (6)$$

Номинальные действующие значения фазного напряжения и тока статора:

$$U_n = \frac{U_{1n}}{\sqrt{3}} = \frac{380}{\sqrt{3}} = 220 \text{ В.} \quad (7)$$

$$I_n = \frac{P_{2n}}{3 \cdot U_n \cdot \cos \varphi \cdot \eta} = \frac{7.5 \cdot 10^3}{3 \cdot 220 \cdot 0.86 \cdot 0.875} = 15 \text{ А.} \quad (8)$$

Амплитудные значения фазного напряжения и тока статора:

$$U_{na} = \sqrt{2} \cdot U_n = \sqrt{2} \cdot 220 = 311 \text{ В,} \quad (9)$$

$$I_{na} = \sqrt{2} \cdot I_n = \sqrt{2} \cdot 15 = 21 \text{ А.} \quad (10)$$

Амплитудные значения потокосцепления статора в режиме холостого хода при  $R_1 = 0$ :

$$\psi_{1xx} = \frac{U_{na}}{\omega_{0n}} = \frac{311}{314} = 0.987 \text{ Вб.} \quad (11)$$

Коэффициент пересчета между Т-образной и Г-образной схемам замещения:

$$c_1 = \frac{\bar{x}_\mu + \sqrt{\bar{x}_\mu^2 + 4 \cdot \bar{x}'_1 \cdot \bar{x}_\mu}}{2 \cdot \bar{x}_\mu} = \frac{3 + \sqrt{3^2 + 4 \cdot 0.085 \cdot 3}}{2 \cdot 3} = 1.027 \quad (12)$$

Расчет параметров Т-образной схемы замещения.

На рисунке 21 приведена схема Т - образная замещение АД

На рисунке 22 приведена схема Г - образная замещение АД

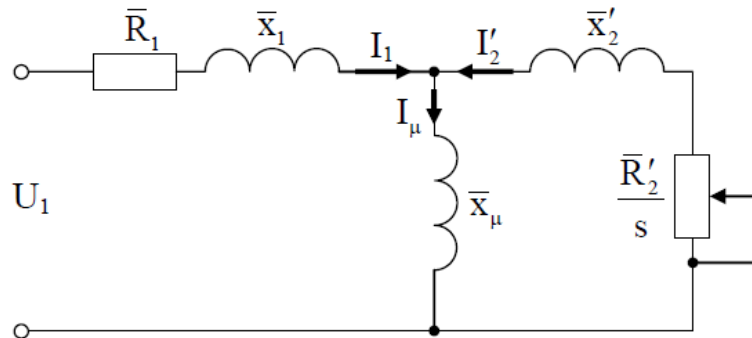


Рисунок 21 Т-образная схема замещения АД

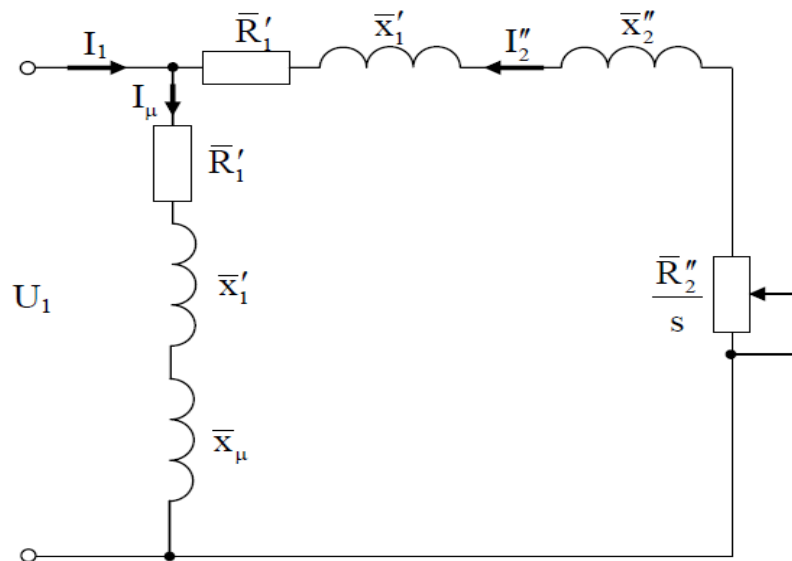


Рисунок 22 Г-образная схема замещения АД

Параметры Т-образной схемы замещения в относительных единицах:

$$\bar{x}_1 = \frac{\bar{x}'_1}{c_1} = \frac{0.085}{1.027} = 0.0827, \quad (13)$$

$$\bar{R}_1 = \frac{\bar{R}'_1}{c_1} = \frac{0.048}{1.027} = 0.0467, \quad (14)$$

$$\bar{x}'_2 = \frac{\bar{x}''_2}{c_1^2} = \frac{0.13}{1.027^2} = 0.1232, \quad (15)$$

$$\bar{R}'_2 = \frac{\bar{R}''_2}{c_1^2} = \frac{0.033}{1.027^2} = 0.0312, \quad (16)$$

Параметры T-образной схемы замещения в абсолютных единицах:

$$x_1 = \bar{x}_1 \cdot \frac{U_n}{I_n} = 0.0827 \cdot \frac{220}{15} = 1.198 \text{ Ом}, \quad (17)$$

$$R_1 = \bar{R}_1 \cdot \frac{U_n}{I_n} = 0.0467 \cdot \frac{220}{15} = 0.676 \text{ Ом}, \quad (18)$$

$$x_2 = \bar{x}'_2 \cdot \frac{U_n}{I_n} = 0.1232 \cdot \frac{220}{15} = 1.783 \text{ Ом}, \quad (19)$$

$$R_2 = \bar{R}'_2 \cdot \frac{U_n}{I_n} = 0.0312 \cdot \frac{220}{15} = 0.452 \text{ Ом}, \quad (20)$$

$$x_\mu = \bar{x}_\mu \cdot \frac{U_n}{I_n} = 3 \cdot \frac{220}{15} = 44 \text{ Ом}. \quad (21)$$

Индуктивность намагничивая контура:

$$L_m = \frac{x_\mu}{\omega_{0n}} = \frac{44}{314} = 0.138 \text{ Гн}. \quad (22)$$

Индуктивности рассеяния статора и ротора;

$$L_{1\sigma} = \frac{x_1}{\omega_{0n}} = \frac{1.198}{314} = 0.0038 \text{ Гн} \quad (23)$$



$$L_{2\sigma} = \frac{x_2}{\omega_{0n}} = \frac{1.783}{314} = 0.0057 \text{ Гн.} \quad (24)$$

Индуктивности статора и ротора;

$$L_1 = L_m + L_{1\sigma} = 0.138 + 0.0038 = 0.142 \text{ Гн.} \quad (25)$$

$$L_2 = L_m + L_{2\sigma} = 0.138 + 0.0057 = 0.144 \text{ Гн.} \quad (26)$$

На основе проведенных расчетов вычисляются значения параметров  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\sigma$  по приведенным формулам:

$$\alpha = \frac{R_2}{L_2} = \frac{0.452}{0.144} = 3.14 \text{ Ом/Гн.} \quad (27)$$

$$\sigma = L_1 \cdot \left(1 - \frac{L_m^2}{L_1 \cdot L_2}\right) = 0.142 \cdot \left(1 - \frac{0.138^2}{0.142 \cdot 0.144}\right) = 0.0093 \text{ Гн.} \quad (28)$$

$$\beta = \frac{L_m}{\sigma \cdot L_2} = \frac{0.138}{0.0093 \cdot 0.144} = 103.6 \text{ 1/Гн.} \quad (29)$$

$$\gamma = \frac{R_1}{\sigma} + \alpha \cdot L_m \cdot \beta = \frac{0.676}{0.0093} + 3.14 \cdot 0.138 \cdot 103.6 = 118.09 \text{ Ом/Гн.} \quad (30)$$

Для корректного построения модели рассмотрим ее представленную в координатах потокосцеплений статора и токов ротора

$$\dot{\psi}_{1d} = -\alpha_1 \psi_{1d} + \omega_0 \psi_{1q} + \alpha_1 L_m i_{2d} + u_{1d} \quad (31)$$

$$\dot{\psi}_{1q} = -\alpha_1 \psi_{1q} - \omega_0 \psi_{1d} + \alpha_1 L_m i_{2q} + u_{1q} \quad (32)$$

$$i_{2d} = -\gamma_1 i_{2d} + \omega_2 i_{2q} + \alpha_1 \beta_1 \psi_{1d} - \beta_1 p_n \omega \psi_{1q} - \beta_1 u_{1d} \quad (33)$$

$$i_{2q} = -\gamma_1 i_{2q} - \omega_2 i_{2d} + \alpha_1 \beta_1 \psi_{1q} + \beta_1 p_n \omega \psi_{1d} - \beta_1 u_{1q} \quad (34)$$

$$\dot{\omega} = \frac{1}{J} \left[ \frac{3}{2} \frac{L_m}{L_1} p_n (\psi_{1q} i_{2d} - \psi_{1d} i_{2q}) - M_c \right] \quad (35)$$

$$\dot{\theta}_0 = \omega_0 \quad (36)$$

где  $(\psi_{1d}, \psi_{1q})^T$ ,  $(i_{2d}, i_{2q})^T$ ,  $(u_{1d}, u_{1q})^T$  - компоненты векторов потокосцепления статора, тока ротора и напряжения статора,

$\omega$  - угловые скорости,

$\omega_0$  и  $\theta_0$  - угловая скорость и угловое положение системы координат (dq) относительно устойчивой системы координат (ab),

$\omega_2 = \omega_0 - \omega p_n$  - частота скольжения.

Преобразованные переменные определяются в соответствии:

$$\mathbf{x}^{(d-q)} = e^{-j\theta_0(t)} \cdot \mathbf{x}^{(a-b)}, \quad e^{-j\theta_0} = \begin{bmatrix} \cos \theta_0(t) & \sin \theta_0(t) \\ -\sin \theta_0(t) & \cos \theta_0(t) \end{bmatrix}. \quad (37)$$

В общей постановке задачи управления угловой скоростью и модулем потокосцепления статора выходные регулируемые переменные задаются следующим образом:

$$\begin{pmatrix} \omega \\ |\psi_1| \end{pmatrix} \triangleq \begin{pmatrix} \omega \\ (\psi_{1d}^2 + \psi_{1q}^2)^{\frac{1}{2}} \end{pmatrix}, \quad (38)$$

а также предполагаем, что вектор переменных состояния в не измеряемый, то есть рассматривается полностью разомкнутое управление, при котором выходные переменные в должны регулироваться с помощью двухмерного вектора управляющих напряжения статора  $\mathbf{u}_1 = (u_{1d}, u_{1q})^T$ . [1].

Предположим, что  $\omega^* = \text{const}$ ,  $\psi^* = \text{const}$  определяют заданные значения угловой скорости и модуля потокосцепления статора, тогда задача регулирования выходных переменных заключается в достижении условия:

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \tilde{\omega} = 0$$

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \tilde{\psi} = 0,$$

где погрешности регулирования имеют значение:

$$\tilde{\omega} = \omega - \omega^* \quad (39)$$

$$\tilde{\psi} = |\psi_1| - \psi^*. \quad (39)$$

Используя теорию ориентации по вектору потокосцепления статора, можно переоформить второе условие следующим образом:

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \tilde{\psi}_{1q} = 0 \quad (40)$$

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \tilde{\psi}_{1d} = 0, \quad (41)$$

где погрешности регулирования потокосцепления по осям d и q определены как:

$$\begin{aligned} \tilde{\psi}_{1q} &= \psi_{1q} \\ \tilde{\psi}_{1d} &= \psi_{1d} - \psi^*. \end{aligned}$$

Заметим, что первое условие определяет достижения по вектору потокосцепления статора.

Достижения эквивалентных условий возможно лишь в случае нагруженного двигателя, то есть при  $M_c = 0$ .

В этом случае токи ротора в установившемся режиме равны нулю. определив  $i_{2d} = \tilde{i}_{2d}$ ,  $i_{2q} = \tilde{i}_{2q}$ , Цель частотного управления может быть формализована следующим образом: найти управляющие напряжения  $u_{1d}$  и  $u_{1q}$ , Которые гарантируют достижение соглашения

$$\lim_{t \rightarrow \infty} (\tilde{\omega}, \tilde{\psi}_{1d}, \tilde{\psi}_{1q}, \tilde{i}_{2d}, \tilde{i}_{2q}) = 0, \text{ при } M_c = 0$$

В погрешностях отработки уравнения записываются (при) в виде:  $\omega^* = \text{const}, \psi^* = \text{const}$

$$\dot{\tilde{\omega}} = \mu p_n \left[ \tilde{\psi}_{1q} \tilde{i}_{2d} - (\psi^* + \tilde{\psi}_{1d}) \tilde{i}_{2q} \right] - \frac{M_c}{J} \quad (42)$$

$$\dot{\tilde{\psi}}_{1d} = -\alpha_1 \tilde{\psi}_{1d} + \omega_0 \tilde{\psi}_{1q} + \alpha_1 L_m \tilde{i}_{2d} - \alpha_1 \psi^* + u_{1d} \quad (43)$$

$$\dot{\tilde{\psi}}_{1q} = -\alpha_1 \tilde{\psi}_{1q} - \omega_0 \tilde{\psi}_{1d} + \alpha_1 L_m \tilde{i}_{2q} - \omega_0 \psi^* + u_{1q} \quad (44)$$

$$\dot{\tilde{i}}_{2d} = -\gamma_1 \tilde{i}_{2d} + (\omega_0 - \omega p_n) \tilde{i}_{2q} + \alpha_1 \beta_1 \tilde{\psi}_{1d} - \beta_1 p_n \omega \tilde{\psi}_{1q} + \alpha_1 \beta_1 \psi^* -$$

$$-\beta_1 u_{1d} \quad (45)$$

$$\begin{aligned} \dot{i}_{2q} = & -\gamma_1 \tilde{i}_{2q} - (\omega_0 - \omega p_n) \tilde{i}_{2d} + \alpha_1 \beta_1 \tilde{\psi}_{1q} + \beta_1 p_n \omega \tilde{\psi}_{1d} + \beta_1 p_n \tilde{\omega} \psi^* + \\ & + \beta_1 p_n \omega^* \psi^* - \beta_1 u_{1q} \end{aligned} \quad (46)$$

$$\dot{\theta}_0 = \omega_0$$

$$\text{где } \mu = \frac{3 L_m}{2 L_1} \frac{1}{J}. \quad (47)$$

Из уравнений для потокосцеплений находим:

$$u_{1d} = \alpha_1 \psi^*$$

$$u_{1q} = \omega_0 \psi^*$$

Приняв условие  $\omega_0 = \omega^* p_n$ , получим уравнение динамики погрешностей отработки:

$$\dot{\tilde{\omega}} = \mu p_n [\tilde{\psi}_{1q} \tilde{i}_{2d} - (\psi^* + \tilde{\psi}_{1d}) \tilde{i}_{2q}] - \frac{M_c}{J} \quad (48)$$

$$\dot{\tilde{\psi}}_{1d} = -\alpha_1 \tilde{\psi}_{1d} + \omega^* p_n \tilde{\psi}_{1q} + \alpha_1 L_m \tilde{i}_{2d} \quad (49)$$

$$\dot{\tilde{\psi}}_{1q} = -\alpha_1 \tilde{\psi}_{1q} - \omega^* p_n \tilde{\psi}_{1d} + \alpha_1 L_m \tilde{i}_{2q} \quad (50)$$

$$\dot{\tilde{i}}_{2d} = -\gamma_1 \tilde{i}_{2d} - \tilde{\omega} \tilde{i}_{2q} + \alpha_1 \beta_1 \tilde{\psi}_{1d} - \beta_1 p_n \omega^* \tilde{\psi}_{1q} - \beta_1 p_n \tilde{\omega} \tilde{\psi}_{1q} \quad (51)$$

$$\dot{\tilde{i}}_{2q} = -\gamma_1 \tilde{i}_{2q} + \tilde{\omega} \tilde{i}_{2d} + \alpha_1 \beta_1 \tilde{\psi}_{1q} + \beta_1 p_n \omega^* \tilde{\psi}_{1d} + \beta_1 p_n \tilde{\omega} \tilde{\psi}_{1d} + \beta_1 p_n \psi^* \tilde{\omega} \quad (52)$$

Физические напряжения, которые прикладываются к обмоткам АД

$$\begin{pmatrix} u_{1a} \\ u_{1b} \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \theta_0(t) & -\sin \theta_0(t) \\ \sin \theta_0(t) & \cos \theta_0(t) \end{bmatrix} \begin{pmatrix} \alpha_1 \psi^* \\ \omega^* p_n \psi^* \end{pmatrix} \quad (53)$$

$$\dot{\theta}_0 = \omega^* p_n \quad (54)$$

Необходимо отметить, что для практической реализации алгоритма частотного управления необходимо знать параметр  $\alpha_1 = R_1/L_1$ , который легко определяется на основе обычных тестов. Необходимости в измерении токов статора и угловой скорости для реализации алгоритма нет. [6].

Структурная схема алгоритма частотного управления АД показана на рис. 23.

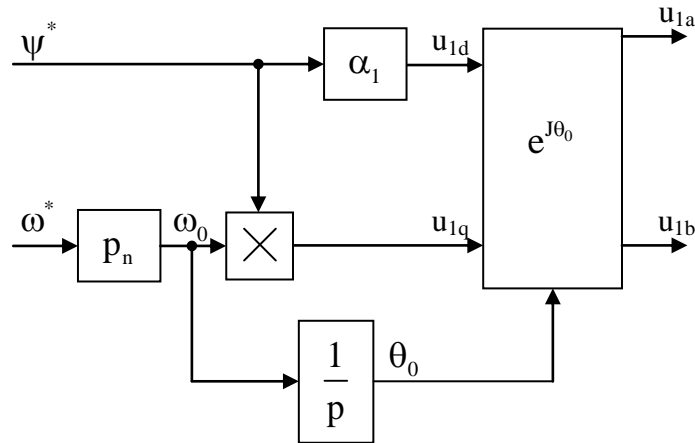


Рисунок 23 - Структурная схема алгоритма частотного управления

Довольно часто на практике для приведения в движение турбомеханизмов применяется квадратичная зависимость напряжения от частоты  $U/f^2 = \text{const}$ .

Это позволяет достичь уменьшения потерь активной мощности при нагрузках, меньше номинальных значений.

Структурная схема алгоритма частотного управления с квадратичной зависимости напряжения от частоты показана на рис. 24.

Для реализации данного алгоритма, выражения записываются в виде:

$$u_{1d} = \alpha_1 \psi^* \quad (55)$$

$$u_{1q} = \omega^* p_n \psi^* \quad (56)$$

$$\psi^* = \psi_0^* + (\psi_n^* - \psi_0^*) \frac{|\omega^* p_n|}{\omega_{on}}, \quad (57)$$

где  $\psi_n^* = \psi_{1XX}$ ,  $0 < \psi_0^* < \psi_n^*$ .

Учитывая, что  $\omega_0 = \omega^* p_n$  при применении алгоритма модуль напряжения статора в зависимости от заданной скорости приобретает вид:

$$U_{1m} = \left( \psi_0^* + (\psi_n^* - \psi_0^*) \frac{|\omega^* p_n|}{\omega_{0n}} \right) \sqrt{\alpha_1^2 + (\omega^* p_n)^2 n} \quad (58)$$

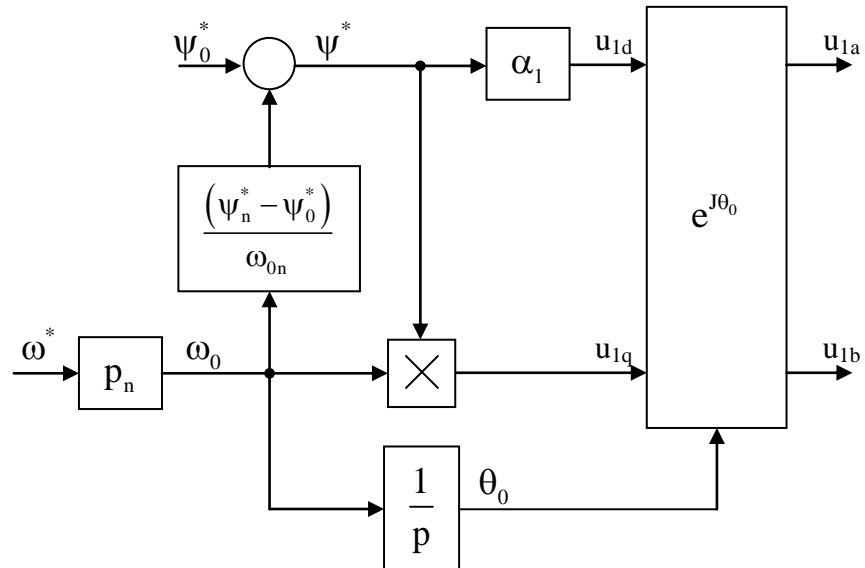


Рисунок 24 - Структурная схема алгоритма частотного управления с квадратичной зависимостью напряжения от частоты

На рис. 25 и рис. 26 изображены механические характеристики при частотном регулировании по двум законам -  $U / f$  и  $U / f^2$ , которые были построены в программной среде MATLAB Simulink.

Электрическая машина является одним из главных элементов электропривода, а также электромеханических систем, где он используется, непосредственно обеспечивая процесс электромеханического преобразования энергии. Независимо от конструкции, по принципу электромеханического преобразования энергии все ЭМ делятся на машины постоянного тока, асинхронные и синхронные. [7].

Заметим, что влияние эффектов второго порядка в значительной степени зависит от того, как машина спроектирована. Современные электрические машины, специально сконструированные для конкретного способа управле-

ния, например, асинхронные двигатели для частотного и векторного управления, имеют характеристики, с высокой точностью совпадают с характеристиками идеализированных машин.

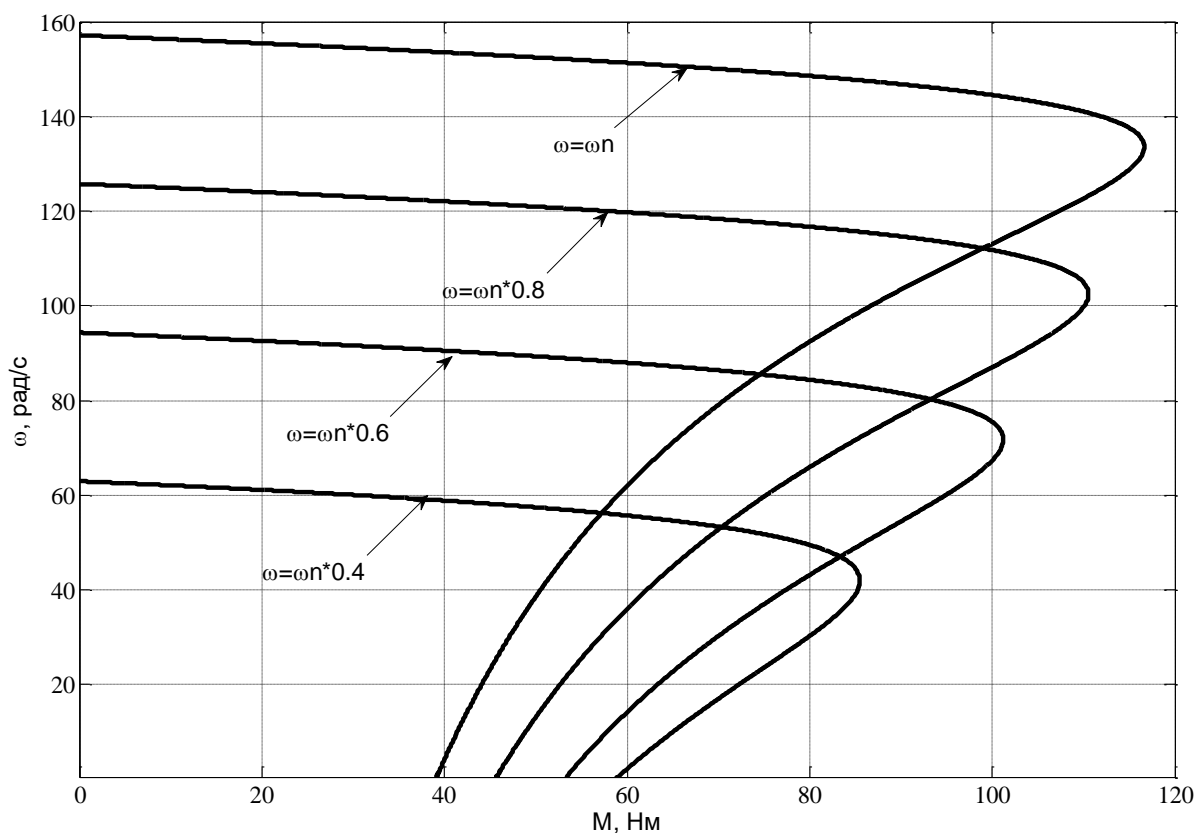


Рисунок 25 - Механические характеристики асинхронного двигателя при частотном управлении по закону  $U / f$

Для режима регулирования скорости вращения рабочего колеса насоса:

$$H = H_{0n} \left( \frac{\omega}{\omega_n} \right) - a_{\phi} Q^2 \quad (59)$$

Момент на валу насоса:

$$M = \frac{g\rho QH}{\omega\eta} \quad (60)$$

На рис. 27 на основе уравнений и двухфазной модели асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором представлена структурная схема насосной установки.

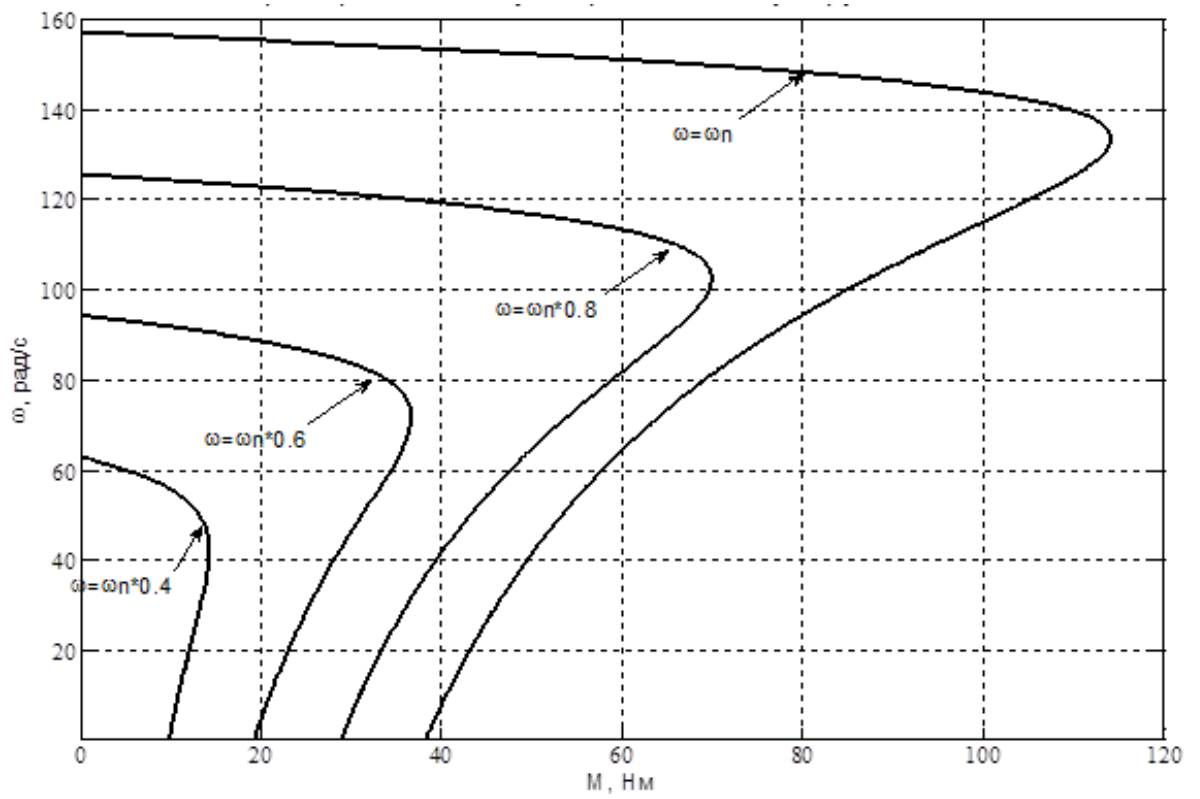


Рисунок 26 - механические характеристики двигателя

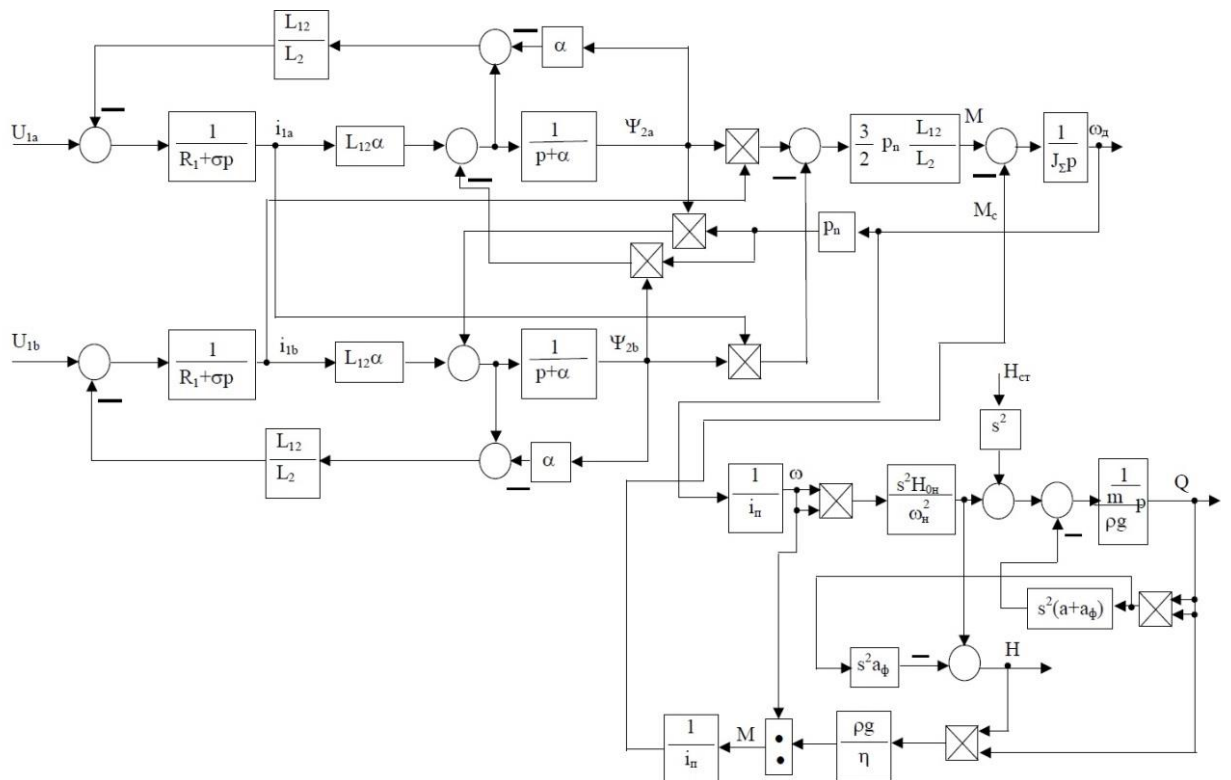


Рисунок 27 - Структурная схема насосной установки



Выполнив моделирование данной модели в программной среде MATLAB Simulink, можно проанализировать работу насосной установки.

Так на графиках, изображенных на рис. 28 показано переходные процессы работы двигателя насоса и продемонстрировано характер изменения напора на производительности при выходе на номинальные значения при работе частотном управлении двигателем насоса по закону  $U / f^2$ .

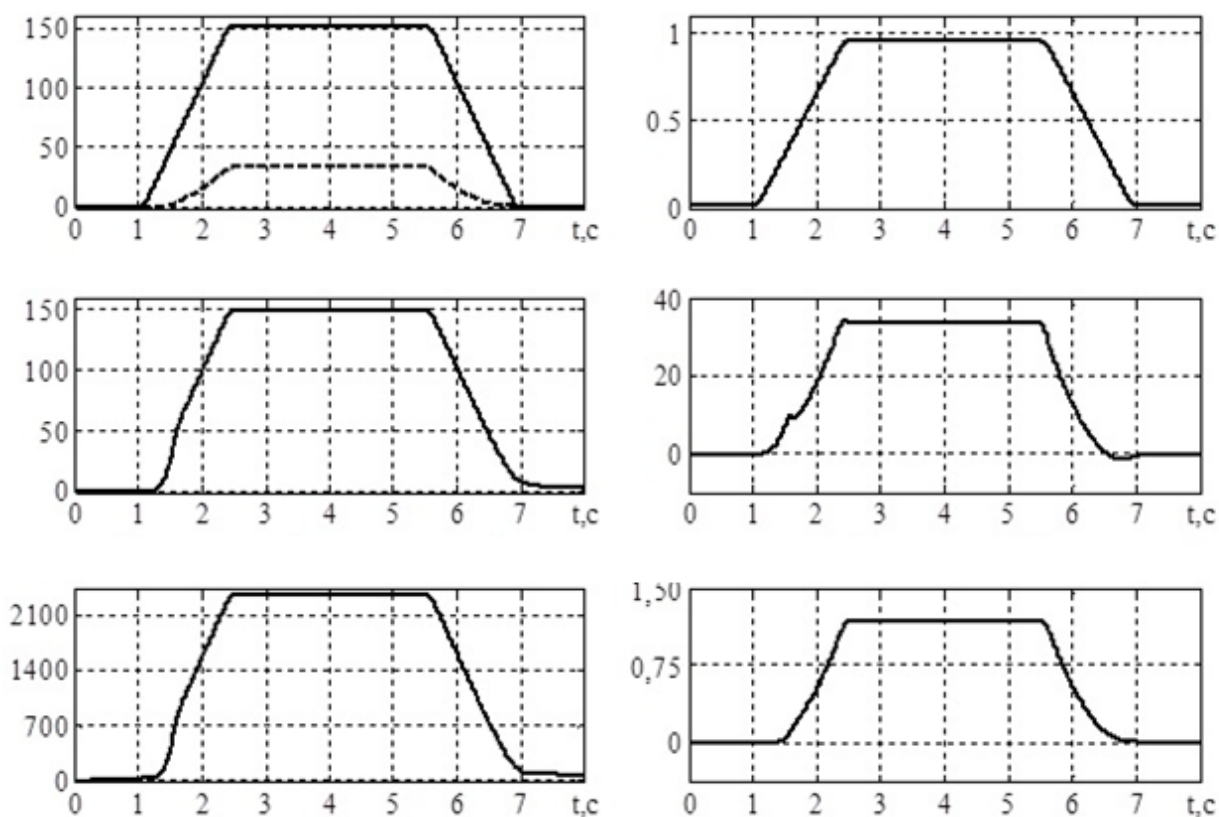


Рисунок 28 - Переходные процессы работы насосной установки

Из графиков видно, что несмотря на равномерный характер нарастания заданных величин, система обрабатывает их с некоторой погрешностью.

Так на графиках скорости ротора двигателя и момента на валу двигателя можно наблюдать небольшое перерегулирование при переходном процессе, однако оно наблюдается только на начальном моменте разгона и сопряжена с гидравлической составляющей системы.

Система предназначена для автоматического и ручного управления двумя насосными агрегатами с асинхронными двигателями, которые работают в системе горячего водоснабжения здания.

Система автоматического управления насосной станцией должна обеспечивать поддержание постоянного давления и напора воды в сети. Поддержание постоянного давления в водоводе осуществляется с помощью регулирования частоты вращения рабочего колеса насоса, обеспечивает частотно регулируемый электропривод каждого насоса с контуром обратной связи по давлению от соответствующего датчика, установленного на выходной магистрали насоса. Система также контролирует уровень давления входящей магистрали насоса с целью предупреждения работы насосов при отсутствии воды - защита от «сухого хода».

Контроль осуществляется с помощью реле давления, установленного на входной магистрали насоса.

В случае аварийного останова рабочего насоса, система автоматически включает резервный агрегат, установленный параллельно. В схеме системы управления предусмотрена установка двух магнитных пускателей к каждому двигателю.

Это позволяет осуществить прямой пуск двигателя и временную работу насоса в обход преобразователя частоты («Байпас») при выходе его из строя или техническом обслуживании без остановки процесса подачи воды. При срабатывании пожарной сигнализации в здании, система включает оба насоса на полную мощность для максимального повышения подачи воды направленной на тушение пожара. [9].

Для осуществления сбора информации, контроля всех параметров и передачи необходимых управляющих сигналов в автоматическом режиме, система оснащена программируемым логическим контроллером. Предусмотрена возможность управлять насосами в ручном режиме, когда оператор с помощью ручного задатчика (потенциометра) на передней панели шкафа управления системы устанавливает необходимый уровень частоты вращения ротора двигателя.

Все режимы работы и аварии имеют соответствующий световой индикатор на передней панели шкафа системы управления. [10].

Параллельная схема установки насосов, применяется в случаях:

- Один насос не может обеспечить заданную подачу, а замена его другим более мощным нецелесообразна.
- Необходимо ступенчато наращивать подачу.
- Во время работы возникает потребность в кратковременном повышенные подачи.
- Для повышения надежности, когда один насос выполняет роль резервного агрегата.
- При периодическом переключении насосов для выработки одинаковых моточасов, что продлевает срок эксплуатации агрегатов.

На рисунке 29 показана принципиальная схема параллельного включения двух насосов

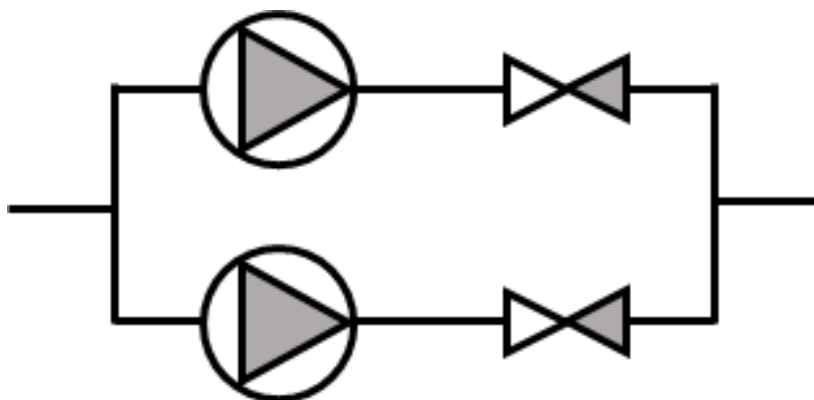


Рисунок 29 - Принципиальная схема параллельного включения двух насосов

Для достижения нужного значения производительности станция второго подъема выполняется как группа насосных агрегатов, работающих параллельно.

Она представляет воду в трубопроводную сеть по двум водоводам.

При таком соединении каждый из насосов группы влияет на работу других насосов этой группы. Это приводит к тому, что подача, давление, мощность и коэффициент полезного действия (КПД) каждого из них существенно зависят от режимов нагрузки агрегатов, работающих совместно

## 5 РАЗРАБОТКА ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ СХЕМЫ СОЕДИНЕНИЙ

Главное назначение принципиальной схемы модели определить состав элементов и электрические связи между ними.

Принципиальная схема представлена на рисунке 30

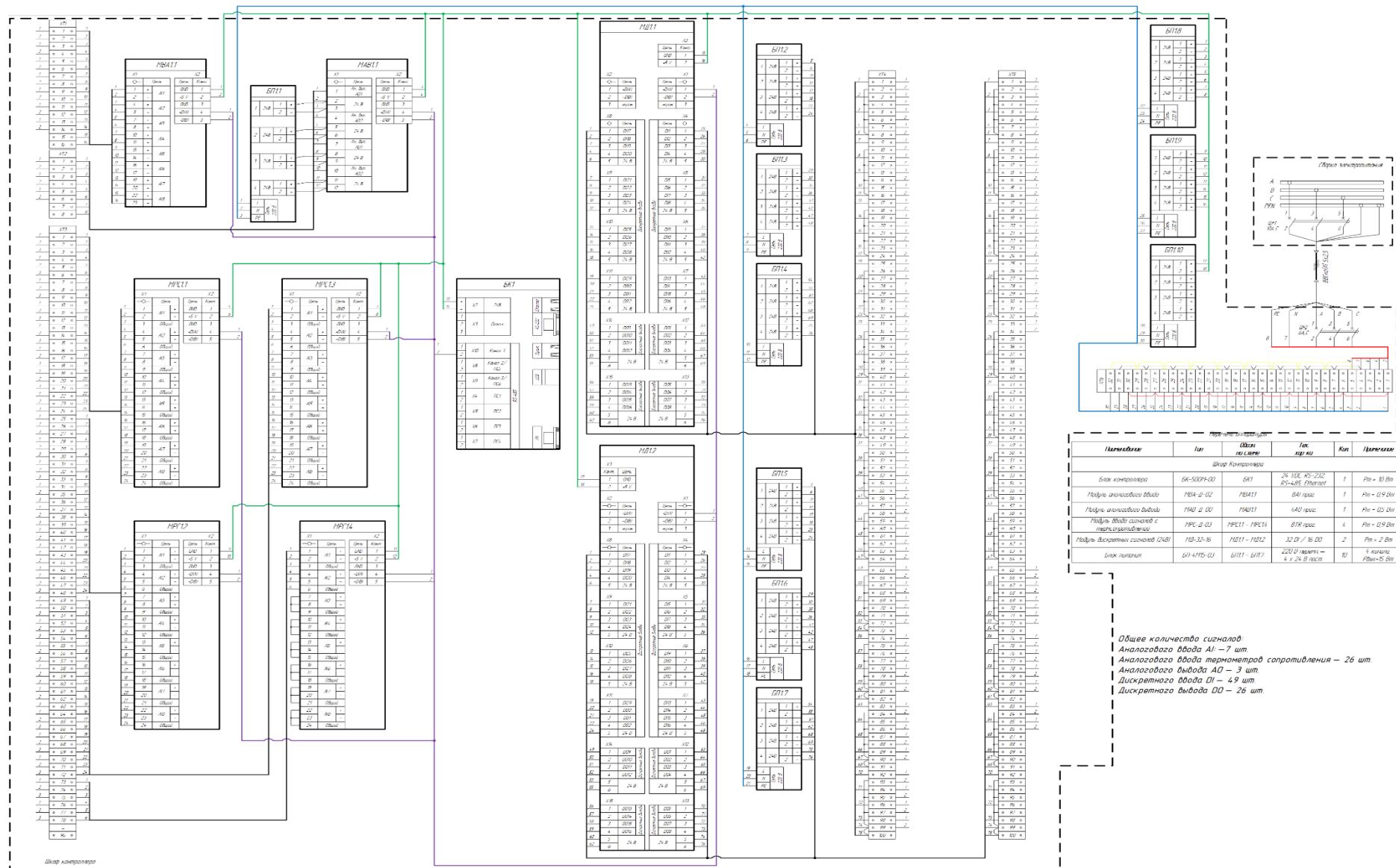
В состав схемы входит:

- Блок контроллера – 1 шт.
- Модуль аналогового ввода – 1 шт.
- Модуль аналогового вывода – 1 шт.
- Модуль ввода сигналов с термосопротивлений – 4 шт.
- Модуль дискретных сигналов (24 В) – 2 шт.
- Блок питания – 10 шт.

Общее количество сигналов:

- Аналогового ввода – 7 шт.
- Аналогового ввода термометров с сопротивлением -26 шт.
- Аналогового вывода – 3 шт.
- Дискретного ввода – 49 шт.
- Дискретного вывода – 26 шт.

Принципиальная схема представлена на рисунке 30



Общее количество сигналов:  
 Аналогового ввода AI – 7 шт.  
 Аналогового вывода AO – 3 шт.  
 Дискретного ввода DI – 49 шт.  
 Дискретного вывода DO – 26 шт.

Рисунок 30 – Принципиальная схема

## 6 РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОЙ ЧАСТИ ПРОЕКТИРУЕМОЙ СИСТЕМЫ

### 6.1 Алгоритм логики работы

Для упрощения задачи программиста при написании программного обеспечения для контроллера технолог должен предварительно составить алгоритм управления, который, в свою очередь, должен давать четкое представление о том, какую последовательность действий нужно произвести, чтобы наилучшим образом решить поставленную задачу.

В ходе проектирования был разработан работы алгоритм работы.

Программа должна выполнять следующие функции:

- при выходе технологических параметров за допустимые пределы сигнализировать об этом оператору в систему;
- для параметров, по которым предусмотрена блокировка, при дальнейшем их росте выдать сигнал на управление соответствующим блокирующим оборудованием.

Программа инициализации представлен на рисунке 31

Полный алгоритм работы программы представлен в приложении В

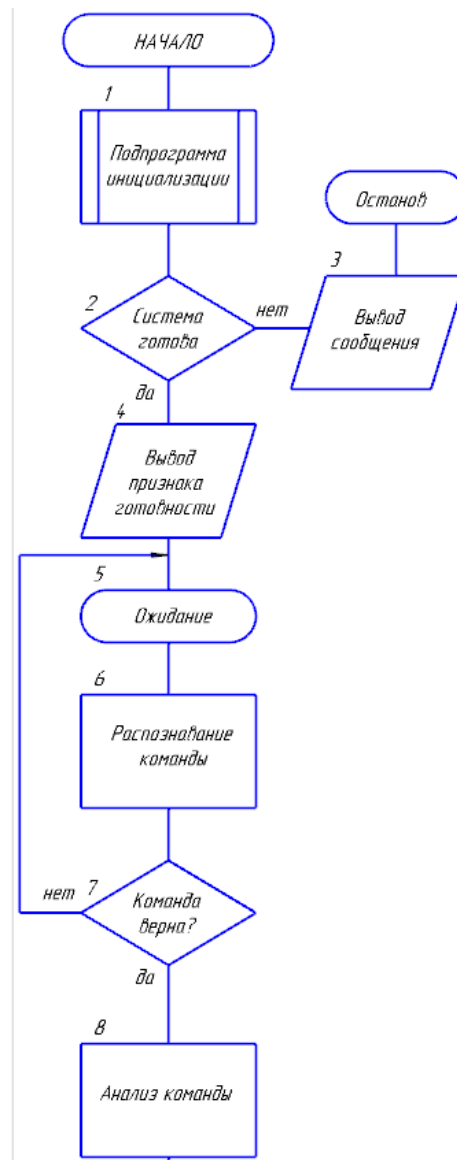


Рисунок 31 - Подпрограмма инициализации

В данной подпрограмме производится настройка портов на ввод/вывод для дальнейшей работы с ними. Также здесь инициализируется стек, заводятся необходимые константы, переменные, маски

2. Подпрограмма опроса датчиков, включение задвижек и насоса

Подпрограмма опроса датчиков представлена на рисунке 32

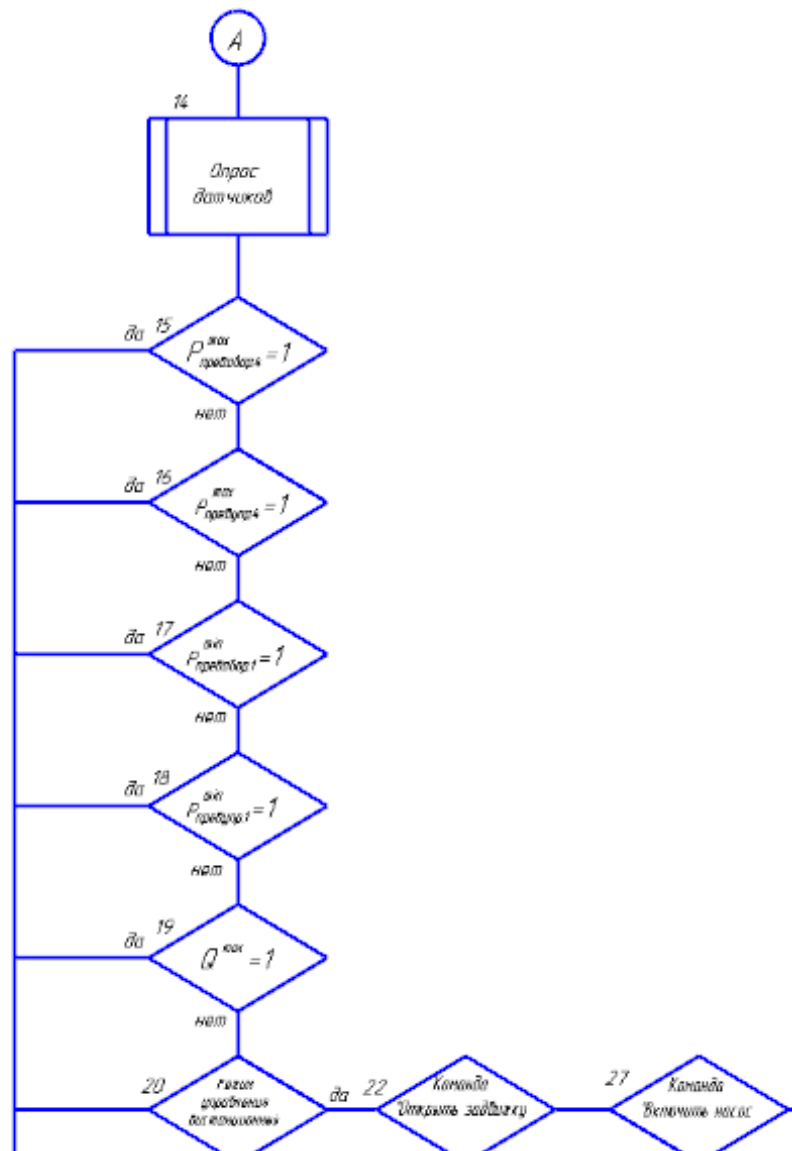


Рисунок 32 - Подпрограмма опроса датчиков, включение насоса

Логика работы везде идентичен поэтому рассмотрим лишь один пример.

Сначала опрашиваем датчики давления на максимальный и минимальный предел давления. Максимальный для того, чтобы насос включился и минимальный, чтобы насос не работал просто так.

## 6.2 Тестирование работы проектируемой системы

Тестирование программы происходит в Trace mode

На рисунках 33, 34, 35 представлены различные ситуации работы системы



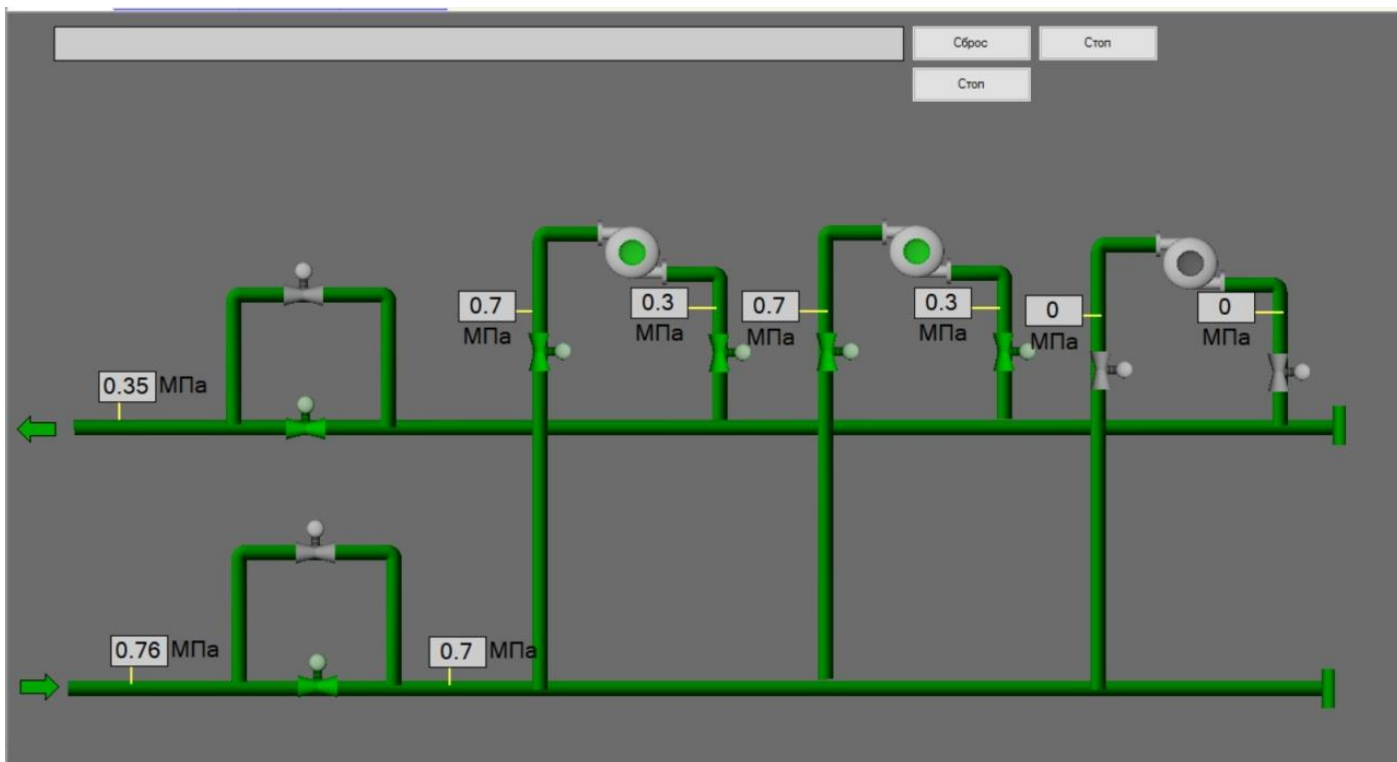


Рисунок 33 – Нормальное состояние

При нормальном состоянии, для примера, поступает давление 0,7 МПа. Так как давление не превышает 0,94 МПа, то работает 2 насоса и резервный не включается, на обратном трубопроводе давление меняется на 0,35 МПа.

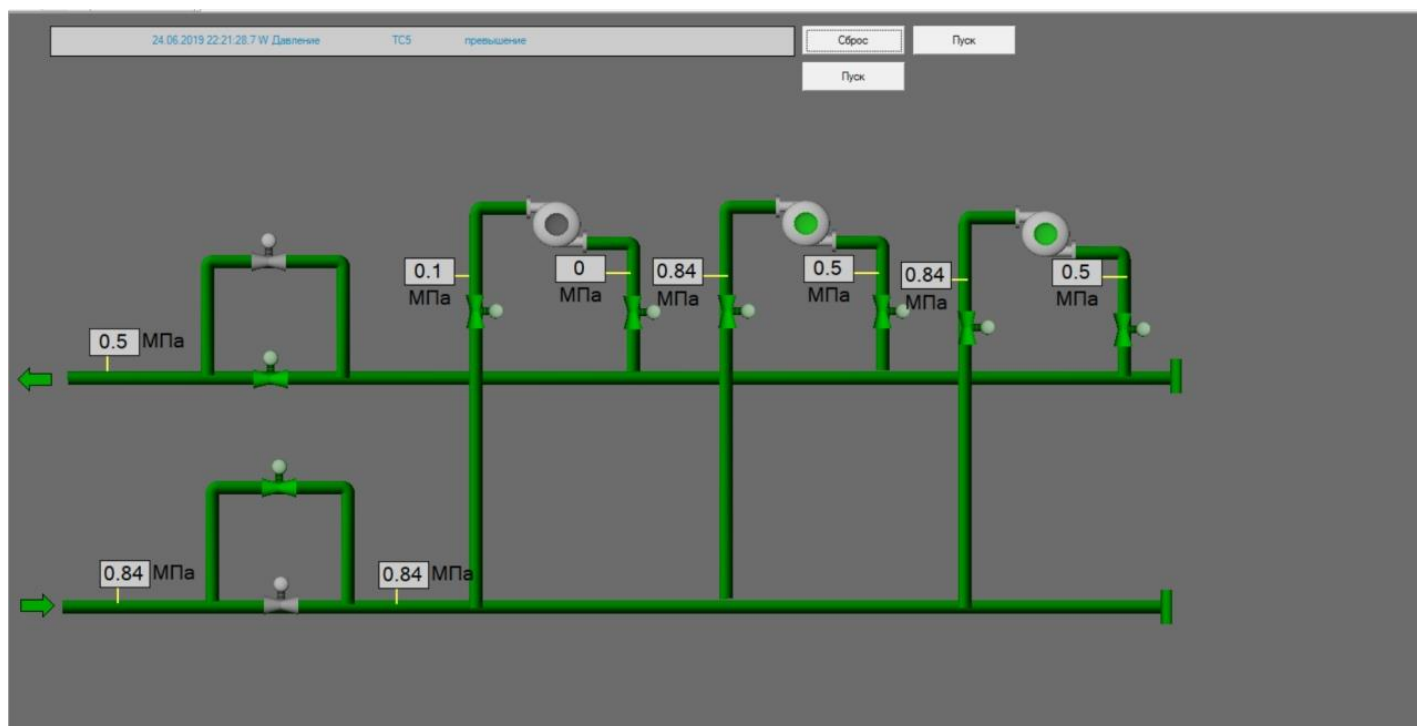


Рисунок 34-Отказ одного из насосов

При отказе одного из насосов, должен включаться резервный насос

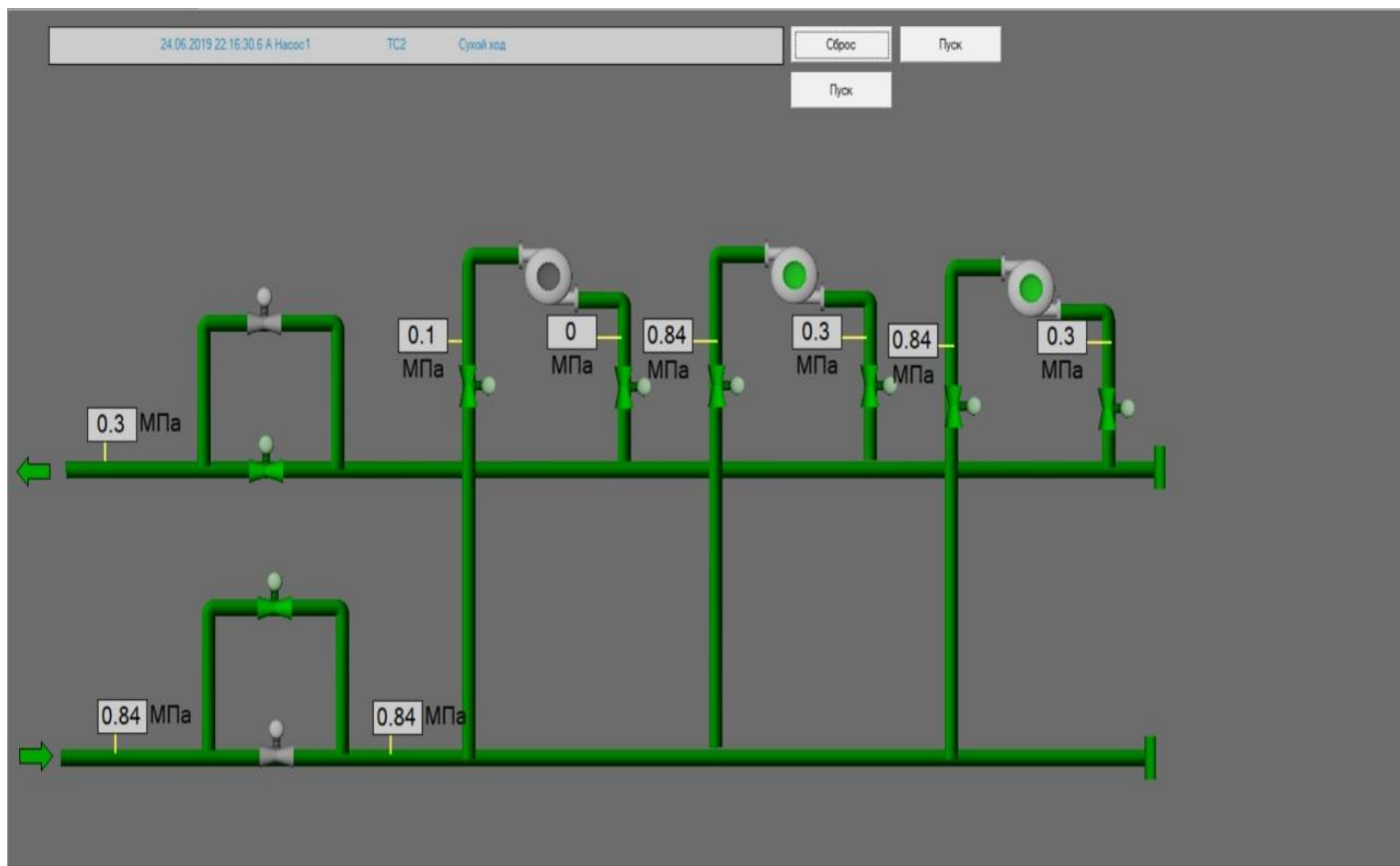


Рисунок 35-Сухой ход

При ситуации сухого ход показывает, что система работает нормально, но наверху появляется надпись «сухой ход» и нужно отключить систему, для того что бы насосы не вышли из строя.

## 7 БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ

### 7.1 Безопасность

Пусконаладочные работы и эксплуатацию контроллера должны осуществлять лица, имеющие допуск к эксплуатации электроустановок напряжением до 1000 В. [14].

При пусконаладочных работах и эксплуатации контроллера необходимо руководствоваться:

- сопроводительной эксплуатационной документацией;
- Правилами эксплуатации электроустановок потребителей;
- ПОТ Р М-016-2001 РД 153-34.0-03.150-00 «Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок»;
- инструкцией по технике безопасности, утвержденной предприятием-потребителем в установленном порядке и учитывающей применение контроллера на конкретном объекте.

Монтаж контроллера проводить при отключенном напряжении питания.

Устройства класса 0I из состава контроллеров (блоки питания БП-Г, БП-4М15, блоки БУЭР) при установке на место эксплуатации должны быть заземлены. Сопротивление проводников, соединяющих зажимы заземления указанных устройств с контуром заземления, не должно превышать 0,1 Ом

В контроллере предусмотрена световая сигнализация о наличии напряжения питания, включенном состоянии контроллера, неисправностях, режимах и т. д. В конструкции контроллера применены элементы, предназначенные для защиты человека от случайного прикосновения к токоведущим частям (крышки, соединители и т. д.).

Маркировка контроллера содержит необходимые надписи и знаки безопасности.

При распаковывании проверить комплектность контроллера по упаковочным листам, провести внешний осмотр.

Провести монтаж контроллера в соответствии с проектом, соблюдая требования сопроводительной эксплуатационной документации.

При необходимости провести заземление устройств контроллера.

После монтажа клеммные колодки контроллера, к которым подключены цепи напряжением 220 В, должны быть закрыты защитными крышками.

Рекомендуется один раз в три месяца проводить внешний осмотр контроллера. Во время осмотра проверить:

- надежность крепления контроллера и подключения кабелей;
- цепи присоединения на отсутствие обрывов и повреждение изоляции;
- отсутствие пыли и грязи.

Очистку контроллера от пыли проводить путем протирания внешних доступных частей. Пыль с остальных частей контроллера удалять продувкой воздухом, который должен быть чистым, без содержания воды и масла;

## **7.2 Экологичность**

При эксплуатации проектируемого объекта будет включать виды деятельности прямо или косвенно взаимодействующие с окружающей средой такие как: шум, отходы, сброс сточных вод, сброс загрязненной воды при аварийных ситуациях. [11].

Источником шума на период эксплуатации будет являться работа оборудования ПНС и движение автотранспорта по территории. Величина уровня шума будет зависеть от мощности оборудования ПНС и их технического состояния и подлежит инструментальному контролю. [11].

Отходы во время эксплуатации объекта образуются в основном от уборки территории и жизнедеятельности работников, а также при проведении ремонтных работ. [11].

Основными видами отходов на период эксплуатации будут являться: отходы потребления на производстве, подобные коммунальным, мусор от бытовых помещений организаций несортированный (исключая крупногабаритный). [11].

Вывоз отходов должен быть своевременным, места их временного хранения должны соответствовать правилам санитарной охраны во избежание возникновения пожаров, загрязнения почвогрунтов и грунтовых вод. [11].

Возможно засорение ливневой канализации при несоблюдении правил накопления и размещения отходов, в том числе при нерегулярной уборке территории. [11].

### **7.3 Чрезвычайные ситуации**

На этапе эксплуатации вероятность случайного возгорания достаточно велика. Потенциальными источниками возгораний могут являться короткое замыкание электропроводки, несоблюдение правил техники безопасности при обращении с электроприборами, использование неисправного оборудования и автотранспорта. [13].

Противопожарные мероприятия обеспечиваются следующими проектными решениями: [13].

- Выбором устройств защиты электрооборудования и токораспределительных сетей, обеспечивающих немедленное отключение поврежденных участков;
- Выбором соответствующих марок и сечений кабеля, и способа их прокладки;
- Применением негорючих материалов для монтажа электрооборудования;

- Наличие первичных средств пожаротушения

В здании насосной станции предусматривается автоматическая пожарная сигнализация.

Для обнаружения пожара применены пожарные извещатели пожарные дымовые оптико-электронные «ДИП-34А-01-4». [12].

На входе в помещение установлен светозвуковой оповещатель комбинированный «Блик С-24».

В здании насосной станции, а именно в помещении серверной предусматривается установка автономной системы пожаротушения без участия человека «Вонпет».

Устройство пожаротушения Вонпет представляет собой цилиндр, оболочка которого состоит из безопасного, не дающих острых осколков стекла. Внутри капсулы находится огнетушащее вещество. Эта смесь является термочувствительной и при нагревании сильно расширяется, быстро переходя в газообразное состояние. [12].

Ответственность за пожарную безопасность всего объекта возлагается на руководителя предприятия. [13].

Организационно-технические мероприятия должны включать:

- Организацию пожарной охраны
- Паспортизацию веществ, материалов, изделий, технологических процессов, зданий и сооружений объектов в части обеспечения пожарной безопасности
- Организацию обучения работающих правилам пожарной безопасности на производстве
- Разработку и реализацию норм и правил пожарной безопасности, инструкций о порядке обращения с пожароопасными веществами и ма-

териалами, о соблюдении противопожарного режима и действиях людей при возникновении пожара;

- Изготовление и применение средств наглядной агитации по обеспечению пожарной безопасности;
- Порядок хранения веществ и материалов, тушение которых недопустимо одними и тем же средствами, в зависимости от их физико-химических и пожароопасных свойств;
- нормирование численности людей на объекте по условиям безопасности их при пожаре;
- Разработку мероприятий по действия администрации, рабочих, служащих и населения на случай возникновения пожара и организацию эвакуации людей;

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Автоматический контроль и принятие решений при управлении насосными станциями связан с постоянным контролем границ протекания нормального технологического режима, а также быстрым реагированием на возможные нештатные ситуации.

Автоматизация этих процессов является жизненно важной задачей. Современный уровень развития систем автоматизированного управления позволяет диспетчерам иметь большую первичную информацию для решения задач управления как в штатном, так и в нештатном режимах. Однако это еще не гарантирует правильность или наибольшую эффективность принимаемых решений.

При эксплуатации ТЭЦ и в том числе насосных станций уделяется большое внимание вопросам обеспечения ее надежности и безопасности. Однако на практике полностью исключить риск аварий невозможно, поэтому остро встает вопрос о способе обеспечения жесткого, стабильного и безопасного технологического режима, своевременного предотвращения аварий, а также эффективного управления ТЭЦ.

В штатном режиме работы объектов данные, полученные от этих систем, является основой для анализа режима работы технологических объектов и принятия решений по его оптимизации.

В аварийных ситуациях эти телемеханики позволяют диагностировать разрывы и другие аварийные ситуации, определять место аварии и осуществлять локализацию (отключение) аварийного участка.

Среди преимуществ создания автоматизированных систем можно назвать следующие:

- значительное упрощение и удешевление монтажных и пусконаладочных работ;
- большой ресурс и большая эксплуатационная надежность;
- значительное упрощение системы автоматического управления;



## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1 Амурская генерация. Акционерное общество «ДГК» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://dvgk.ru/page/2323> - 24.04.2019
- 2 Яндекс магазин [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://market.yandex.ru> - 26.04.2019
- 3 Контроллер КР-500М серии КОНТРАСТЗАО «Волмаг». [Электронный ресурс]. —Режим доступа: <https://www.volmag.ru> -26.04.2019
- 4 РусАвтоматизация [Электронный ресурс]: выбор оборудования, технические характеристики. - Режим доступа: <https://rusautomation.ru>. - 26.04.2019
- 5 Шаммазов А.М. Проектирование и эксплуатация насосных и компрессорных станций/ А.М. Шаммазов, В.Н. Александров, А.И. Гольянов, Г.Е. Коробков, Б.Н. Мастобаев - М.: Недра, 2003. - 404 с.
- 6 Ключев А.С. Проектирование систем автоматизации технологических процессов. М., 1980г.
- 7 Эгильский И. С. Автоматизированные системы управления технологическими процессами подачи и распределения воды Л.: Стройиздат, 1988-335с.: ил.
- 8 Мееров М.В., Михайлов Ю.Н., Фридман В.Г. Основы автоматического управления. – М.: Недра, 1979.
- 9 Проектирование функциональных схем систем автоматического контроля и регулирования: учебное пособие/ А. В. Волошенко, Д. Б. Горбунов – Томск: Изд-во Томский политехнический университет, 2008. – 109 с.
- 10 Технический отчет по инженерно-экологическим изысканиям ООО ООО«Востоктеплозащита» [Текст] : [док. внутреннего пользования] / ООО«Востоктеплозащита». - Хабаровск, 2017. - 221 с.

- 11 СП 3.13130.2009 Системы противопожарной защиты. Система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре
- 12 СП 112.13330.2012 “Пожарная безопасность зданий и сооружений”
- 13 Проектная документация филиал «Амурская генерация» АО «ДГК»  
[Текст]: [док. внутреннего пользования] / «Амурская генерация» АО «ДГК». - Благовещенск, 2017. - 18 с

## ПРИЛОЖЕНИЕ А

### Техническое задание на разработку

Техническое задание разработано с требованиями ГОСТ 19.201–78.

#### **1. Введение**

Главной целью разрабатываемого проекта является автоматизация технического процесса понижающей насосной станции.

#### **2. Основание для разработки**

Основанием для разработки является учебный план специальности 15.04.03 Амурского Государственного Университета по выпускной квалификационной работе.

#### **3. Назначение разработки**

Данное разрабатываемое устройство предназначено для автоматизации технологического процесса понижающей насосной станции. Может служить средством использования на предприятиях в объектах заказчика.

#### **4. Требования к программе или к программному изделию**

##### **4.1 Требования к функциональным характеристикам**

Устройство предназначено для управления понижением давления. Должно иметь один режим работы: автоматический. Так же должны быть предусмотрены аварийные режимы.

##### **4.2 Требование к надежности**

Уровень надежности устройства должен зависеть от проектировщика. Достаточной надежностью должны обладать как кнопки, светодиоды, насос и электродвигатель так как они являются часто используемыми.

##### **4.3 Условия эксплуатации**

Особых требований к условиям эксплуатации нет. Проектируемое устройство должно оптимально функционировать в диапазоне температур:

-40...+50 °С. Относительная влажность при  $t = +25^{\circ}\text{C}$ , не более 80%. Атмосферное давление: 84 – 106,7 кПа.

#### **4.4 Требования к информационной и программной совместимости**

Разрабатываемая программа для выбранного микроконтроллера должна быть написана так, чтобы ее можно было в дальнейшем реализовать на контроллере БК 500-МК, подходящему по всем требованиям проектируемого устройства.

#### **4.5 Требование к маркировке и упаковке**

Во избежание различных повреждений упаковка должна изготавливаться из прочного прессованного картона. Маркировка должна содержать в себе данные о производителе, например, инициалы, чтобы исключить плагиат. Товар должен поставляться в заводской упаковке, способной предотвратить его повреждение или порчу во время перевозки, передачи заказчику и дальнейшего хранения.

#### **4.6 Требования к транспортированию и хранению**

Устройство должно храниться в соответствующей упаковке в помещении, соответствующем требованиям ГОСТ 15150-69 для условий хранения 3. Транспортирование устройств может производиться всеми видами транспорта в крытых транспортных средствах, при транспортировании воздушным транспортом в отапливаемых герметизированных отсеках, в соответствии с действующими правилами на каждый вид транспорта. Условия транспортирования в части воздействия климатических факторов должны соответствовать условиям хранения 5 по

ГОСТ 15150-69. При погрузке и разгрузке недопустимы толчки и удары, которые могут сказаться на работоспособности устройства.

#### **4.7 Специальные требования**

Специальных требований к разрабатываемому устройству нет.

## **5 Стадии и этапы разработки**

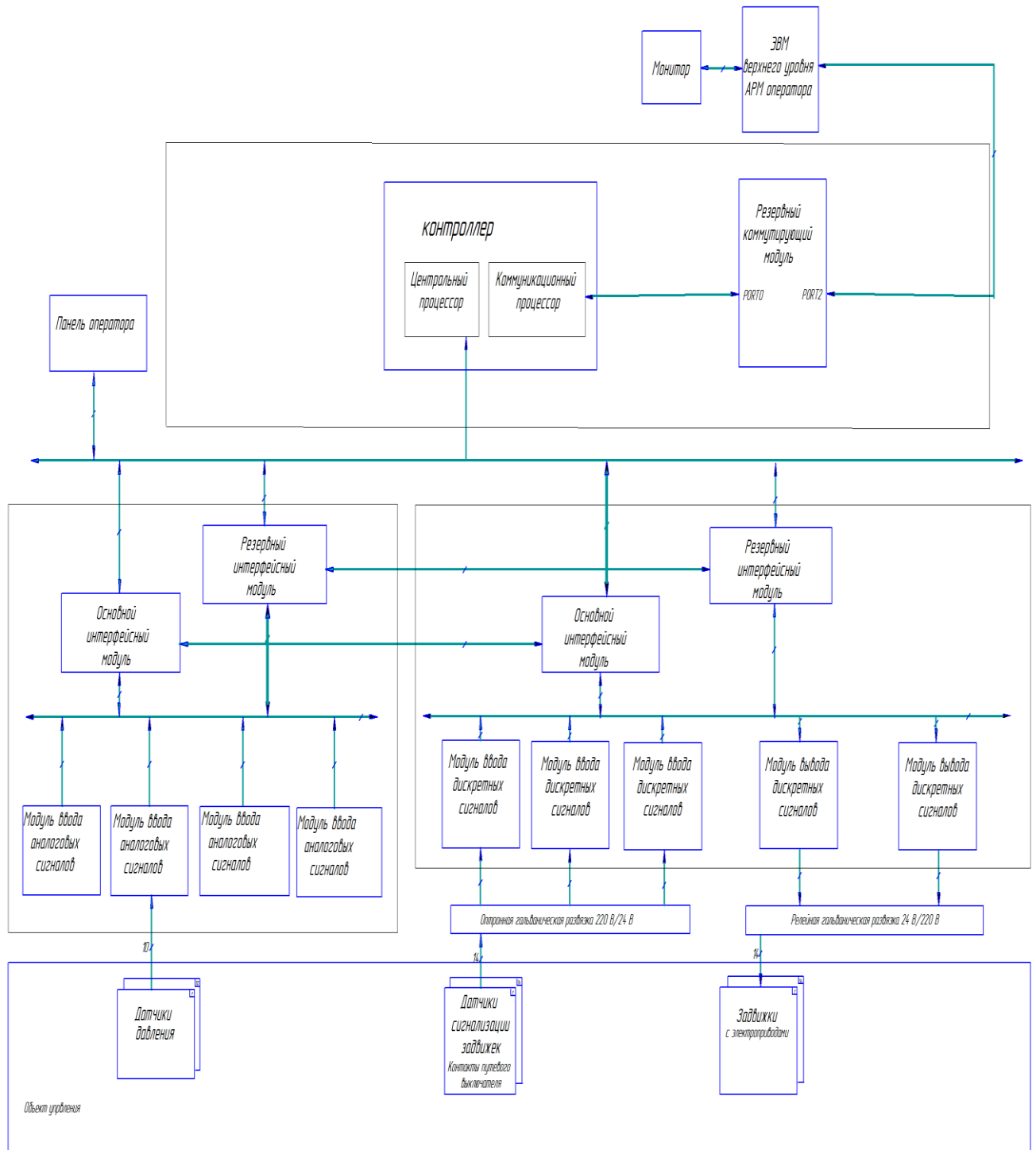
Выделяются несколько этапов:

- 1)Нахождение способа;
- 2)Составление алгоритма программы;
- 3)Разработка принципиальной схемы работы устройства;
- 4)Написание программы;
- 5)Испытание устройства;

Ко всему этому должна прилагаться пояснительная записка к разработанному устройству.



# ПРИЛОЖЕНИЕ В



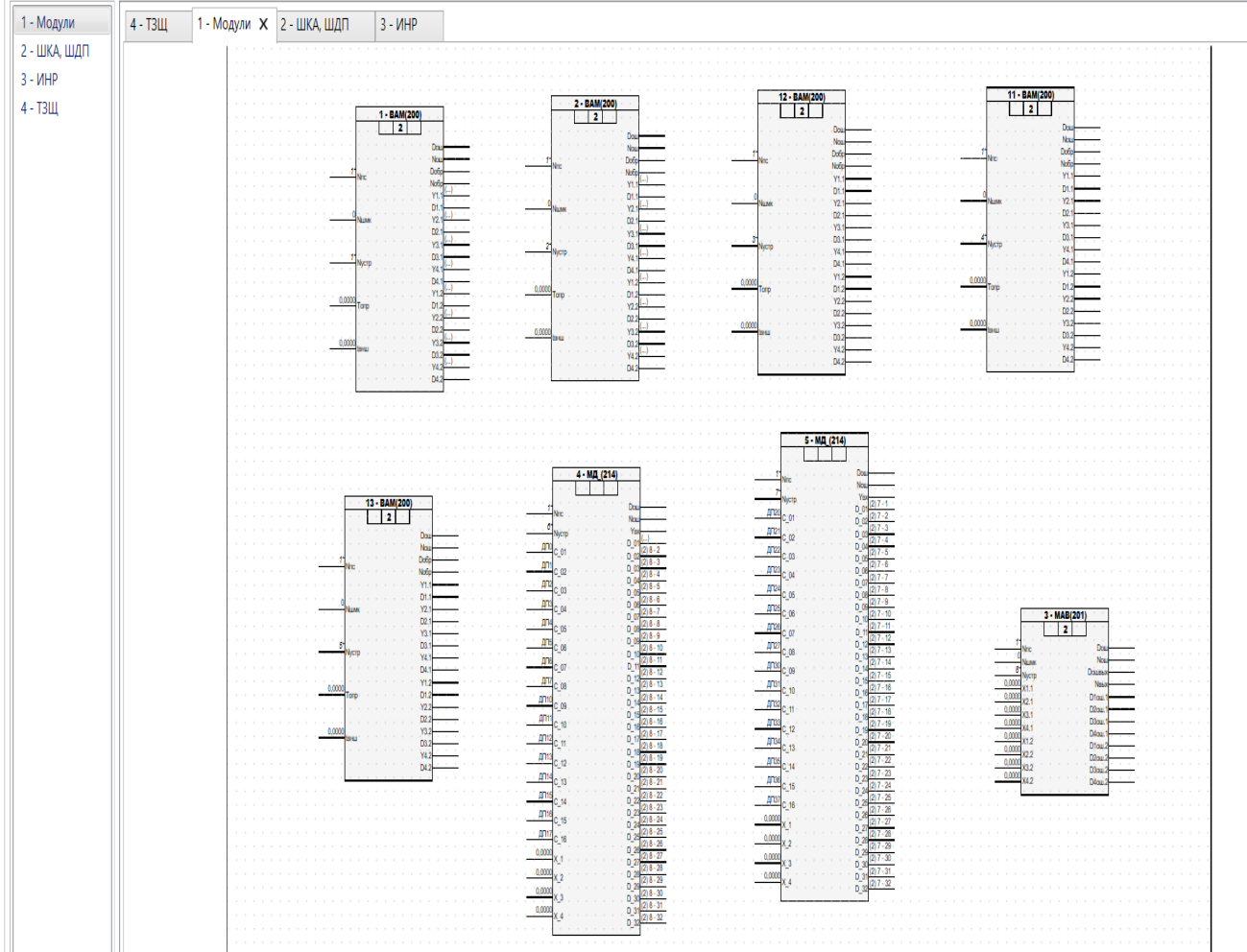




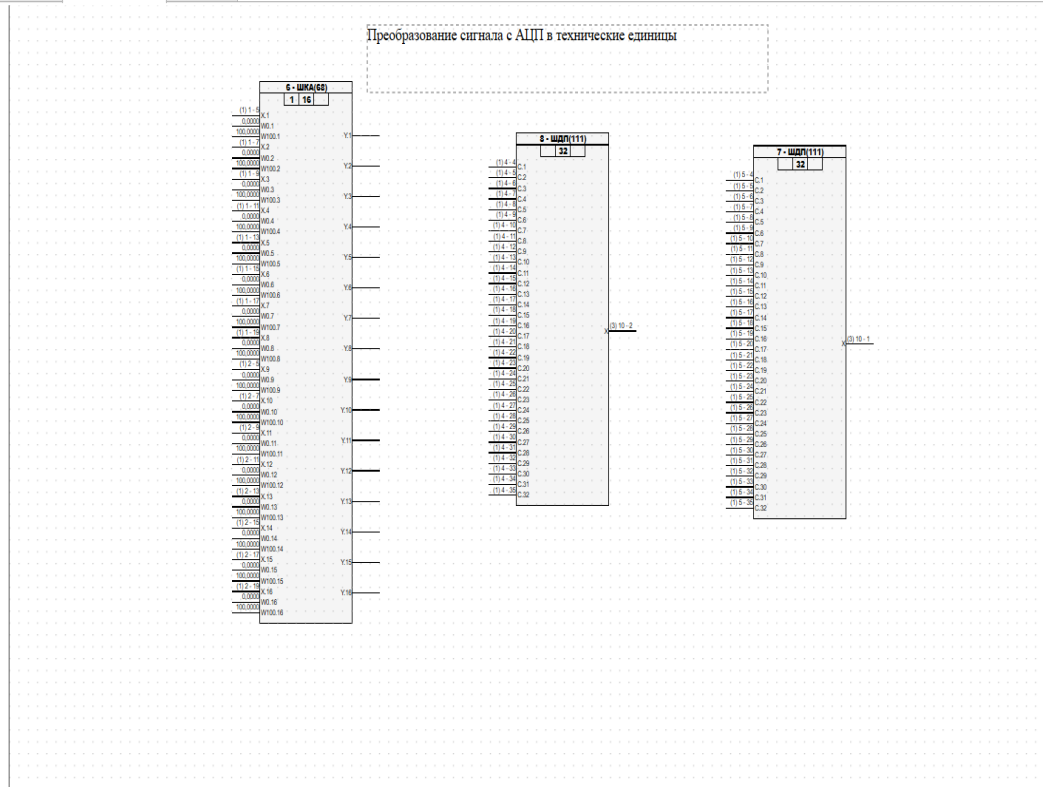


# ПРИЛОЖЕНИЕ Е

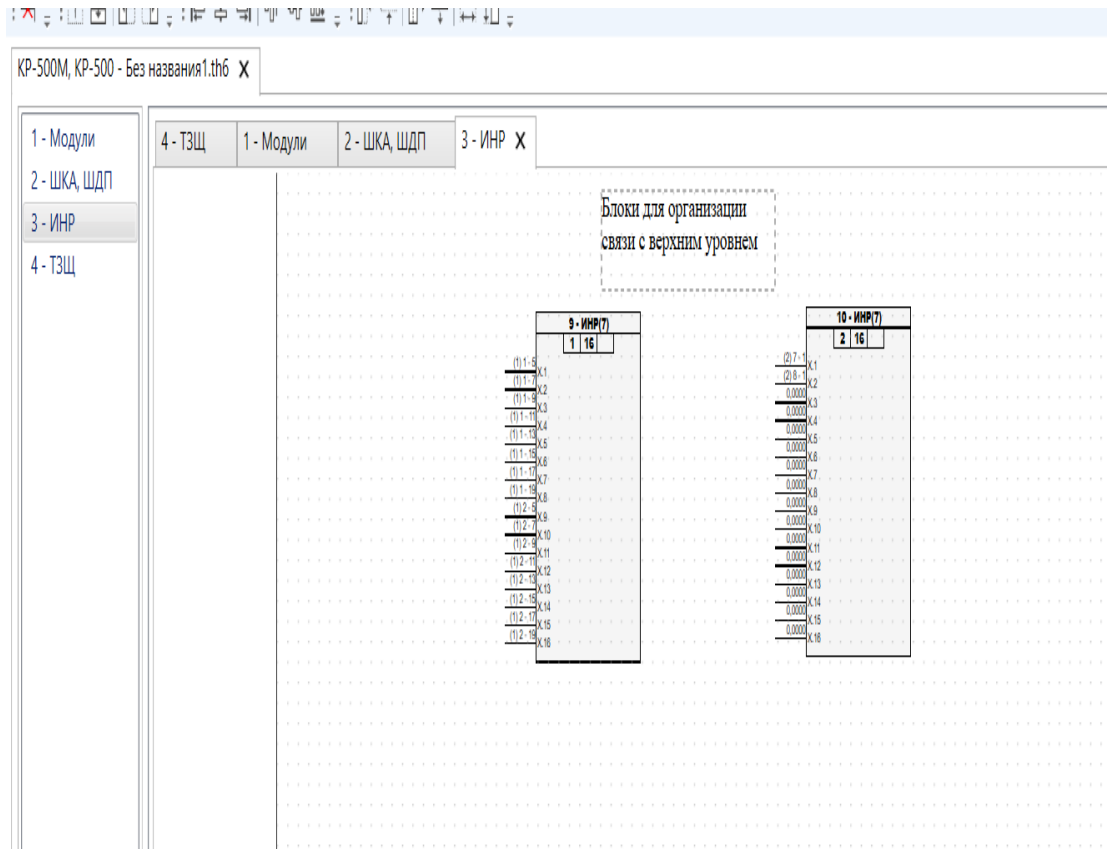
КР-500М, КР-500 - Без названия1.th6 X



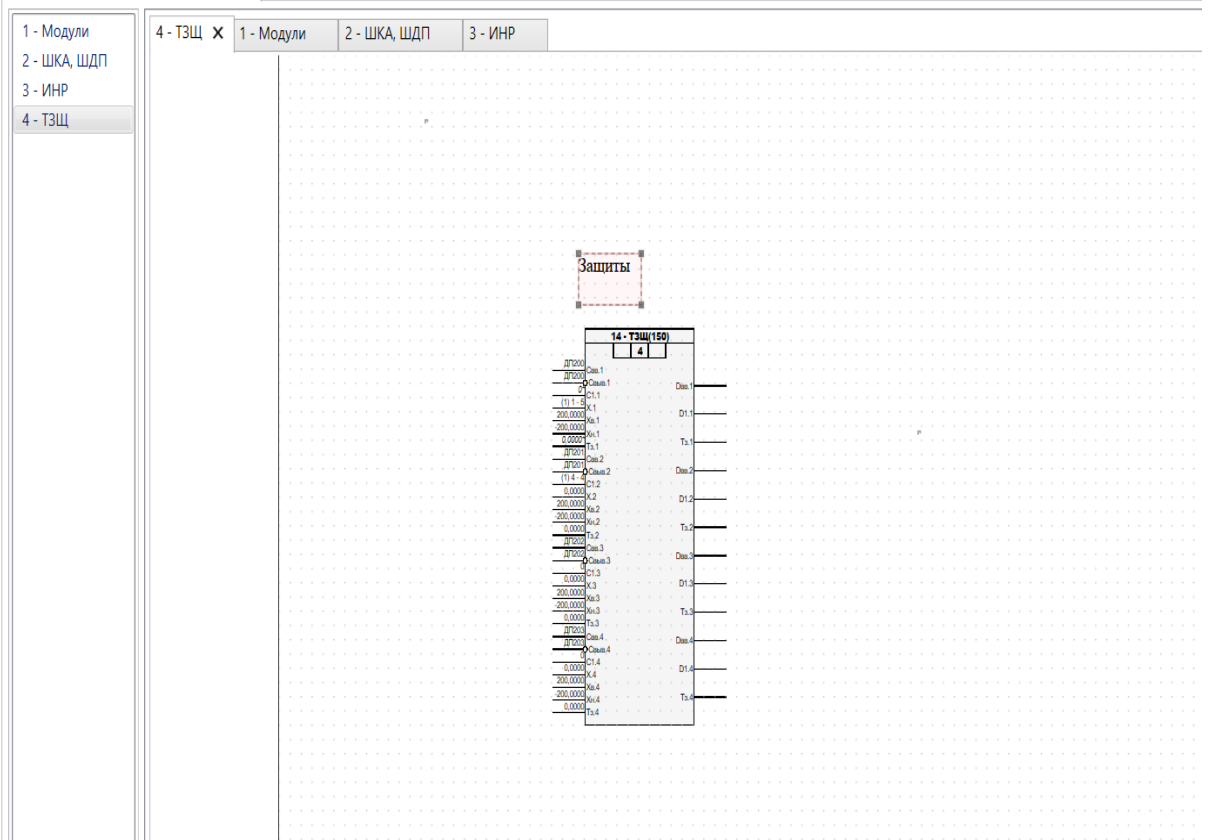
## 1. Блоки обмена с модулями



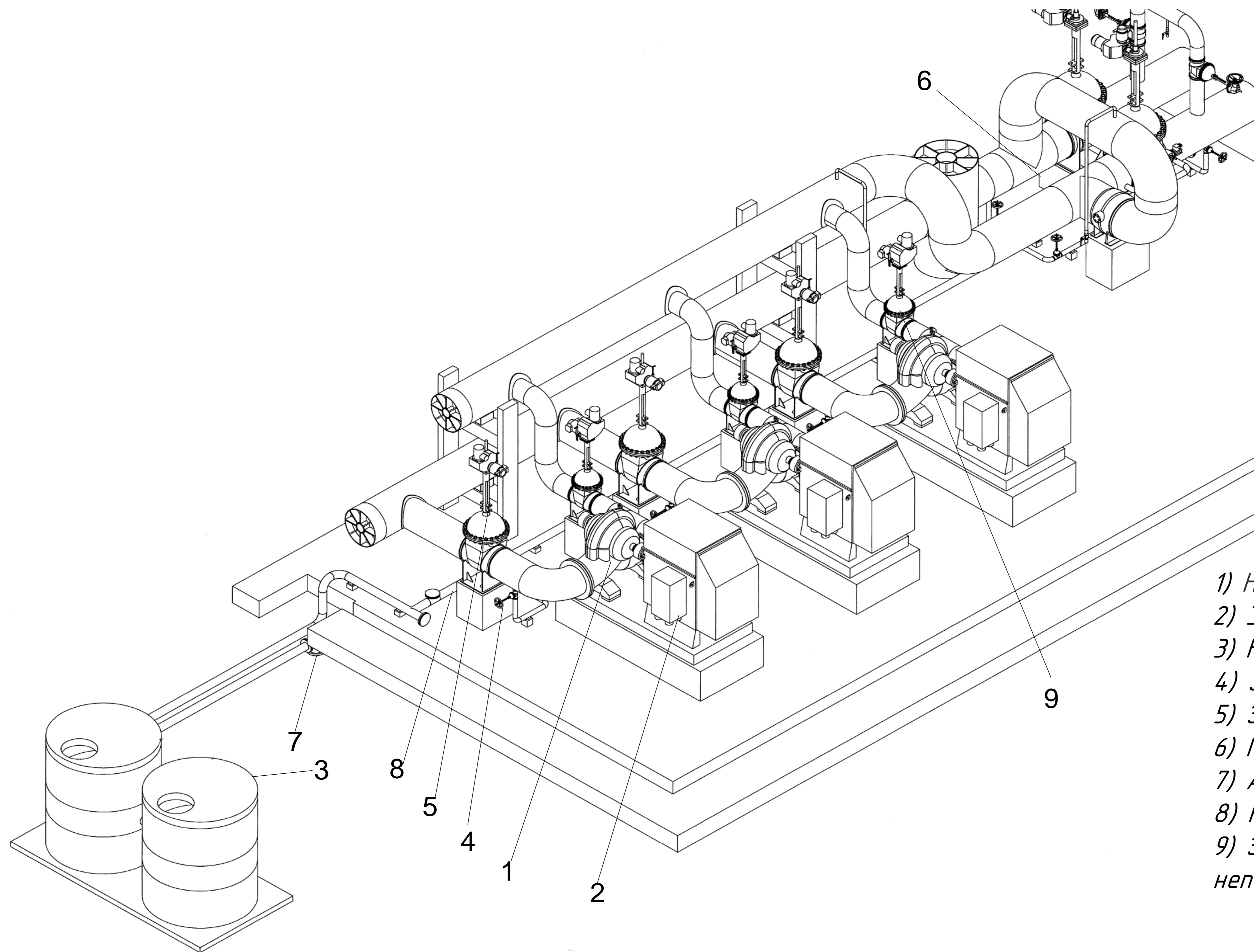
2. Блок для преобразования входа с АЦП в технические единицы и шифрования дискретных переменных для передачи на верхний уровень



3. Блоки для обмена со Scada

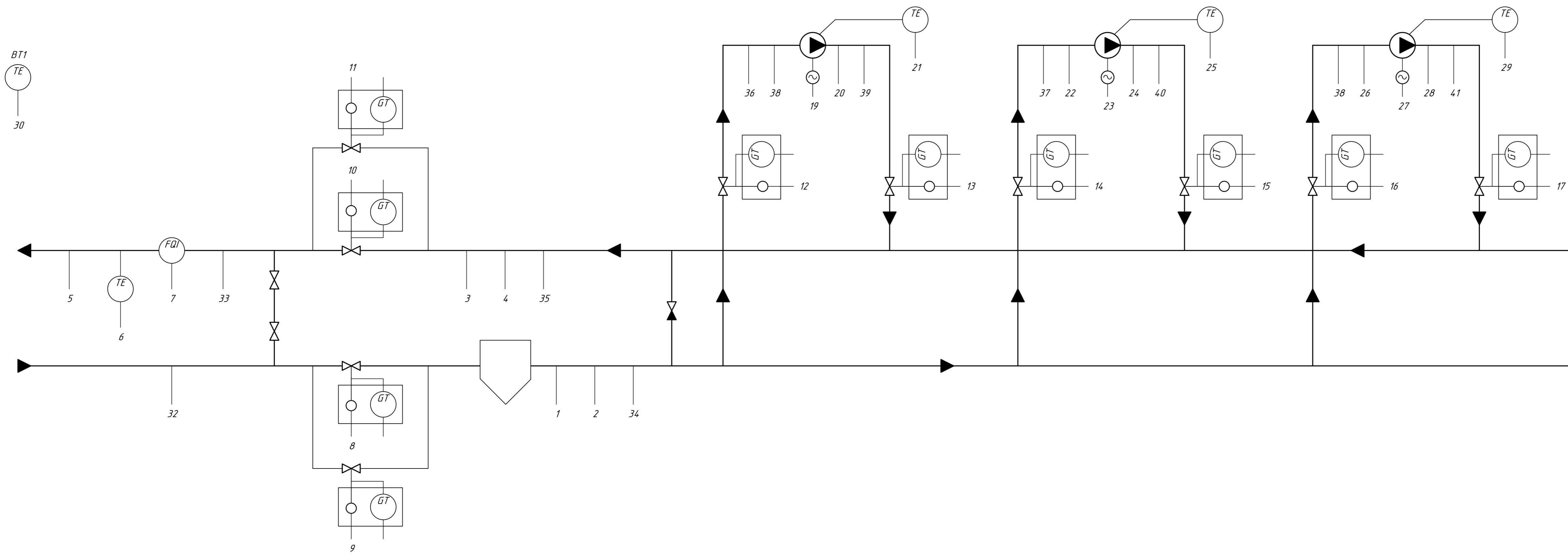


#### 4. Блок для организации защит



- 1) Насос АД 3200-75-2
- 2) Электродвигатель АДЧР-800-6У1
- 3) Накопительные ёмкости
- 4) Задвижка
- 5) Затвор
- 6) Грязевик
- 7) Автоматический гидрозатвор
- 8) Коллектор дренажа
- 9) Затвор обратный неполнопроходной

					ВКР.154019.150304.В0			
Изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Общий Вид понижающей насосной станции	Литера	Масса	Масштаб
Разраб.	Раков В.Е.					у		
Провер.	Штыкин М.Д.					Лист 1	Листов 6	
Т.Контр.	Штыкин М.Д.				Автоматизация технологического процесса понижающей насосной станции	АМГУ Кафедра АППиЭ		
Н.Контр.	Скрипка О.В.							
Утвержд.	Скрипка О.В.							



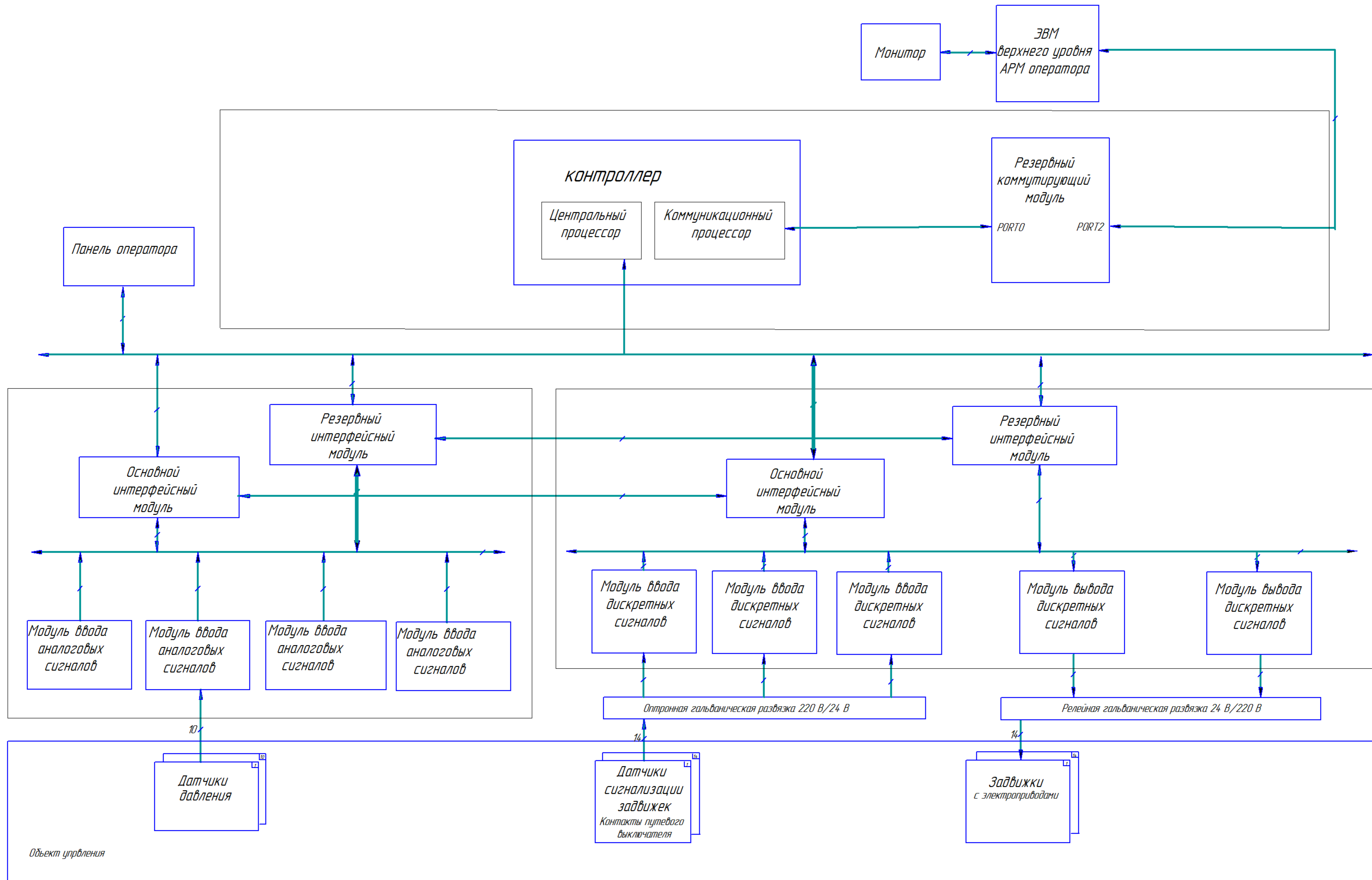
SL1  
LS  
31

Шкаф автоматизации ША1	Приборы по месту																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
AI																	
AO																	
DI																	
DO																	
	4 шт																
	2 шт																

Шкаф автоматизации ША1	Приборы по месту																				
	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36,37,38	39,40,41	
AI																					
AO																					
DI																					
DO																					
	4 шт																				
	2 шт																				

				ВКР.154.019.150304.СХ		
Изм	Лист	№ док-м	Подп.	Дата	Литера	Масса
Разраб	Ракоев В.Е.				У	
Провер	Штыкин М.Д.					
Т.Контр	Штыкин М.Д.				Лист 2	Листов 6
Н.Контр	Скрипко О.В.				АМГУ	
Утвержда	Скрипко О.В.				Кафедра АПЛУЭ	

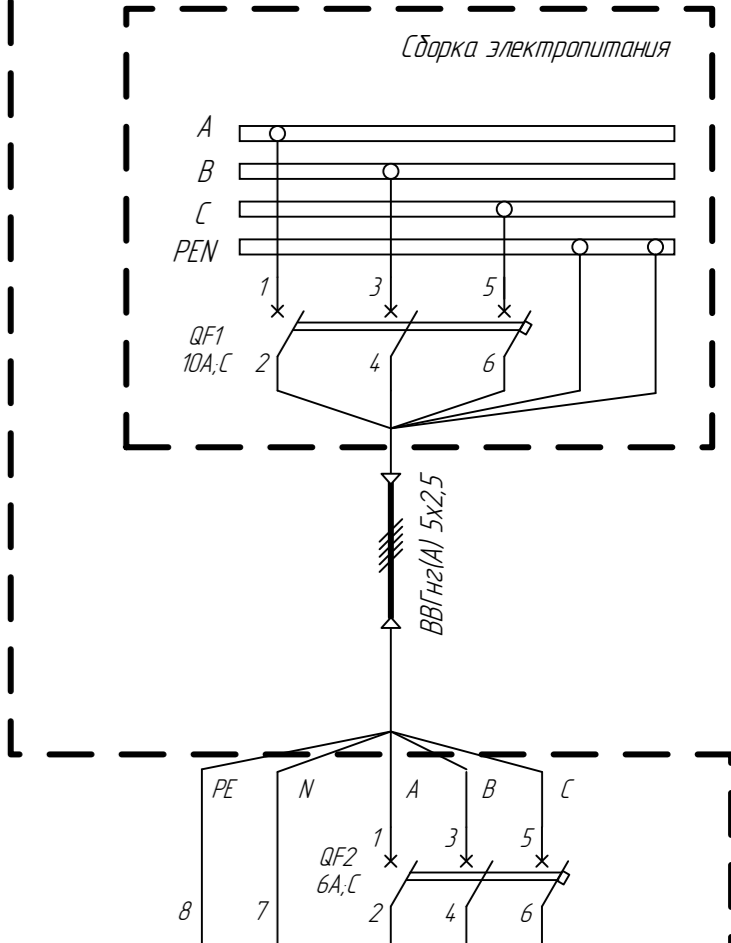
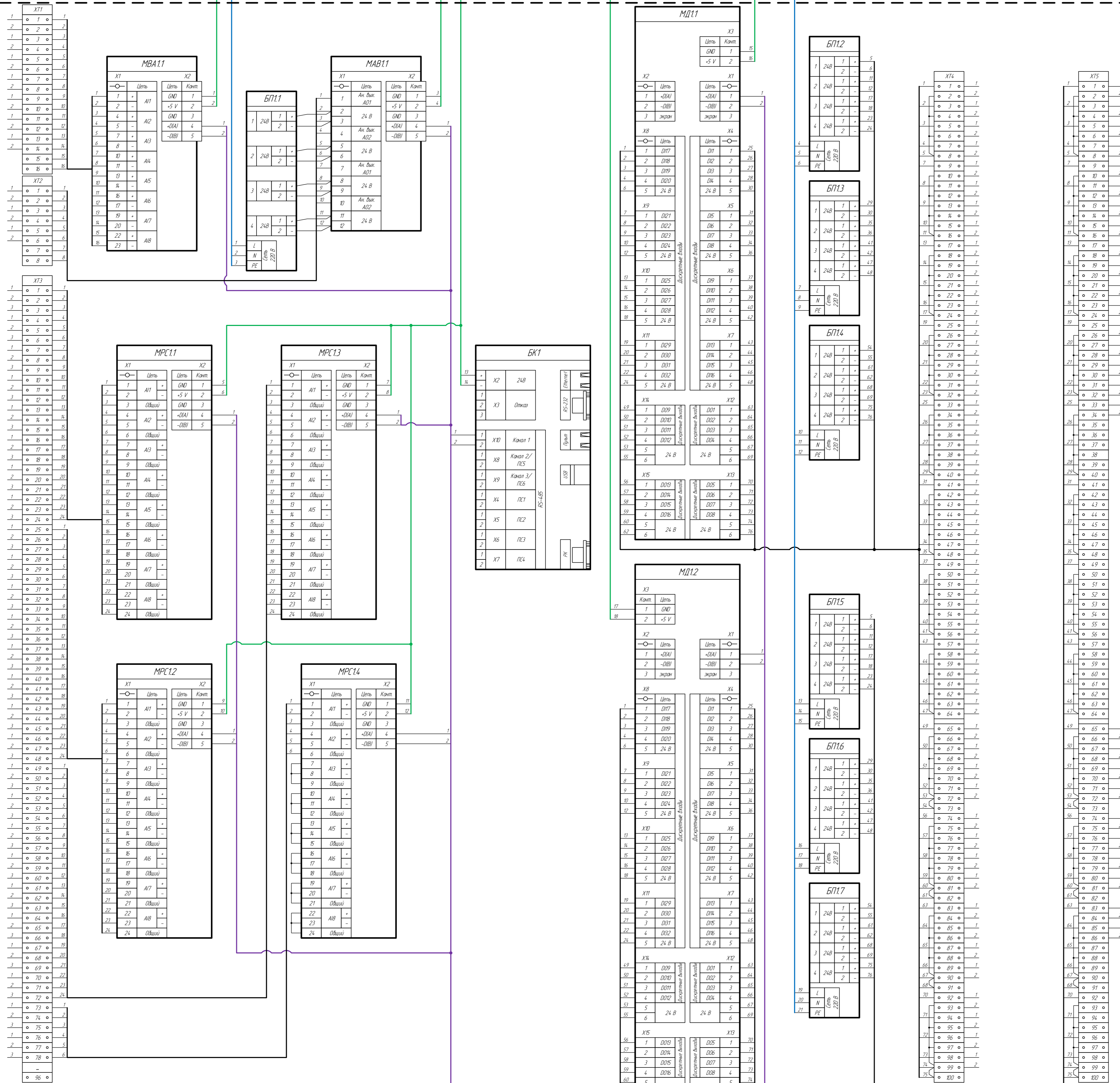
Функциональная схема  
Автоматизация технологического процесса понижающей насосной станции



					ВКР.154019.150304.СХ		
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Литера	Масса	Масштаб
		Разраб	Раков В.Е.		У		
Провер		Штыкин М.Д.					
Т.Контр		Штыкин М.Д.			Лист 3	Листов 6	
Н.Контр		Скрипко О.В.			АМГУ		
Утвержда		Скрипко О.В.			Кафедра АПТиЭ		

Структурная схема

Автоматизация технологического процесса понижающей насосной станции



Перечень аппаратуры

Наименование	Тип	Объём на схеме	Тех. хар-ка	Кол.	Примечание
Шкаф Контроллера					
Блок контроллера	БК-500М-00	БК1	24 VDC, RS-232, RS-485, Ethernet	1	Pm = 10 Вт
Модуль аналогового ввода	МВА-Д-02	МВА11	8AI прог.	1	Pm = 0,9 Вт
Модуль аналогового вывода	МАВ-Д-00	МАВ11	4AO прог.	1	Pm = 0,5 Вт
Модуль ввода сигналов с термодатчиков	МРС-Д-03	МРС11 - МРС14	8TR прог.	4	Pm = 0,9 Вт
Модуль дискретных сигналов (24В)	МД-32-16	МД11 - МД12	32 DI / 16 DO	2	Pm = 2 Вт
Блок питания	БП-4М15-03	БП11 - БП17	220 В перем. — 4 x 24 В пост.	10	4 канала, Pmax=15 Вт

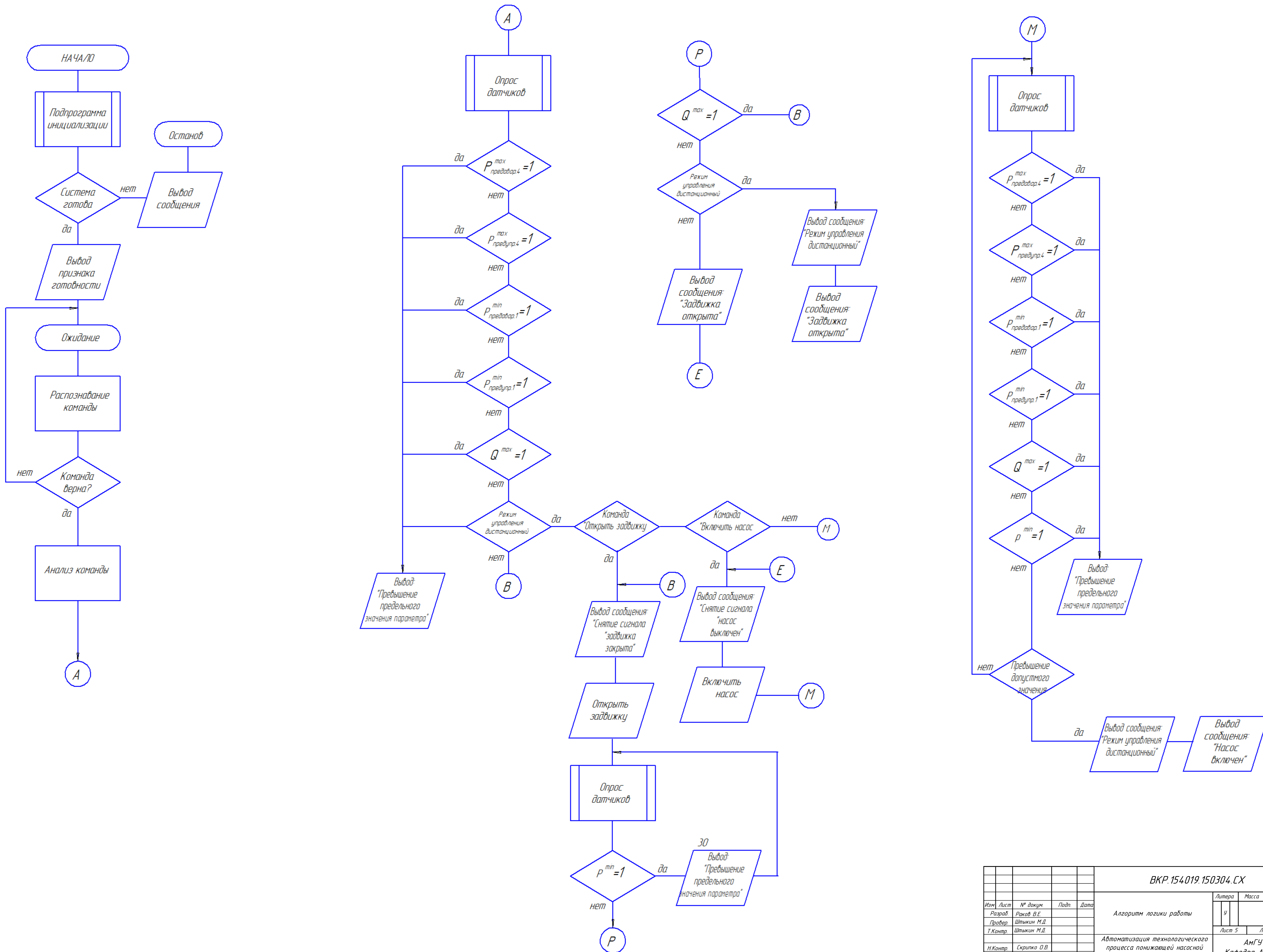
Общее количество сигналов:  
 Аналогового ввода AI — 7 шт.  
 Аналогового ввода термометров сопротивления — 26 шт.  
 Аналогового вывода AO — 3 шт.  
 Дискретного ввода DI — 49 шт.  
 Дискретного вывода DO — 26 шт.

Схема принципиальная  
электрическая шкафа

Автоматизация технологического  
процесса понижающей насосной  
станции

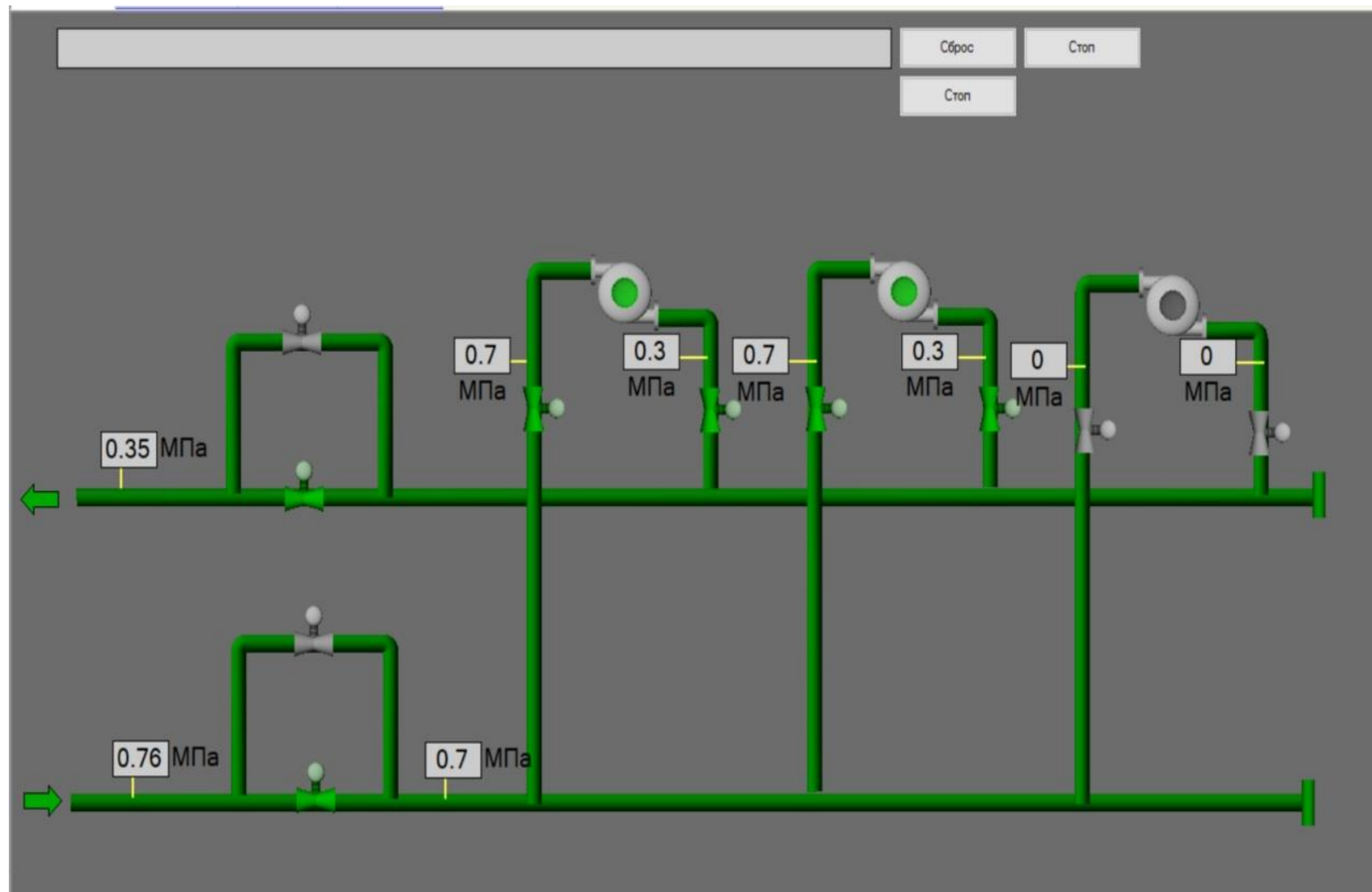
Имя	Лист	№ докум.	Лист	Дата	Лит	Масса	Масштаб
Разработ	Ряков В.Е.				у		
Провер	Штыкин М.Д.						
Т.контроль	Штыкин М.Д.						
Исполнитель	Скрипка О.В.						
Этап	Скрипка О.В.						



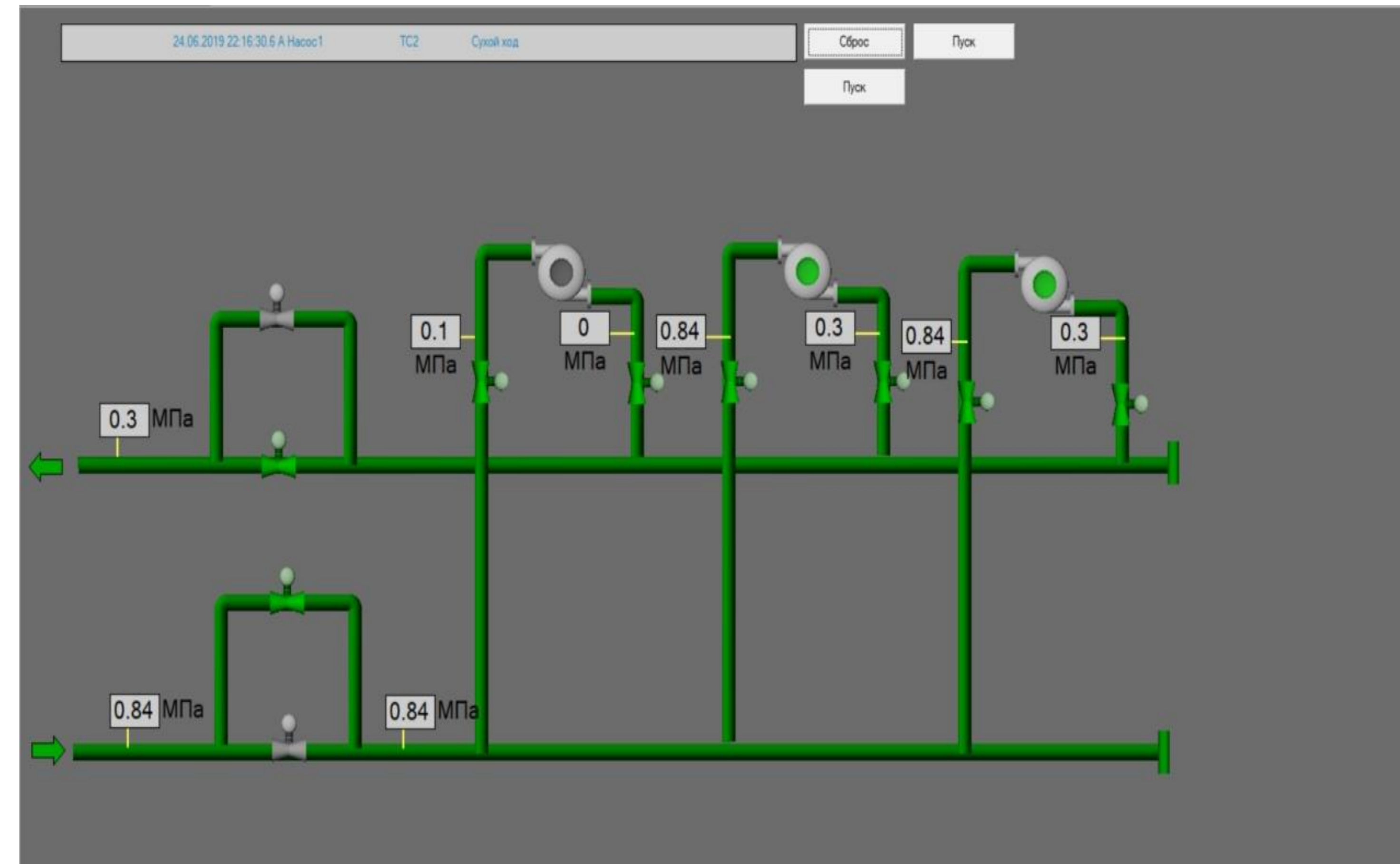


					ВКР.154019.150304.СХ		
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Литера	Масса	Масштаб
Разраб.	Раков В.Е.				У		
Провер.	Штыкин М.Д.						
Т.Контр.	Штыкин М.Д.						
Н.Контр.	Скрипко О.В.				Лист 5		Листов 6
Утвержда	Скрипко О.В.				АМГУ Кафедра АПЛиЭ		
					Алгоритм логики работы		
					Автоматизация технологического процесса понижающей насосной станции		

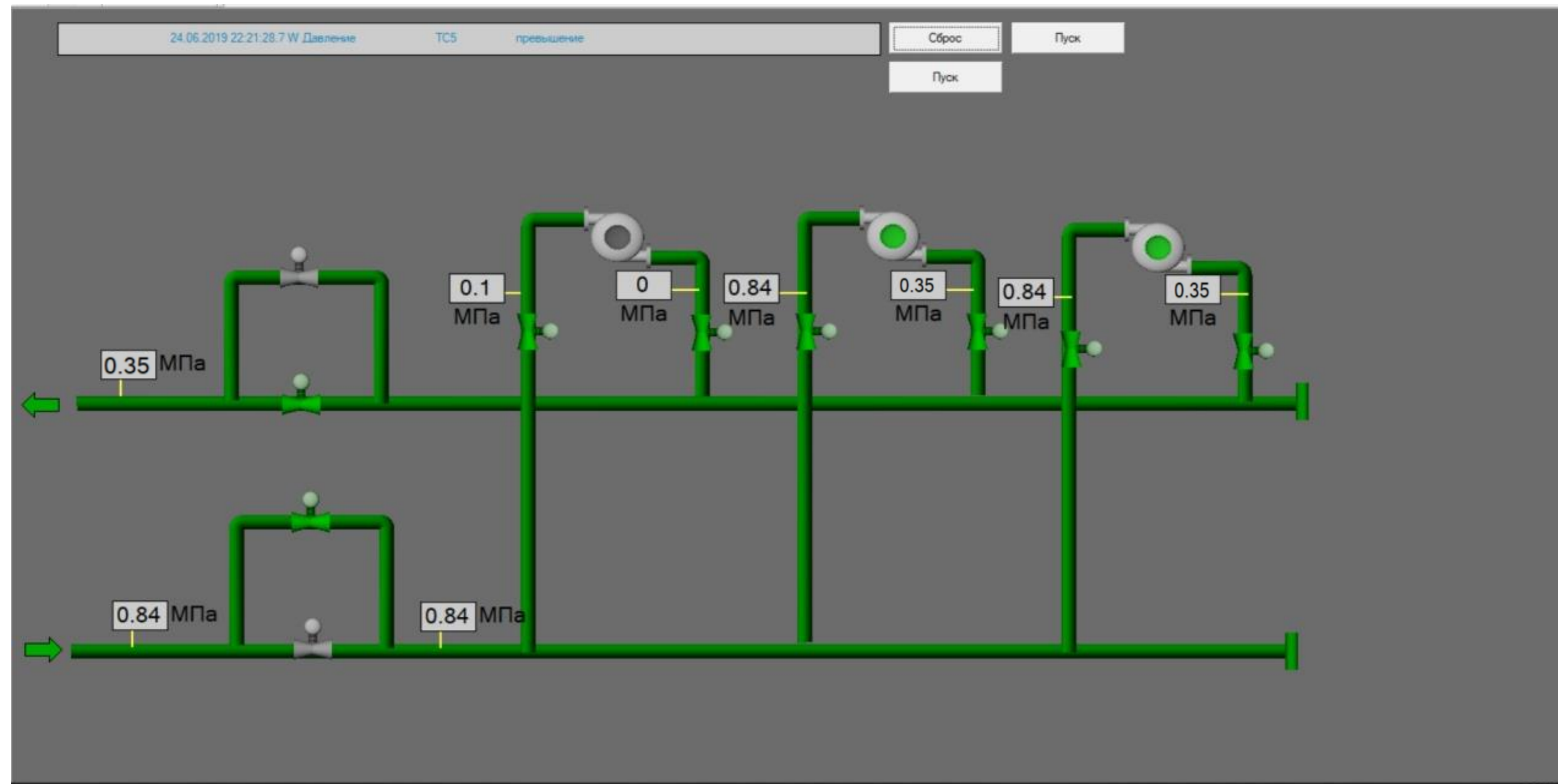
### Нормальное условие



### Сухой ход



### Выход из строя одного из насосов



				ВКР.154019.150304.П/1			
Изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Литера	Масса	Масштаб
	Разраб.	Раков В.Е.			у		
	Провер.	Штыкин М.Д.					
	Т.Контр.	Штыкин М.Д.			Лист 6	Листов 6	
	Н.Контр.	Скрипко О.В.			АМГУ Кафедра АПЛУЭ		
	Утвержда.	Скрипко О.В.					
					Тестирование работы проектируемой системы		
					Автоматизация технологического процесса понижающей насосной станции		