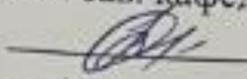


Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное общеобразовательное учреждение
высшего профессионального образования
АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
(ФГБОУ ВО «АмГУ»)

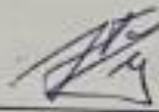
Факультет энергетический
Кафедра автоматизации производственных процессов и электротехники
Направление подготовки 15.03.04 – Автоматизация технологических
процессов и производств
Направленность (профиль) образовательной программы – Автоматизация
технологических процессов и производств в энергетике

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
и.о. зав. кафедрой
 О.В. Скрипко
«25» июня 2025 г.

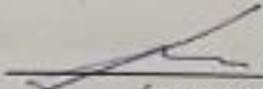
БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему: Автоматизированная система управления сетевыми насосами на
Благовещенской ТЭЦ

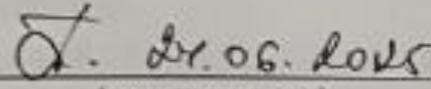
Исполнитель
студент группы 141-об

 20.06.2025 Г.М. Кражан
(подпись, дата)

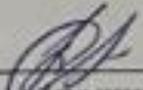
Руководитель
доцент, канд. техн. наук

 20.06.2025 А.Н. Рыбалёв
(подпись, дата)

Консультант по безопасности
и экологичности
доцент, канд. техн. наук

 24.06.2025 А.Б. Булгаков
(подпись, дата)

Нормоконтроль
профессор, д-р техн. наук

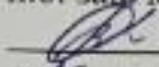
 24.06.2025 О.В. Скрипко
(подпись, дата)

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 процес- сов и производств

УТВЕРЖДАЮ

и.о. зав. кафедрой

 О.В. Скрипко

«15» июня 2025 г.

ЗАДАНИЕ

К выпускной квалификационной работе студента Кражан Глеба

1. Тема выпускной квалификационной работы: Автоматизированная система управления сетевыми насосами на Благовещенской ТЭЦ

(утверждена приказом от 20.04.2023 № 951-уч)

2. Срок сдачи студентом законченной работы (проекта): 25.06.2025 г.

3. Исходные данные к выпускной квалификационной работе:

- 1) Рабочая документация Благовещенской ТЭЦ;
- 2) Приказ об утверждении темы бакалаврской работы;
- 3) Материалы, собранные в ходе практики.
4. Содержание выпускной квалификационной работы (перечень подлежащих разработке вопросов):
 - 1) Описание объекта автоматизации;
 - 2) Обзор технических средств автоматизации;
 - 3) Разработка программного прототипа системы управления в CoDeSys;
 - 4) Безопасность и экологичность
5. Перечень материалов приложения:
 - 1) Лист 1: Общая технологическая схема теплофикации;
 - 2) Лист 2: Упрощенная технологическая схема и объект автоматизации;
 - 3) Лист 3: Частотное управления;
 - 4) Лист 4: Схема соединений преобразователя частоты;
 - 5) Лист 5: Принципиальная схема соединений;
 - 6) Лист 6 : Прототип программы управления;

6. Консультанты по выпускной квалификационной работе (с указанием относящихся к ним разделов):

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

7. Дата выдачи задания: 10.04.2025 г.

8. Руководитель выпускной квалификационной работы: доцент кафедры АППиЭ, канд. техн. наук Рыбалёв Андрей Николаевич

(фамилия, имя, отчество, должность, ученая степень и звание)

Задание принял к исполнению (дата, подпись):  01.02.2025

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 74 страницы, 41 рисунок, 17 таблиц, 23 источника.

НАСОС, ЗАДВИЖКА, НАПРАВЛЯЮЩИЙ АППАРАТ, ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ЧАТОТЫ, БЛОК УПРАВЛЕНИЯ, ПРОГРАММИРУЕМЫЙ ЛОГИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЛЕР, SCADA-СИСТЕМА

Цель выпускной работы: разработка автоматизированной системы регулирования подачи сетевой воды в теплосеть на Благовещенской ТЭЦ.

В выпускной квалификационной работе был рассмотрен объект автоматизации, схема технологического процесса и основное оборудование, выбраны технические средства автоматизации и разработаны:

- структурная схема автоматизации;
- принципиальная электрическая схема соединений;
- эскиз щита управления;
- управляющая программа;
- SCADA-система.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	11
1 Объект автоматизации и постановка задач	13
1.1 БТЭЦ	13
1.2 Сетевой насос	15
1.3 Постановка задачи	17
1.3.1 Недостатки существующей системы	17
1.3.2 Эффективность применения частотного регулирования насосов	17
1.3.3 Задачи модернизации системы управления	24
2 Разработка структурной схемы автоматизации	25
3 Выбор технических средств	28
3.1 Преобразователь частоты	28
3.1.1 Типы высоковольтных преобразователей частоты	28
3.1.2 Обзор рынка высоковольтных преобразователей частоты	31
3.1.3 Высоковольтного преобразователя частоты «VEDADRIVE»	32
3.2 Измеритель давления	37
3.3 Программируемый логический контроллер	38
3.4 задвижка с электроприводом фланцевая чугунная 30ч906бр (ду 300)	39
3.6 Блоки управления	42
3.7 Блоки индикации аналоговых величин	43
3.8 Устройства коммутации и сигнализации	44
3.7 Лицевая панель шкафа управления	46
4 Разработка принципиальной электрической схемы	48

4.1 Электрическая схема соединений	48
4.2 Расчет и выбор устройств защиты	48
5 Разработка программного обеспечения	49
5.1 Выбор средств разработки	49
5.2 Структура и назначение программного комплекса	49
5.3 Входные и выходные переменные	50
5.4 Программная модель технологического процесса и щита управления	52
5.5 Программа управления	54
5.6 SCADA-система	55
5.6.1 Информационный обмен	55
5.6.2 Экран визуализации	57
6 Безопасность и экологичность	58
Заключение	66
Библиографический список	67

НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

В настоящей бакалаврской работе использованы ссылки на следующие стандарты и нормативные документы:

ГОСТ 2.102-2013 Единая система конструкторской документации. Виды и комплектность конструкторских документов;

ГОСТ 2.103-68 Единая система конструкторской документации. Стадии разработки;

ГОСТ 2.104-2006 Единая система конструкторской документации. Основные надписи;

ГОСТ 2.105-95 Единая система конструкторской документации. Общие требования к текстовым документам;

ГОСТ 2.106-96 Единая система конструкторской документации. Текстовые документы;

ГОСТ 2.109-73 Единая система конструкторской документации. Основные требования к чертежам;

ГОСТ 2.111-68 Единая система конструкторской документации. Нормоконтроль;

ГОСТ 2.121-73 Единая система конструкторской документации. Технологический контроль конструкторской документации;

ГОСТ 2.201-80 Единая система конструкторской документации. Обозначение изделий и конструкторских документов;

ГОСТ 2.301-68 Единая система конструкторской документации. Форматы;

ГОСТ 2.321-84 Единая система конструкторской документации. Обозначения буквенные;

ГОСТ 2.701-2008 Единая система конструкторской документации. Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению;

ГОСТ 3.1116-79 Единая система технологической документации. Нормоконтроль;

ГОСТ 2.702-2011 Единая система конструкторской документации. Правила выполнения электрических схем;

ГОСТ 2.709-89 Единая система конструкторской документации. Обозначения условные проводов и контактных соединения электрических элементов, оборудования и участков цепей в электрических схемах;

ГОСТ 2.710-81 Единая система конструкторской документации. Обозначения буквенно-цифровые в электрических схемах;

ГОСТ 2.721-74 Единая система конструкторской документации. Обозначения условные графические в схемах. Обозначения общего применения;

ГОСТ 19.701-90 Единая система конструкторской документации. Схемы алгоритмов, программ, данных и систем;

ГОСТ 21.404-85 Система проектной документации. Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах;

ГОСТ 34.602-89 Единая система конструкторской документации. Техническое задание на создание автоматизированной системы;

ГОСТ 15150-69 Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды;

ОСТ 36.13-90 Щиты и пульты средств автоматизации технологических процессов.

ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ, СОКРАЩЕНИЯ

АСУ ТП – Автоматизированная система управления технологическим процессом

ВКР – Выпускная квалификационная работа

СН – сетевой насос;

ЗД – задвижка;

ПЧ – преобразователь частоты;

ТП – технологический процесс

ЩУ – щит управления

ПЛК – программируемый логический контроллер

БУ – блок управления

ПБР – пускатель бесконтактный реверсивный

ЭД – электрический двигатель

ПРУ – переключатель режима управления

ДД – датчик давления

ВВЕДЕНИЕ

В данной работе рассматривается создание автоматизированной системы регулирования подачи сетевой воды в теплосеть на Благовещенской ТЭЦ. Система предназначена для ручного и автоматического управления производительностью сетевого насоса с целью поддержания заданного давления. Основной упор сделан на обеспечение экономичности процесса регулирования за счет частотного регулирования сетевых насосов. Поскольку в производстве одни из главных аспектов – это делать всё быстро, четко и с наименьшими затратами. Новая система так же может оперировать старым методом регулирования, который уже установлен на производстве.

Внедрение данной системы позволит значительно повысить точность регулирования параметров теплоносителя, снизить энергозатраты и повысить общий уровень автоматизации технологического процесса. Особое внимание в работе уделяется вопросам энергоэффективности: основной упор сделан на применение частотного регулирования работы сетевых насосов. Использование частотных преобразователей позволяет точно дозировать подачу сетевой воды в зависимости от текущей потребности, тем самым снижая износ оборудования и расход электроэнергии.

В современных условиях промышленности, где приоритетом становится не только производительность, но и экономичность, важным фактором является снижение эксплуатационных затрат и времени на обслуживание оборудования. Именно поэтому разработка автоматизированной системы регулирования подачи воды является актуальной задачей. Она обеспечивает не только оптимальное управление рабочими процессами, но и способствует уменьшению затрат на энергоресурсы.

Следует отметить, что новая система обладает высокой гибкостью и может работать в нескольких режимах. При необходимости возможен переход на руч-

ной режим управления, а также использование существующей схемы регулирования, которая уже применяется на производстве. Это особенно важно в случае аварийных ситуаций или при проведении технического обслуживания новой автоматизированной системы. Таким образом, сохраняется преемственность методов управления и обеспечивается высокая надежность работы всего теплоснабжающего комплекса.

Разработка и внедрение данной системы представляют собой шаг к модернизации энергетической инфраструктуры предприятия, направленный на повышение технологической устойчивости, снижение затрат и улучшение качества предоставляемых услуг.

1 ОБЪЕКТ АВТОМАТИЗАЦИИ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

1.1 БТЭЦ

Благовещенская ТЭЦ – тепловая электростанция в Благовещенске. Крупнейшая тепловая электростанция Амурской области, основной источник электро- и теплоснабжения Благовещенска.

Основное оборудование станции: 2 турбоагрегата №1 ПТ-60-130/13, номинальная установленная мощность 60 МВт, теплофикационная - 139 Гкал/ч, №2 3 Т-110-120/130, номинальная мощность 110 МВт, теплофикационная - 175 Гкал/ч каждая, 4 котлоагрегата №1, 2, 3, 4 БКЗ-420-140-7. Топливом для Благовещенской ТЭЦ служит бурый уголь.

В данной работе рассмотрена система нагрева сетевой воды для теплофикации города.

Теплофикационная сеть – это система, целью которой является доставка теплоносителя до потребителя. Она состоит из труб, насосных станций, коллекторов и нагревателей. Благовещенская ТЭЦ включает в себя:

1. ПСГ – подогреватель сетевой горизонтальный
2. СН – сетевой насос
3. НПС – напорный насос
4. НПТ – насос подпитки
5. БА – резервный аварийный бак

Есть множество видов теплофикационных сетей, они могут подразделяться по типу теплоносителя, по способу подключения к потребителю, по температурному режиму и по расположению источника тепла. Одна из них представлена на рисунке 1.

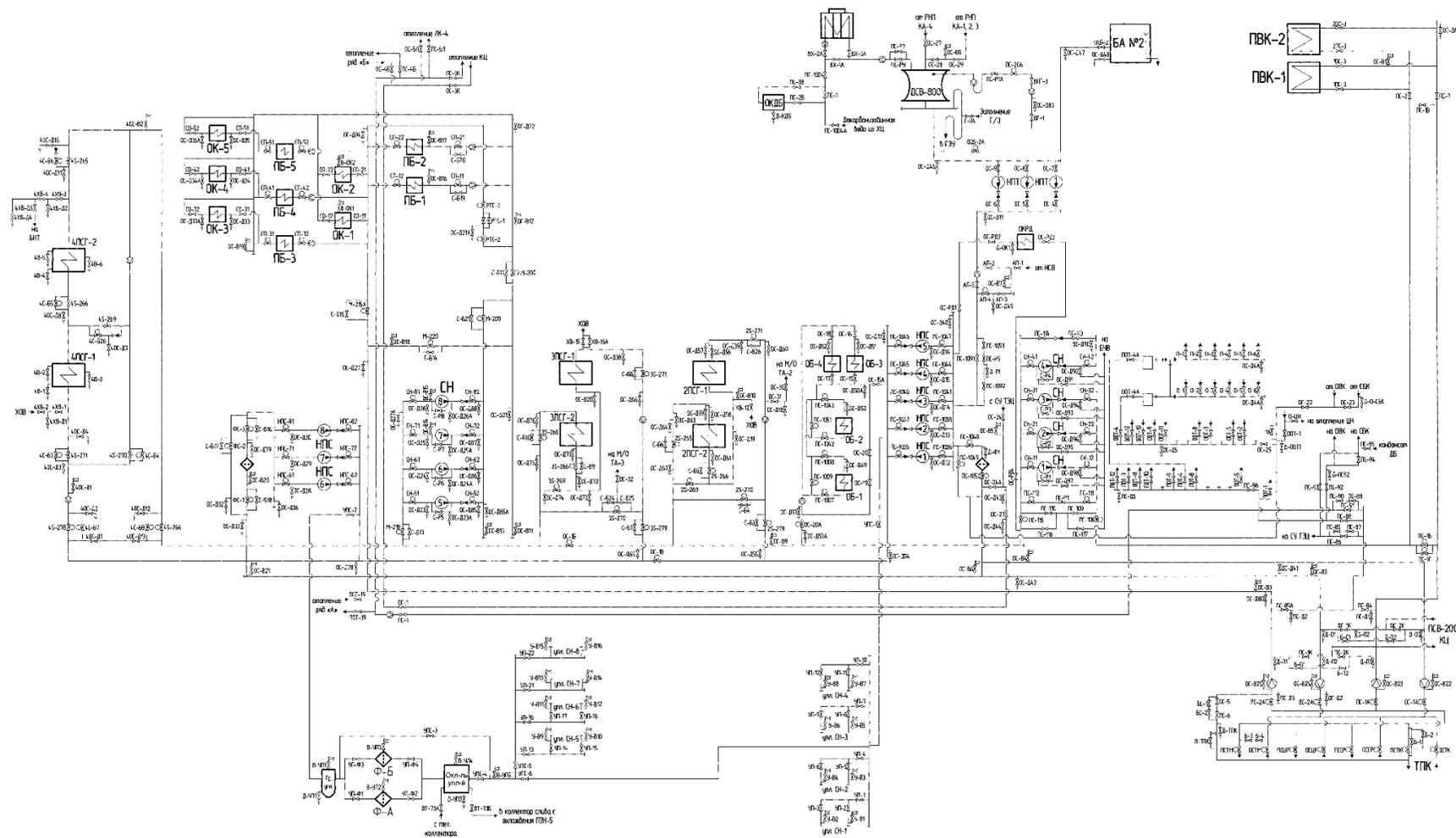


Рисунок 1 – Схема теплофикации и подпитки теплосети

Теплоноситель циркулирует по замкнутой тепловой сети, выходя из города он возвращается обратно на ТЭЦ для подогрева. Возвращаясь, теплоноситель сразу же идёт на ПСГ для нагрева, куда его закачивают НПС разделяется на две полосы. ПСГ подключены последовательно. После с помощью СН уже нагретая сетевая вода (теплоноситель) закачивается в коллектор и идёт на город. При порывах, который могут случаться в система установлен БА. Если же при работе насосов наблюдается падение давления, с помощью НПТ очищенная сетевая вода поступает в теплосеть для непрерывной работы системы. В БА попадает очищенная сетевая вода из деаэратора.

1.2 Сетевой насос

Насос СЭ 2500-180-8 является надёжной и мощной машиной, которая используется в теплофикационных системах и насосных станциях. Данный насос является центробежным, он использует электрический двигатель, который крутит рабочее колесо, что приводит к большому расходу и в следствии повышению давления в сети. Данные представлены в таблицах 1-2.

Таблица 1 – Основные технические характеристики насосов СЭ-2500-180

Марка насоса	Мощность, кВт	Частота вращения, об/мин	Производительность, м ³ /час	Масса, кг
СЭ 2500-180-8	1600	3000	2500	8580
СЭ 2500-180-10	1600	3000	2500	6800

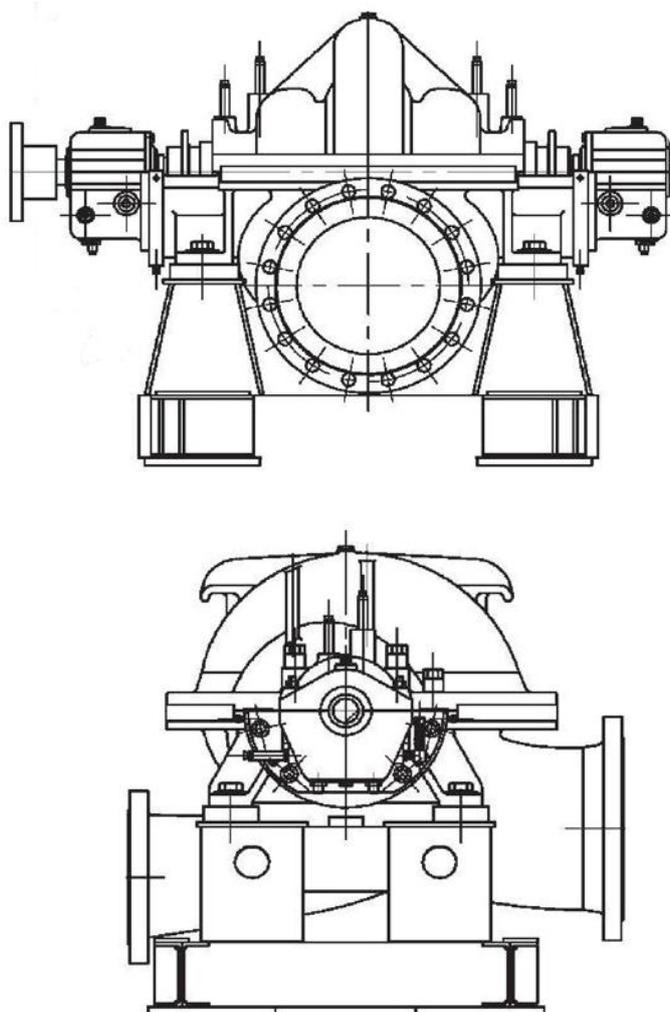


Рисунок 2 – Внешний вид сетевого насоса

Таблица 2 – Основные технические характеристики электродвигателя насосов СЭ-2500-180

Технические характеристики электродвигателя	Величина
Ток статора, А	179
Частота вращения, об/мин	2950
Потребляемая мощность, кВт	1600
Напряжение, кВ	6
Уровень вибрации, мм/с	4,5
КПД, %	96,5

1.3 Постановка задачи

1.3.1 Недостатки существующей системы

Самым главным недостатком действующей системы является её чрезмерное энергопотребление и малая эффективность. Регулирование с помощью задвижки имеет большие потери энергии.

Новая система регулирования лишена данных недостатков, потому что будет применяться частотное управление насосом. Так же при установке новой система не будет необходимости убирать старую, так как новая система так же использует старую, что уменьшит затраты при монтаже и демонтаже.

Частотное управление будет осуществляться с помощью преобразователя частоты, который обеспечивает максимальную эффективность работы привода и долговечность оборудования.

1.3.2 Эффективность применения частотного регулирования насосов

Ниже представлена схема, которая наглядно показывает, как двигатель преобразовывает свою электрическую энергию в гидравлическую (рисунок 3). Так же на каждом из этапов преобразования показаны какие появляются потери мощности.

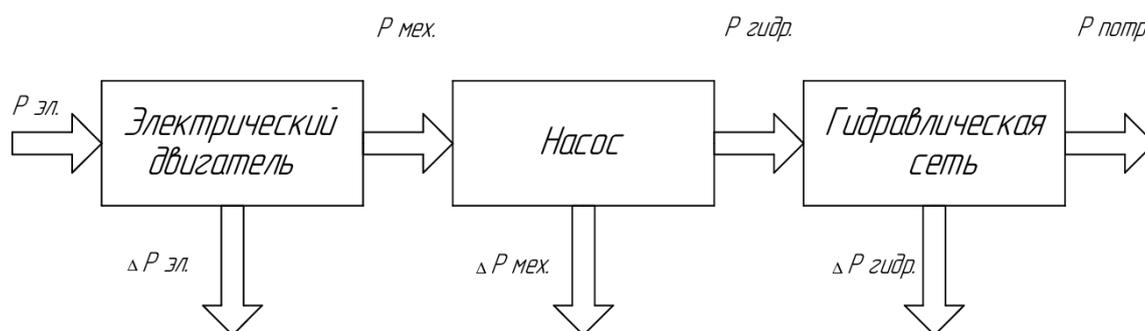


Рисунок 3 – Процесс преобразования энергии

На каждом этапе преобразование энергии сопровождается потерями. Рассмотрим возможности снижения потерь при частотном управлении.

Существует два способа регулирования расхода – это дросселирование и дозирование (рисунок 4).

Дозирование – это изменение расхода с помощью воздействия на устройство, создающее расход. В нашем случае этим устройством является насос.

Дросселирование – это изменение расхода с помощью создания сопротивления потоку, уменьшения сечения. В нашем случае это задвижка, которая увеличивает или уменьшает расход в зависимости от своего положения, чем меньше сечения трубопровода, то есть чем больше закрыта задвижка, тем меньше расход и наоборот.

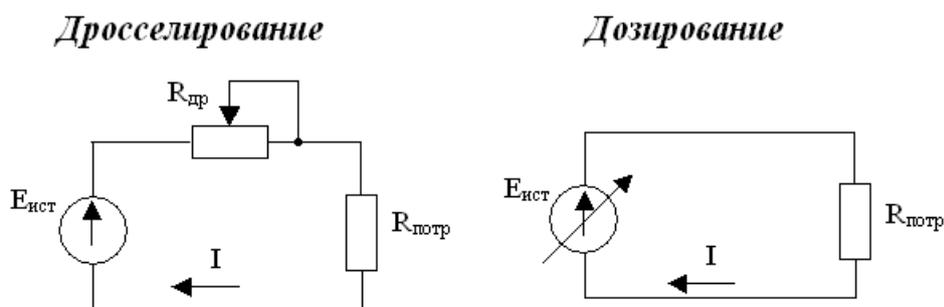


Рисунок 4 – Дросселирование и дозирование в электрической цепи

Для наглядности можно привести пример обычной электрической цепи, в которой показаны основные принципы двух способов регулирования.

В первом случае ток будет изменяться путем введения дополнительного сопротивления, во втором при помощи изменения ЭДС источника. Рассчитывая относительную мощность при двух способах регулирования мы видим, что при дросселировании относительная мощность равна относительному току

$$P_{ист}^* = I^* \tag{1}$$

При дозировании относительная мощность равна квадрату относительного тока:

$$P_{ист}^* = I^{*2} \tag{2}$$

На рисунке 5 показаны зависимости относительной мощности от относительного тока при дросселировании и дозировании.

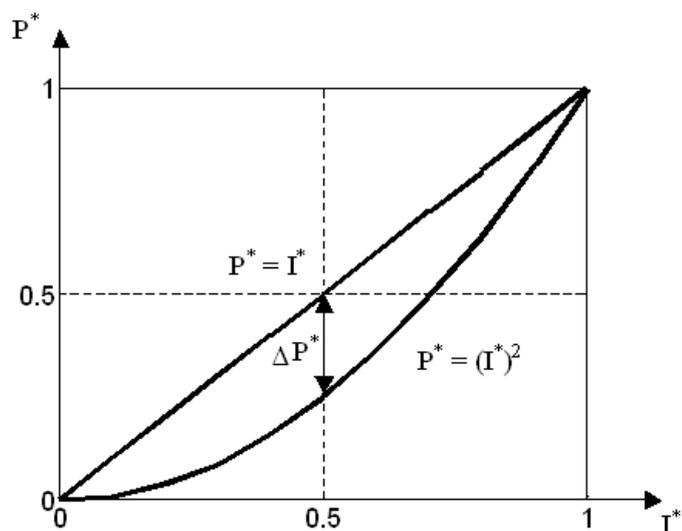
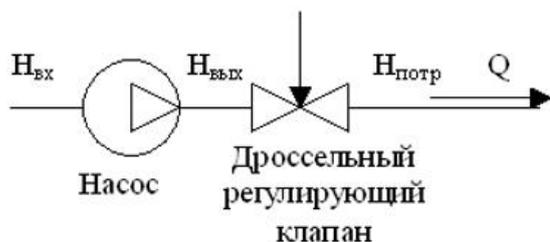


Рисунок 5 – Снижение мощности источника в электрической цепи при дозировании

Из рисунка 5 видно, что максимальная разница относительной мощности достигается при токе равном 0,5. Это говорит о том, что мы можем изменять ток до нужного нам значения при дозировании с меньшими затратами.

Далее дросселирование и дозирование будет рассмотрена уже в гидравлической сети (рисунок 6).

Дросселирование



Дозирование

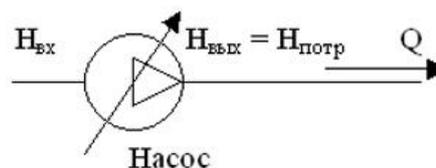


Рисунок 6 – Дросселирование и дозирование в гидравлической сети

При постоянном напоре на насосе относительная пневматическая мощность равна относительному расходу:

$$P_{пневм}^* = Q^* \quad (3)$$

В случае изменения частоты вращения двигателя относительные расход и напор центробежной машины равны относительной скорости и ее квадрату соответственно:

$$Q^* = \omega^*, \quad (4)$$

$$H^* = \omega^{*2}. \quad (5)$$

Следовательно, относительная мощность равна кубу относительной скорости или относительного расхода:

$$P_{пневм}^* = Q^{*3}. \quad (6)$$

На рисунке 7 показаны зависимости относительной мощности насоса от относительного расхода при дросселировании и дозировании.

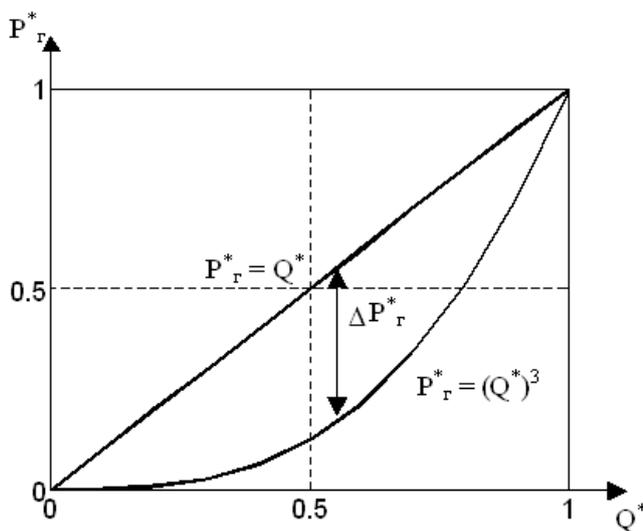


Рисунок 7 – Снижение мощности источника в гидравлической сети при дозировании

На рисунке 8 показаны зависимости относительного напора, потребляемой мощности и КПД центробежной машины от относительного расхода при неизменной частоте вращения ротора.

На рисунке 9 показаны зависимости относительного напора, потребляемой мощности и КПД центробежной машины от относительного расхода при изменении частоты вращения ротора.

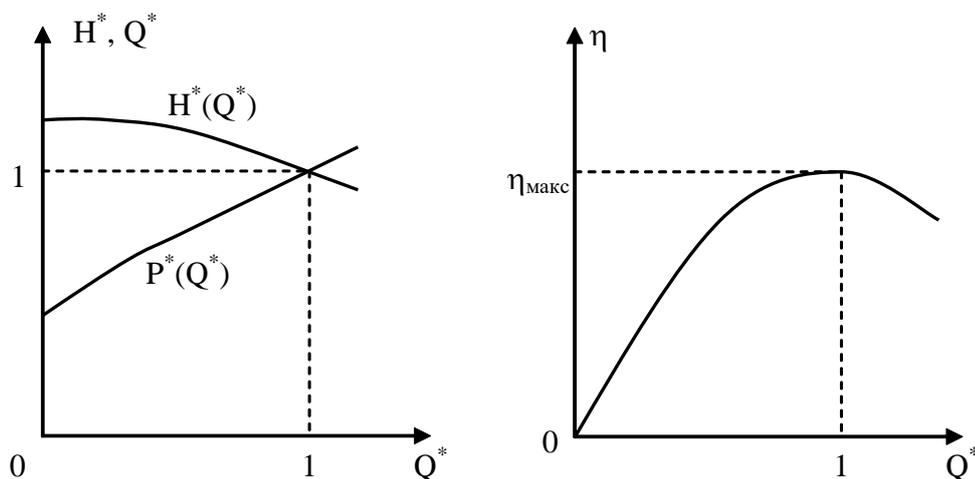


Рисунок 8 – Зависимости относительного напора, мощности и КПД центробежной машины от относительного расхода при неизменной частоте вращения

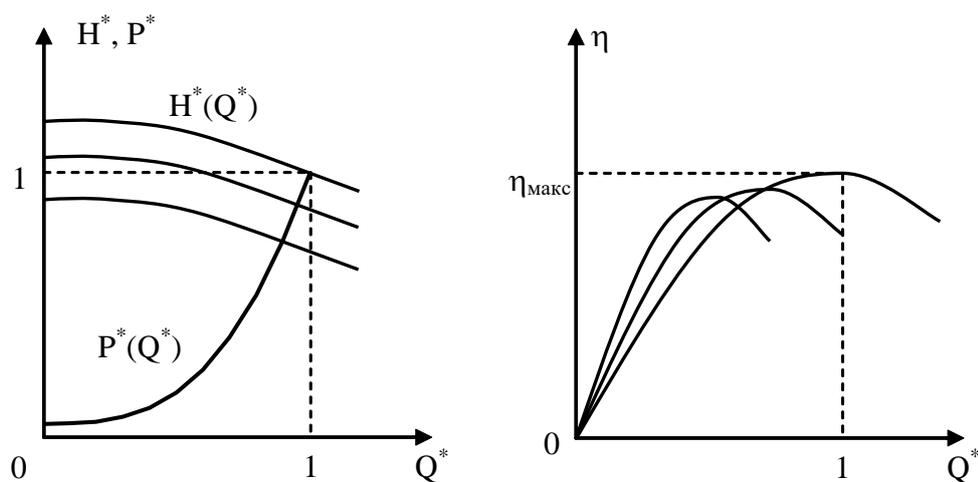


Рисунок 9 – Зависимости относительного напора, мощности и КПД центробежной машины от относительного расхода при частотном регулировании

Из графиков, приведённых выше видно, что при повышении относительного расхода уменьшается относительный напор. Но при частотном регулировании потребляемая мощность двигателя гораздо меньше, чем в нерегулируемом.

Из этого можно сделать вывод, что большое энергосбережение достигается за счет уменьшения потребляемой мощности двигателя.

В регулируемом приводе существенно снизить потери можно, используя «правильный» закон частотного управления. В основном используется два таких закона (рисунке 10):

$U/f = \text{const}$, обеспечивающий постоянную перегрузочную способность;

$U/f^2 = \text{const}$ – для механизмов с «вентиляторной» характеристикой, у которых момент сопротивления пропорционален квадрату скорости.

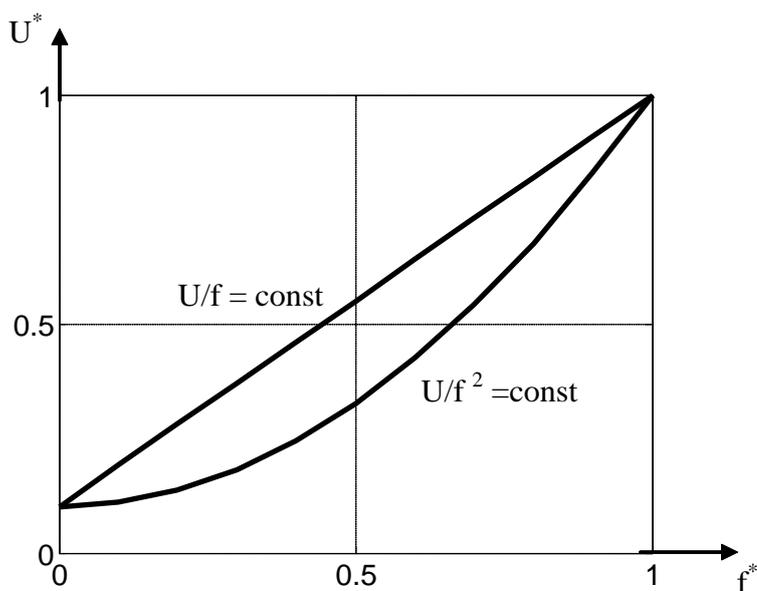


Рисунок 10– Законы частотного управления

У насоса, как центробежной машины, момент сопротивления квадратично зависит от скорости вращения, поэтому следует использовать закон $U/f^2 = \text{const}$, обеспечивающий снижение по сравнению с законом $U/f = \text{const}$ напряжения на низких частотах, и, следовательно, – снижение потерь.

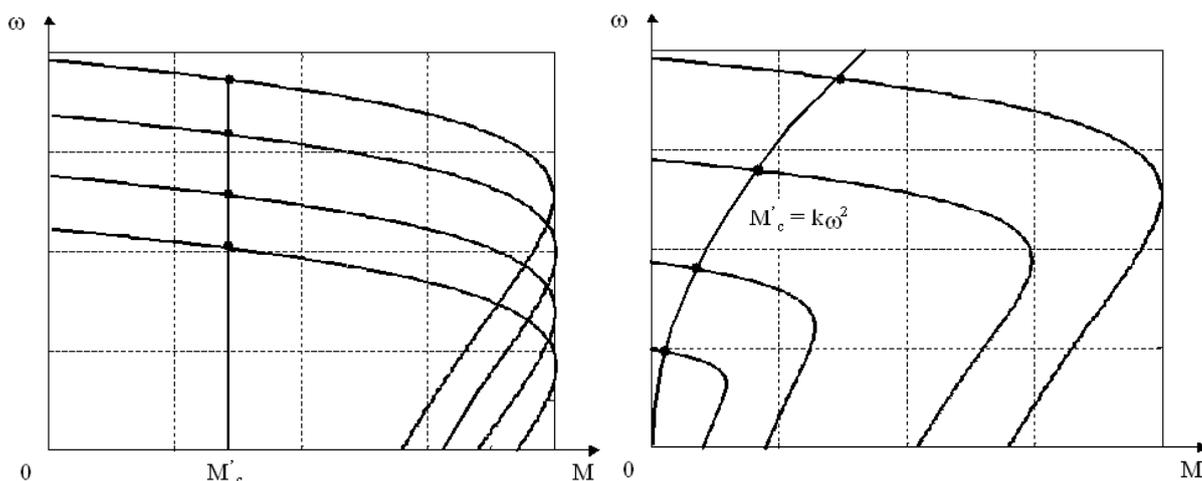


Рисунок 11 – Механические характеристики асинхронного двигателя при частотном управлении по законам $U/f = \text{const}$ и $U/f^2 = \text{const}$

Из рисунка 11 мы видим, что при первом законе регулирования зависимость изменения скорости вращения от частоты гораздо ниже чем во втором, это значит, что критический момент в первом случае остается постоянным при различных скоростях электродвигателя

В целом снижение потребления электроэнергии при частотном управлении достигается путем:

- снижение потерь в гидравлической сети (в нашем случае – в теплосети);
- увеличения КПД насоса;
- увеличения КПД двигателя за счет правильно выбранного закона частотного управления.

Общее уменьшение потребляемой мощности по разным оценкам может достигать 60% и более (рисунок 13).

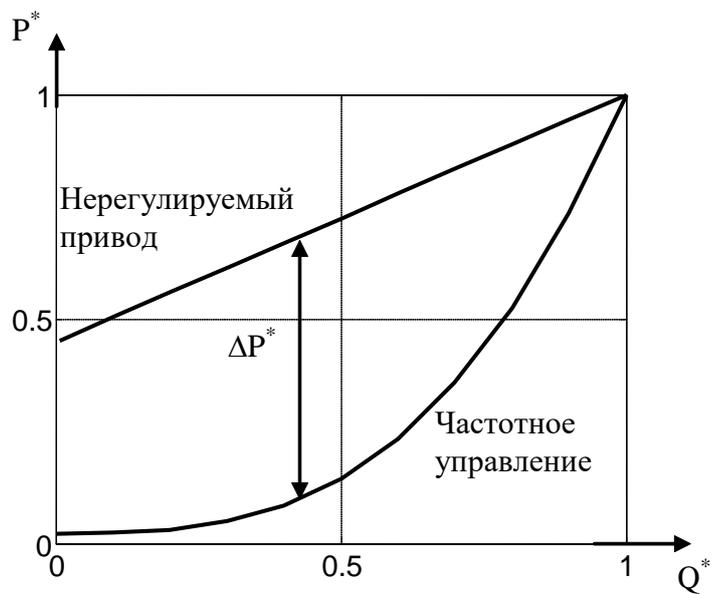


Рисунок 12 – Общее уменьшение потребляемой мощности

1.3.3 Задачи модернизации системы управления

Задачами разработки являются:

Необходимо разработать структурную схему, выбрать подходящий преобразователь частоты, блоки управления и аппаратуру. Так же обеспечить регулирование с помощью новой и старой системы

2 РАЗРАБОТКА СТРУКТУРНОЙ СХЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ

Структурная схема является один из важнейших элементов работы. Она даст понимание как должны работать между собой компоненты системы. Что с чем обменивается сигналами и из каких компонентов состоит щит управления и операторская панель.

На рисунке 13 показана структурная схема системы проектируемой системы.

На рисунке 13 обозначены:

SCADA – человеко-машинный интерфейс, который обменивается с логическим контроллером для обеспечения возможности следить и управлять технологическим процессом с компьютера;

ПЛК – программируемый логический контроллер, в который внесена программа управления;

ЩУ – щит управления, на котором установлены:

БУ1 – блок управления преобразователем частоты. Позволяет производить переключение режима управления с ручного на автоматический и устанавливать задание по частоте в ручном режиме;

ПРУ – переключатель режима работы с частотного регулирования на регулирование давления с помощью задвижки

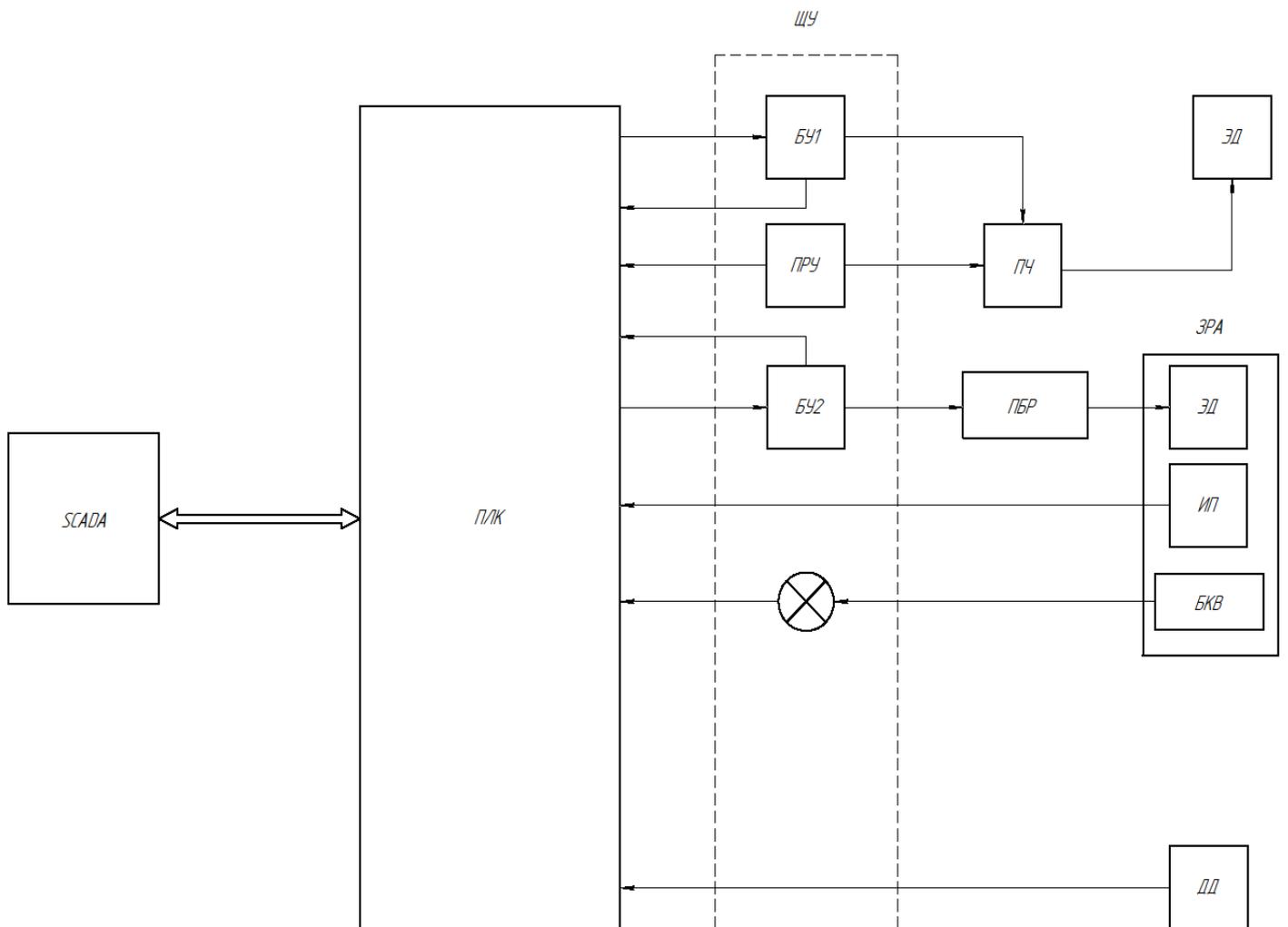


Рисунок 13 – Структурная схема

БУ2 – блок управления задвижкой который опзволит так же переключать режимы управления с ручного на автоматический и регулировать положение задвижки в ручном режиме

ИП – измеритель положения.

ПБР – пускатель бесконтактный реверсивный, для управления двигателем задвижки.

ПЧ – преобразователь частоты.

ЭД – электрический двигатель.

ЗРА – запорно-регулирующая арматура.

ДД – датчик давления.

Система автоматического управления должна обеспечивать:

- стабильную работу всех режимов регулирования

Система должна надёжно функционировать как в установившихся, так и в переходных режимах работы теплосети. Это включает устойчивое поддержание рабочих параметров при изменении внешних условий.

- возможности переключения режим с автоматического на ручной как у преобразователя частоты, так и на задвижке

Ключевым требованием является наличие возможности быстрого и безопасного переключения между автоматическим и ручным режимами управления, как на частотном преобразователе, так и на исполнительном механизме задвижки. При этом ручное управление должно быть интуитивно понятным и доступным для оперативного персонала, а переход из одного режима в другой – осуществляется без прерывания работы системы.

- четкость выполнения задания по поддержанию заданного давления

Система должна обладать точными алгоритмами регулирования, обеспечивающими поддержание заданного давления на выходе сетевого насоса с минимальными отклонениями от уставки.

- возможность регулирования давления разными способами

Автоматизированная система должна быть способна работать с различными алгоритмами управления – как с применением частотного регулирования, так и за счёт изменения положения задвижек или комбинированных методов. Это позволяет адаптировать систему под разные условия эксплуатации и требования технологического процесса.

3 ВЫБОР ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ

3.1 Преобразователь частоты

Преобразователь частоты необходим для регулирования частоты выходного напряжения, этим он собственно и регулирует скорость асинхронного двигателя. Низковольтный преобразователь частоты состоит из диодного моста, необходимого для выпрямления входного напряжения, который преобразует его в пульсирующее, далее идёт звено постоянного тока для сглаживания и инвертор для изменения частоты выходного напряжения.

3.1.1 Типы высоковольтных преобразователей частоты

Для регулирования частоты вращения ротора высоковольтных двигателей используют два вида преобразователей частоты.

1) Преобразователь частоты с входным понижающим трансформатором и выходным повышающим. По сути своей это не сложная конструкция. В начале стоит понижающий трансформатор, для того чтобы понизить напряжения для преобразователя частоты, затем преобразователь частоты меняет частоту напряжения до необходимой и затем выходной трансформатор, который снова повышает напряжения для привода, рисунке 14.

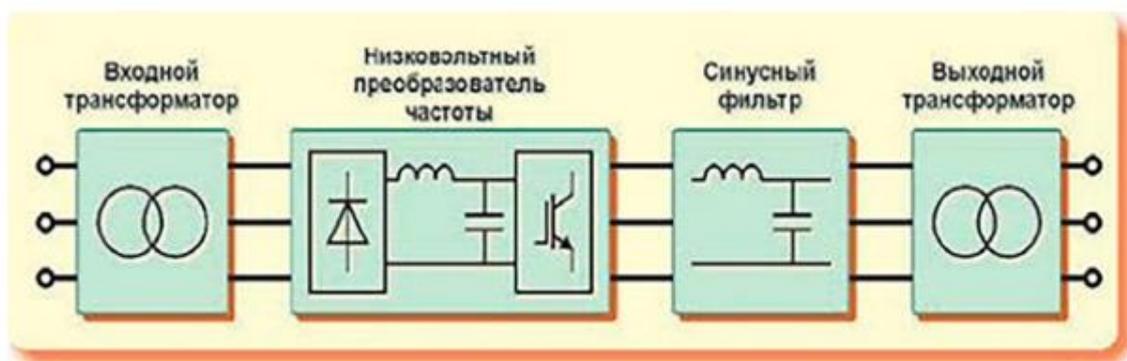


Рисунок 14 – Схема двухтрансформаторного преобразователя частоты

2) Высоковольтные преобразователи частоты с многообмоточными трансформаторами.

Преобразователь частоты данного типа состоит из вводного трансформатора с расщипленными обмотками и большого количества силовых ячеек, количество которых зависит от привода (рисунок 15).

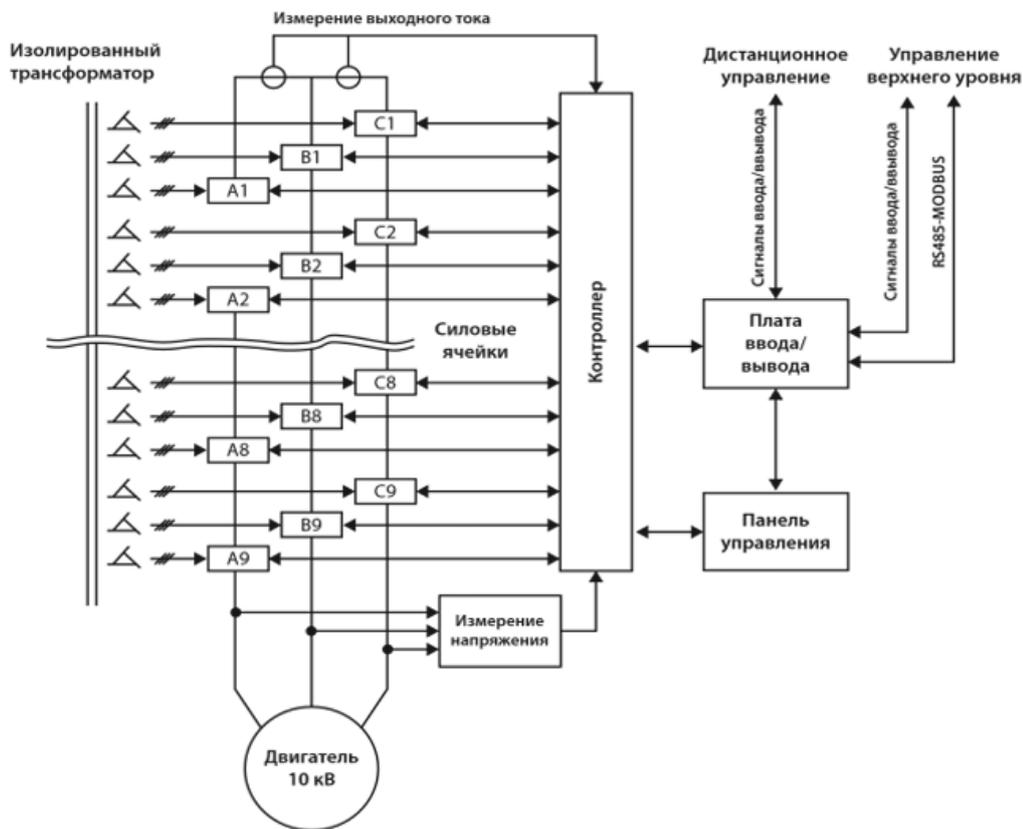


Рисунок 15 – Структурная схема преобразователя частоты

Преимущества схемы с многообмоточным трансформатором представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Сравнение преобразователей частоты.

Наименование	Схема 2 трансформаторами с частотным преобразователем до 1000 В.	ПЧ с многообмоточным трансформатором.
1	2	3

1	2	3
Коэффициент полезного действия	От 86 до 90% благодаря потерям на 2 трансформаторах и синусовом фильтре	От 96,5 до 98%, отсутствие потерь в двигателе от высших гармоник
Интервал регулирования	Ограничен $n_{ном} > n > 0,5 n_{ном}$ в большую и меньшую сторону за счет увеличения насыщения сердечника выходного трансформатора на низкой частоте и высоких потерях в сердечнике на высокой частоте	Во всем диапазоне
Размеры	Больше, за счет 2 трансформаторов, кабелей с жилами большого сечения, сердечника выходного трансформатора больших габаритов	
Наличие выходного (синусного) фильтра	Требуется	Не требуется
Составляющая высших гармоник	5-10% в зависимости от параметров выходного фильтра	Не больше 4%
Устойчивость к колебаниям напряжения сети	Не более 10% в большую и меньшую сторону. При изменениях напряжения выше предела преобразователь отключается.	Допустимы колебания питающего напряжения до 15-20%, в отдельных случаях до 30%

1	2	3
Допустимые отклонения частоты напряжения на входе	$\pm 2\%$ (49-51 Гц)	$\pm 10\%$ (45-55 Гц)
Допустимая длина кабеля двигателя	Ограничена из-за высших гармоник	Допустимое подключение кабелем более 15 м.

3.1.2 Обзор рынка высоковольтных преобразователей частоты

В настоящее время у инженеров нет проблем для регулирования машин переменного тока, так как сейчас у всех есть доступ к мощным полупроводникам с большими коммутационными параметрами, сейчас же повсеместно используются инверторы напряжения для регулирования асинхронных двигателей. В литературных источниках анализируется продукция таких фирм, как ABB, Siemens, Allen-Bradley, Toshiba, Mitsubishi, Robicon, Ansaldo, Alstom, ESTEL, GE, Hyundai и других [8].

Принципом управления инвертором владеют многие компании. Метод ШИМ – широтно-импульсная модуляция используется для создания напряжения в обмотках двигателя близкой к синусоиде и нужной нам частоты. Инверторы управляются с помощью отдельных плат либо с помощью контроллеров, это не принципиально.

Использование силовых ячеек дало метод многоуровневого регулирования напряжения для подачи на двигатель. Создаются ячейки с различными опциями, такими как торможение и рекуперация, путем ввода в схему ячейки определенных компонентов, тормозные прерыватели и резисторы, в схеме с рекуперацией вместо диодного моста стоит активный выпрямитель.

На данный момент на российском рынке фигурируют несколько компаний, которые производят высоковольтные преобразователи частоты «VEDA MC»,

«INVT» (Овен Комплект Автоматика), «РусЭлт». Все они производят преобразователи частоты с многообмоточными трансформаторами. Характеристики ПЧ этих компаний практически идентичны, байпас, охлаждение, контроллер. Защитные функции, такие как защита от перегрузки электродвигателя по току, защита от перегрузки преобразователя частоты по току, защита от однофазных замыканий, защита от перенапряжения, защита от перегрева. Выбран был ПЧ от компании «VEDA MC», введу большого количества литературы и пояснений к принципу его работы.

3.1.3 Высоковольтного преобразователя частоты «VEDADRIVE»

VEDADRIVE – это серия преобразователей частоты высокого напряжения, предназначенных для регулирования скорости вращения электродвигателей переменного тока (синхронных и асинхронных) в сетях высокого напряжения. Преобразователи частоты VEDADRIVE обладают следующими преимуществами:

- Технология регулирования, обеспечивающая высокую точность и быстрое действие системы, а также КПД, превышающий 96,5 % (с учетом трансформатора). Модульная конструкция, облегчающая техническое обслуживание.

- Функция автоматического регулирования напряжения (АРН), обеспечивает регулирование выходного напряжения, что исключает повреждение обмоток двигателя вследствие перенапряжения и уменьшает потери в двигателе при работе без нагрузки.

- Функция повышения крутящего момента, обеспечивает повышение выходного напряжения и выходного крутящего момента при работе на низких выходных частотах.

- Функция пуска вращающегося двигателя (подхват), позволяет перезапустить вращающийся двигатель и обеспечить непрерывность производства.

- Функция предотвращения потери мощности, обеспечивает обратное питание для продолжения нормальной работы при исчезновении напряжения в электрической сети на очень короткое время.

- Функция синхронного переключения двигателя с преобразователя частоты на сеть и обратно (опция).

- Функция байпаса силовых ячеек (опция) позволяет автоматически шунтировать неисправные ячейки без остановки преобразователя частоты. Панель управления с сенсорным экраном, что обеспечивает простое управление и настройку преобразователя частоты [4].

Преобразователь частоты состоит из следующих основных компонентов:

- Шкаф трансформатора
- Шкаф силовых ячеек
- Секция управления

Силовые ячейки в преобразователе частоты соединены последовательно что формирует многоуровневое преобразование напряжения, выходная частота из каждой ячейки в сумме даёт практически синусоиду, а с учетом индуктивности двигателя ток принимает практически идеальную синусоидальную форму, (рисунок 16).

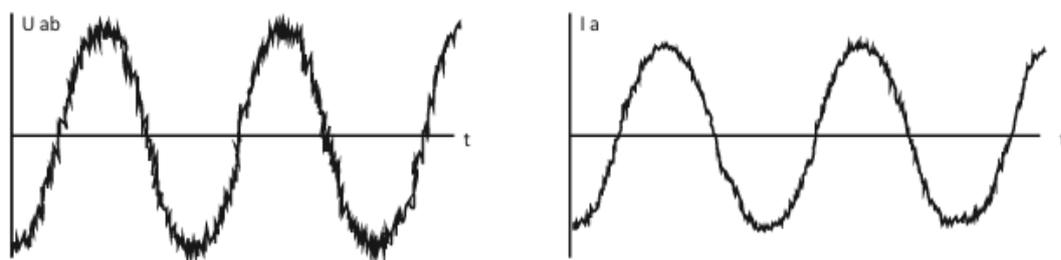


Рисунок 16 – Форма кривой выходного напряжения и выходного тока

По сравнению с другими мощными высоковольтными преобразователями частоты, такая схема имеет следующие преимущества:

- Нет необходимости использования дополнительного фильтра на выходе.
- Возможность применения стандартных синхронных и асинхронных электродвигателей высокого напряжения, при этом температура двигателя не повышается.
- Не уменьшается номинальная мощность электродвигателя.

- Отсутствие повреждений изоляции электродвигателя и кабеля вследствие резких всплесков напряжения (dU/dt).

- Отсутствие пульсаций крутящего момента вследствие воздействия гармонических составляющих, что позволяет увеличить срок службы электродвигателей и приводимых механизмов [4].

Шкаф силовых ячеек:

Каждая ячейка представляет собой низковольтный преобразователь частоты. Во всех ячейках роль инвертора выполняют IGBT транзисторы (с изолированным затвором), которые шунтируются диодами в обратном направлении. Все ячейки имеют Шунтирующий контакт К, который замыкается, тем самым шунтируя ячейку, если она вышла из строя, чтобы не останавливать привод (рисунок 17).

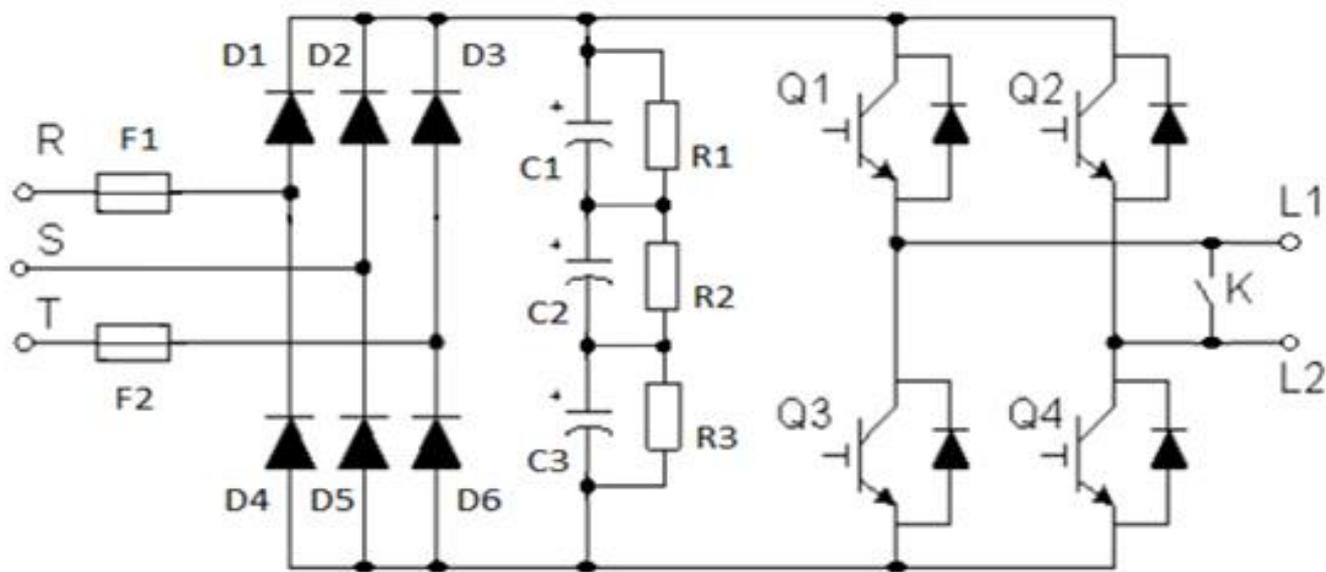


Рисунок 17 - Схема силовой ячейки с байпасом (К – автоматический байпас силовой ячейки)

Снизу представлена схему ручного и автоматического шунтирования силовой ячейки.

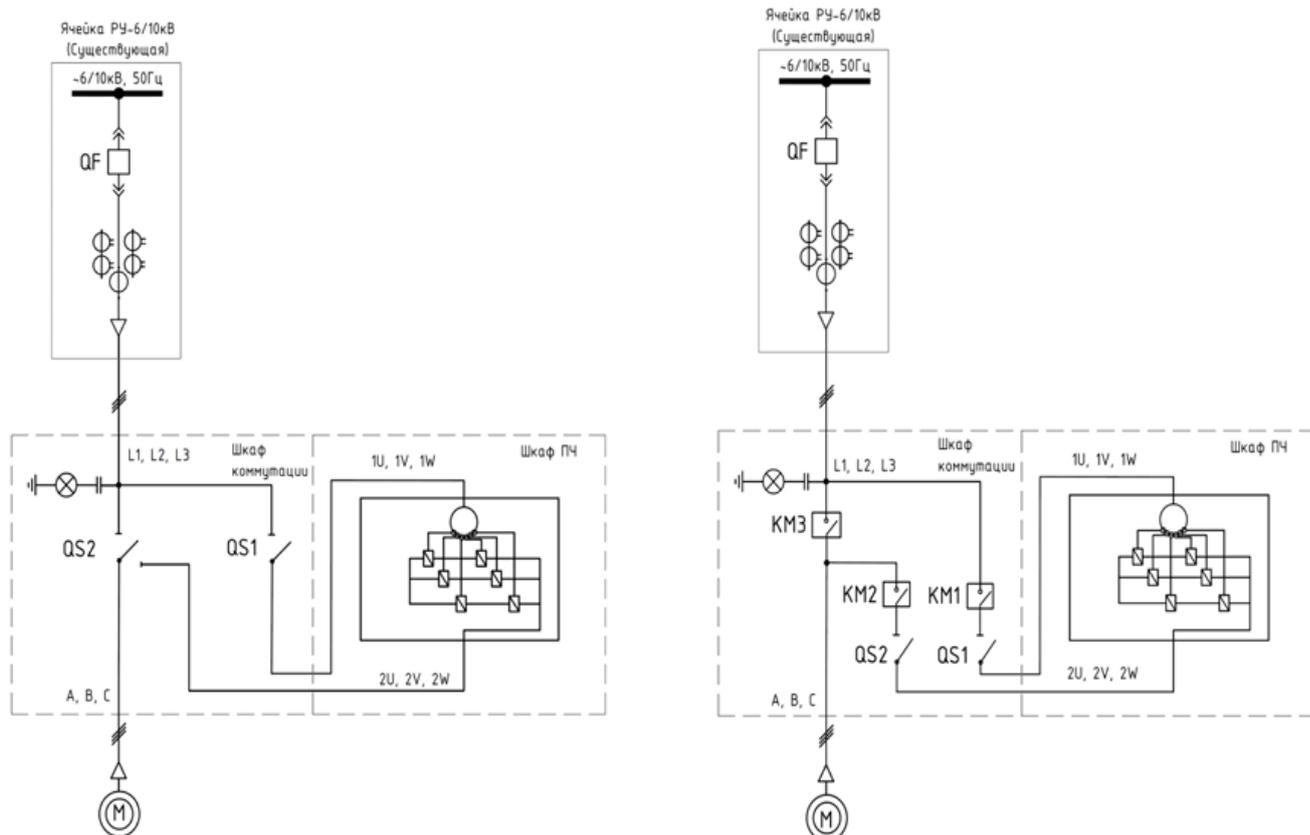


Рисунок 18 – Схема ручного байпаса и автоматического

Система байпаса преобразователя частоты допускает его шунтирование, и подключение двигателя на прямую к сети, для обеспечения работоспособности оборудования при сбоях в работе преобразователя частоты. После переключения двигателя на работу от сети преобразователь частоты может быть изолирован от высоковольтной сети для технического обслуживания.

Система автоматического байпаса в дополнение к разъединителям, оборудована вакуумными контакторами и позволяет выполнить автоматическое переключение двигателя на питание от сети, для предотвращения простоя оборудования. Помимо этого, возможно выполнить ручное переключение — как с местной панели управления, так и дистанционно.

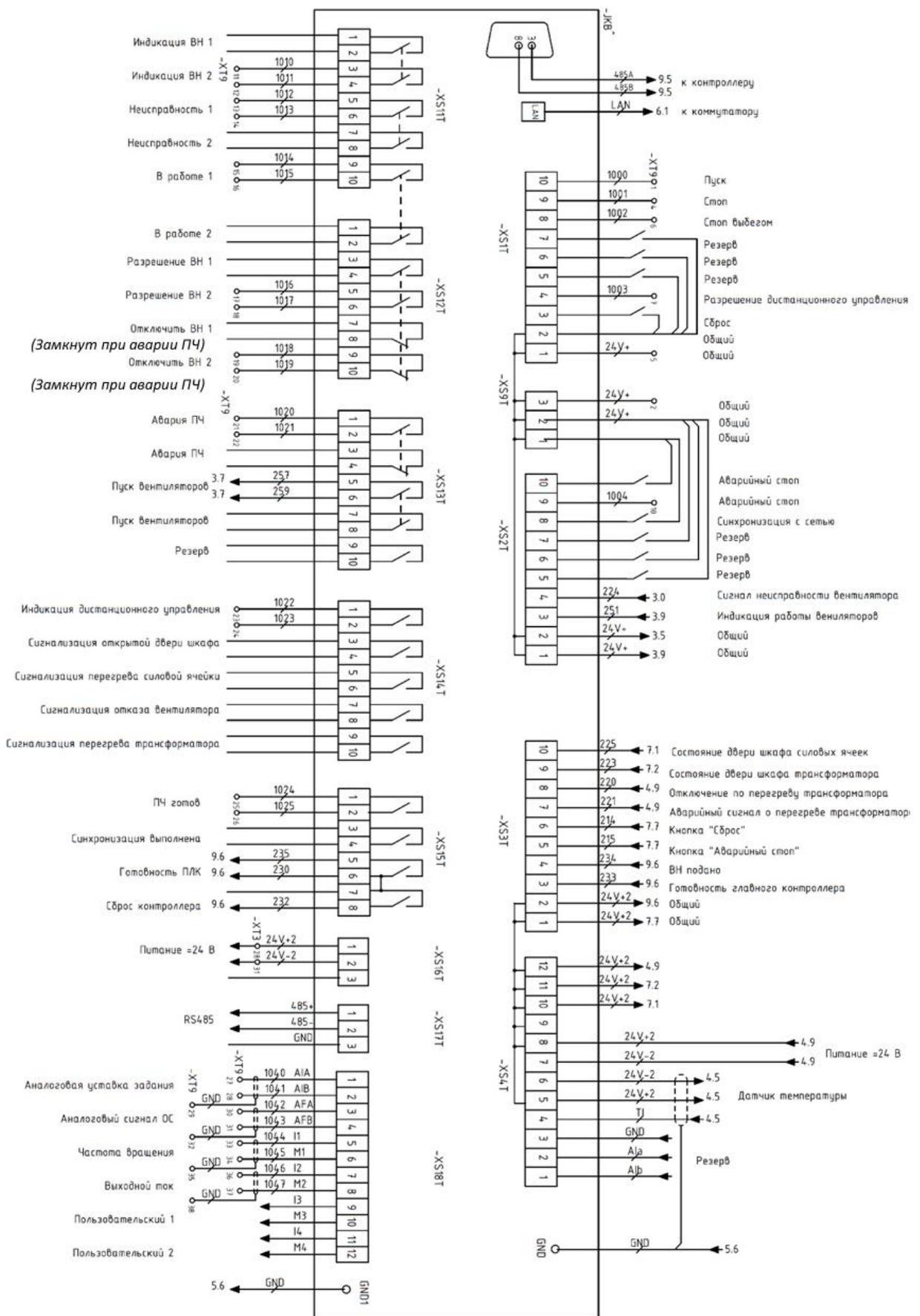


Рисунок 19 - Электрическая схема подключения цепей управления к блоку ввода - вывода

3.2 Измеритель давления

Для измерения давления был выбран датчик DMP 331 с большим диапазоном измерения от 0 до 40 бар, термостойки (рисунок 20, 21) [15].

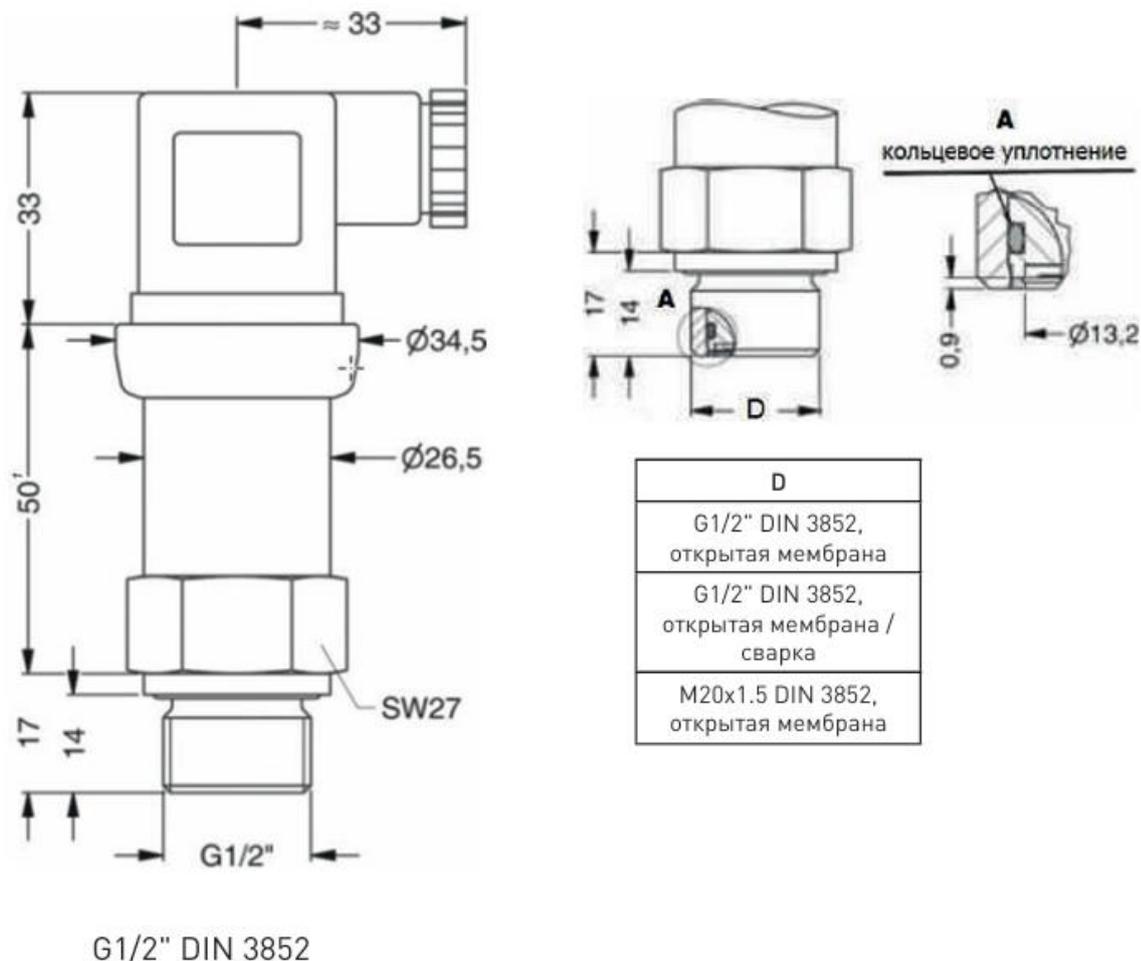


Рисунок 20 – Внешний вид DMP 331

Таблица 4 – Основные технические характеристики датчика DMP 331

Диапазон измерения, бар	Питание, В	Рабочая температура, °С	Выходной сигнал, мА
0,04 до 40	12...36	-25...124	4...20

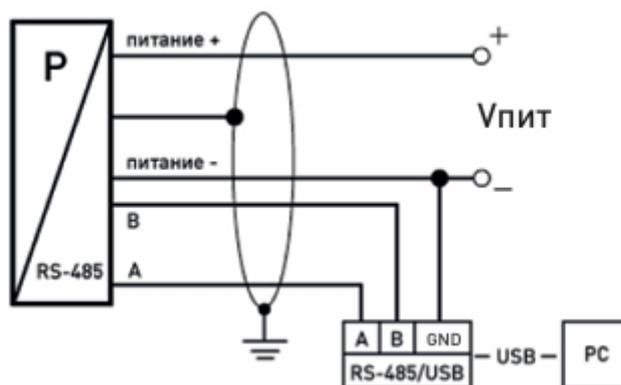


Рис 21 – Схема подключения

3.3 Программируемый логический контроллер

Для нашей системы был выбран контроллер отечественного производства Regul R500.

Это составной контроллер с широким выбором модулей для выполнения разного рода задач. Он имеет модули аналогового и дискретного ввода и вывода отдельно, модуль питания, модуль центрального процессора и модуль коммуникации. Очень многофункциональный и со своим программным обеспечением для его программирования.

В состав контроллера были выбраны следующие функциональные модули:

Модули центрального процессора R500 CU 00 052, модуль питания PP 00 051, модули аналогового ввода-вывода AI 08 041, AO 08 031, модули дискретного ввода-вывода DI 16 021, DO 16 021 (таблицы 5-7) [1].

Таблица 5 – Основные технические характеристики CU 00 052

Параметр	Значение
1	2
ОЗУ, Гб	2
ПЗУ (100 000 циклов записи/стирания), Гб:	
– накопитель системный	8
– накопитель пользовательский	8 (опционально до 64)
Интерфейсы:	

1	2
– RS-232	1 (Port 1) Скорость передачи данных от 1200 до 115 200 бит/с
– RS-485	2 (Port 2) Скорость передачи данных от 1200 до 115 200 бит/с
– Ethernet	4xRJ45
– USB	2

Таблица 6 – Основные технические характеристики СР 04 011

Параметр	Значение
Количество портов	4
Количество подключаемых устройств на один порт, не более	32
Напряжение пробоя изоляции (гальваническая изоляция), В, не менее:	
– между каналами и внутренней шиной питания и данных	1000
– между каналами	1000
Потребляемая мощность от шины питания контроллера, Вт, не более	3,3

Таблица 7 – Основные технические характеристики АІ 08 031

Параметр	Значение
Количество каналов	8
Разрядность (включая область перегрузки), бит	24
Номинальный диапазон преобразования сопротивления, Ом	от 1 до 450
Номинальный диапазон преобразования напряжения постоянного тока, мВ	от – 400 до + 400

3.4 задвижка с электроприводом фланцевая чугунная 30ч906бр (ду 300)

Для того, чтобы фиксировать конечные положения и приводить в движения задвижку будет использовано задвижка с электроприводом фланцевая

чугунная 30ч906бр (ду 300), который обладает блоком концевых выключателей, которая задвижка будет активировать в полностью открытом и полностью закрытом положении, Данные приведены в таблице 8. Схема подключения показана на рисунке 22 [9].

Таблица 8 – Основные технические 30ч906бр (ду 300)

Диаметр, мм	Материал корпуса	Давление, МПа	Температура, °С	Класс герметичности
300	Чугун	1,0	225	D

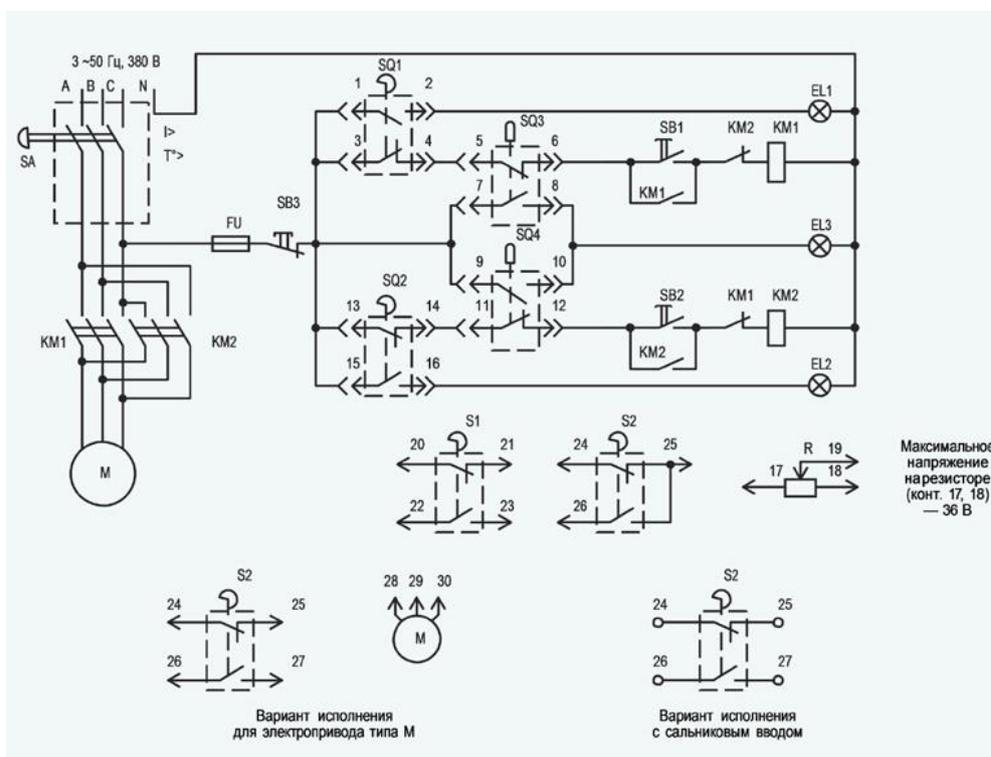


Рисунок 22 – Схема подключения 30ч906бр (ду 300)

3.5 Пускатель бесконтактный реверсивный

Он будет использоваться для управления приводом задвижки и двигать её в заданное положение. Был выбран трех фазный пускатель ПБР-ЗИК-4. Основные характеристики пускателя приведены в таблице 9. Схема подключения изображена на рисунке 23 [16].

Таблица 9 – Характеристики ПБР-ЗИК-4

Технические характеристики	Пбр-Зик-4
Число фаз подключаемого электродвигателя	1 или 3
Допустимый диапазон напряжения питания, В	380 (от -50% до +10%)
Номинальный ток подключаемого электродвигателя, А, не более	4
Минимальная мощность электродвигателя, Вт	10

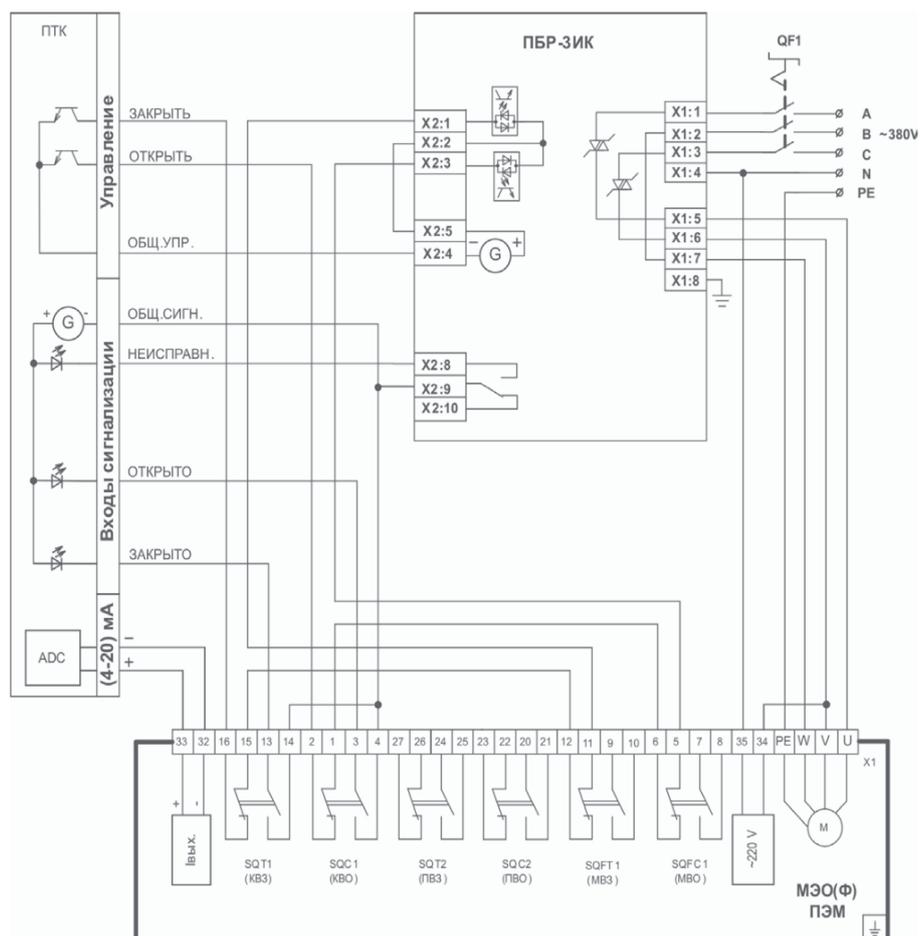


Рисунок 23 – Схема подключения ПБР-ЗИК-4

3.6 Блоки управления

При помощи блоков управления будет осуществляться как ручное, так и автоматическое управление преобразователем частоты и задвижкой. В блоке управления ПЧ есть индикация, куда будет выводиться значение, которые мы устанавливаем тумблером

БРУ-7 будет управлять преобразователем частоты. В данном блоке есть клеммы выхода на исполнительный механизм, а, так же аналоговый вход для установки задания, в нашем случае он будет использоваться для установки задания по частоте (рисунок 24) [2].

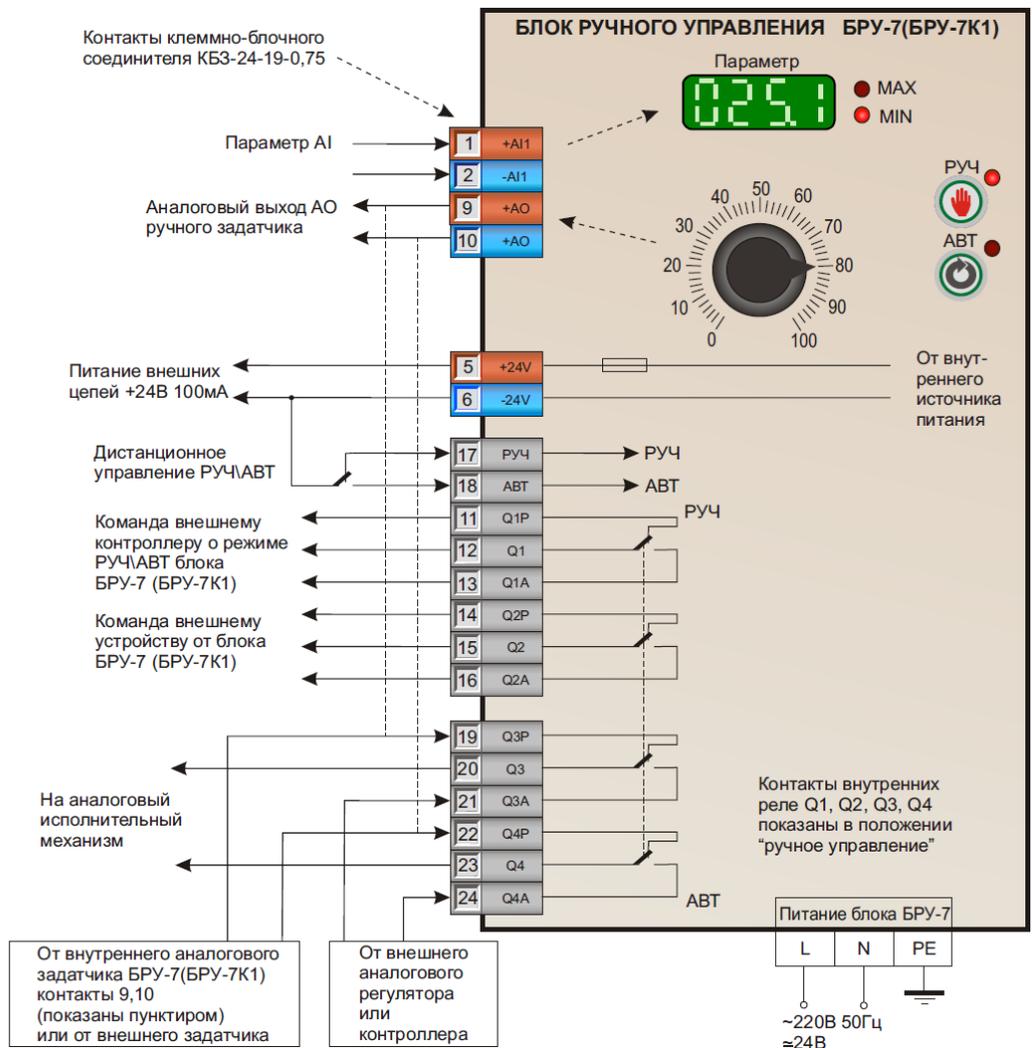


Рисунок 24 – Внешние цепи БРУ-7

Для управления пускателем задвижки был выбран ПКП – 1. Данный блок имеет кнопки для ручного управления задвижкой, для подачи сигнала больше, меньше. Так же имеет индикацию положения задвижки, которую высчитывает сам в зависимости от времени полного хода и скорости. Общение с ПЛК будет происходить по протоколу RS-485 для установки задания по положению задвижки (рисунок 25) [3].

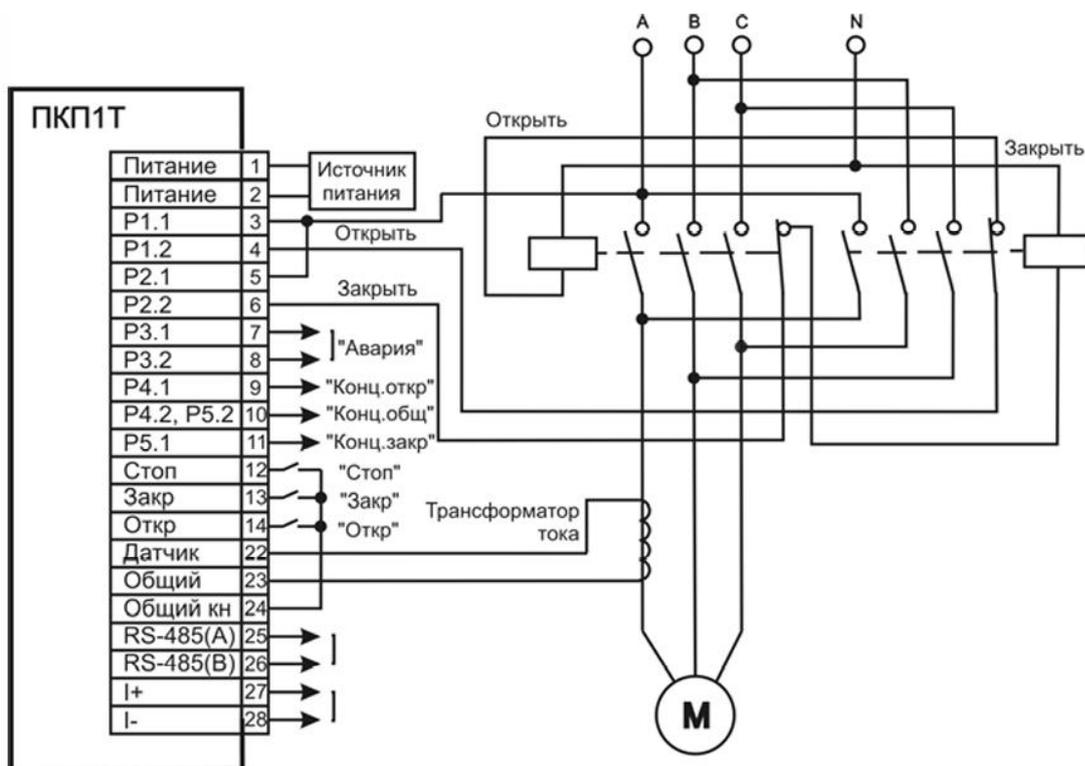


Рисунок 25 – Схема подключения ПКП-1

3.7 Блоки индикации аналоговых величин

Для индикации различных значений, в нашем случае это давление и выходная частота ПЧ был выбран индикатор токовой петли ИТП11 («Овен»), рисунок 26.



Рисунок 26 – Индикатор токовой петли

ИТП11 может выводить любые величины передеющиеся по токовому каналу 4-20 мА. Имеет два входа, в цепь должен подключаться последовательно [19].

3.8 Устройства коммутации и сигнализации

Для коммутации вспомогательных цепей задействуем промежуточные реле серии RP [23], характеристики которой приведены на рисунках 27-29.

Характеристика	Модификации без ручного дублира (RP - 402/403/405/407AL RP - 402/403/405DL)	Модификации с ручным дублиром (RP - 402/403/405/407ALTU RP - 402/403/405DLTU)
Время включения (при U_N)	не более 20 мс	
Время выключения (при U_N)	не более 20 мс	
Диапазон рабочих температур	-55...+70 °С	
Относительная влажность	35%...80% RH	
Атмосферное давление	86...106 кПа	
Светодиодный LED-индикатор срабатывания	есть	
Ручное дублирование срабатывания	нет	есть
Механическая индикация срабатывания	нет	есть
Ударопрочность	10g (длительность полуволны синусоиды ударного импульса 11 мс)	
Виброустойчивость	10...55 Гц (удвоенная амплитуда 1,0 мм)	
Масса	не более 35 г	

Рисунок 27 – Технические характеристики промежуточных реле

Характеристика	Постоянный ток (DC)	Переменный ток (AC)
Номинальные ток и напряжение коммутации	5 А при 30 В	5 А при 250 В
Минимальная коммутируемая нагрузка	1000 мВт (10 В/10 мА)	
Начальное сопротивление контактов	не более 100 мОм	
Материал контакта	серебряный сплав (AgSnO ₂)	
Электрический ресурс	не менее 10 ⁵	
Механический ресурс (при 300 вкл./мин)	не менее 10 ⁷	
Сопротивление пробоя между группами контактов	не менее 1000 В ~ при токе утечки 1 мА в течение 1 минуты	

Рисунок 28 – Электрические характеристики контактов

Характеристика	Постоянный ток (DC)	Переменный ток (AC)
Номинальное напряжение питания катушки UN	12/24 В*	12/24/110/220 В*
Напряжение включения (при 25 °С)	не менее 0,75U _N	не менее 0,80U _N
Напряжение выключения (при 25 °С)	не более 0,10U _N	не более 0,30U _N
Предельное напряжение питания катушки (при 25 °С)	1,10U _N	
Мощность катушки	0,9 Вт	1,2 ВА
Сопротивление пробоя	не менее 1500 В ~ в течение 1 мин. (ток утечки 1 мА)	

Рисунок 29 – Электротехнические характеристики катушки

Для наших целей выбраны реле RP 407 AL с катушками 25 В.

Для управления преобразователями частоты выберем кнопки для его остановки, включения байпасса, XB7NW33B1 Schneider Electric, кнопка грибовидная без фиксации, с подсветкой, 24V, 1NC, красный, рисунок 30,31 [19].



Рисунок 30 – Кнопка XB7NW33B1 Schneider Electric



Рисунок 31 – Кнопка грибовидная без фиксации, с подсветкой, 24V, 1NC

Для индикации состояния преобразователя частоты (работа, неисправность, авария) были выбраны сигнальные лампы 24V AC/DC IP65 желтая и красная, 24V AC/DC зелёная.



Рисунок 32 – Сигнальные лампы

3.7 Лицевая панель шкафа управления

На рисунке 33 представлен внешний вид щита управления

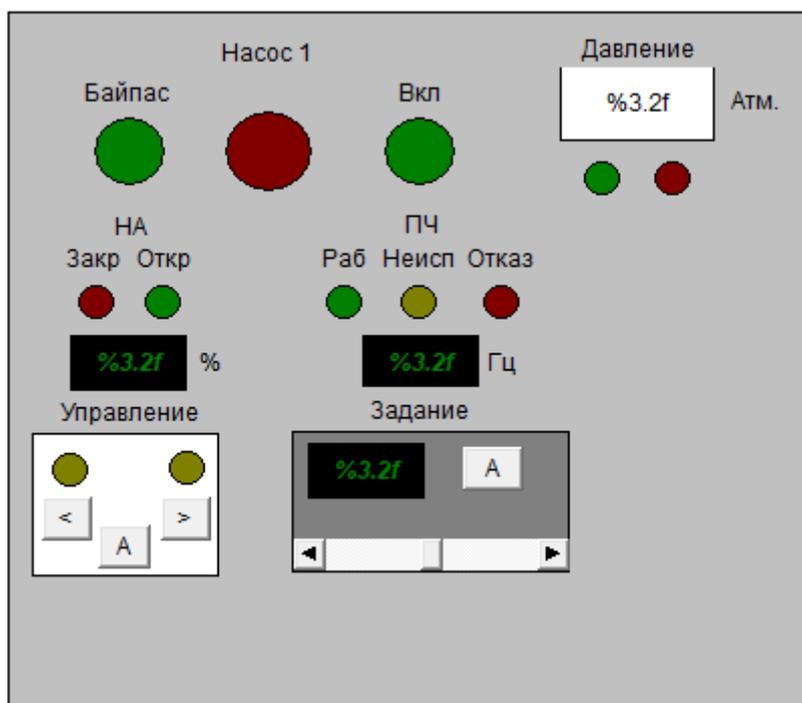


Рисунок 33 – Щит управления

На панели управления (щите) размещены все необходимые элементы для полноценного ручного управления системой, а также для перевода её в автома-

тический режим. Компоновка панели выполнена таким образом, чтобы обеспечить максимальное удобство для операторов и обслуживающего персонала, а также повысить безопасность и информативность работы с системой.

На щите расположены все необходимые компоненты для ручного управления и перевода в автомат. В правой верхней части расположен индикатор токовой петли, который показывает давления в теплосети, взятое с датчика. По центру расположена красная грибовидная кнопка для остановки ПЧ в при необходимости. Так же слева и с права от неё кнопки для включения преобразователя и для включения байпасса, т.е. перевод на регулирования давления с помощью задвижки. Под главными кнопками изображены блоки управления ПЧ и задвижкой. БРУ-7 блок управления ПЧ показывает частоту, которую мы задаём в ручном режиме, так же кнопка для перевода в автоматический режим. ПКП-1 блок управления задвижкой с индикацией её положения в процентах и конечными положениями.

Таким образом, щит управления является центральным элементом взаимодействия человека с системой автоматического регулирования подачи сетевой воды. Он позволяет эффективно управлять всеми основными функциями оборудования, контролировать параметры системы, а также оперативно реагировать на любые изменения в работе теплосети. Наличие дублирующих режимов управления и четкая индикация обеспечивают высокую надёжность и устойчивость системы в любых эксплуатационных условиях.

4 РАЗРАБОТКА ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СХЕМЫ

4.1 Электрическая схема соединений

Принципиальная схема соединений является одним из ключевых элементов всей проектной документации и играет чрезвычайно важную роль в процессе разработки, сборки, наладки и последующей эксплуатации системы автоматического управления подачей сетевой воды. От качества и точности выполнения этой схемы напрямую зависит корректность функционирования оборудования, надёжность соединений и удобство дальнейшего технического обслуживания.

С помощью данной схемы осуществляется физическая сборка всей системы управления: на её основе монтируются электрические цепи, подключаются элементы автоматики, исполнительные устройства и блоки управления. В схеме в полном объёме отображены все необходимые соединения между компонентами как силовые, так и управляющие, а также приведены обозначения и маркировки каждого используемого элемента: клемм, проводов, датчиков, реле, кнопок, индикаторов и других устройств.

Принципиальная схема соединений представлена ниже в приложении

4.2 Расчет и выбор устройств защиты

Расчитаем величину защитный выключателей для цепей кроме ПБР, в цепя установлено 4 блока питания для основных приборов DR-120W-24 EKF PROxima на 120 Вт и 1 для питания ПЛК DR-30W-24 EKF PROxima на 30 Вт, расчитаем общий ток, потребляемый цепями:

$$I_{\text{макс}} = \frac{120}{220} = 0,55 \text{ А.} \quad (7)$$

$$I_{\text{макс}} = \frac{30}{220} = 0,14 \text{ А.} \quad (8)$$

Для защиты общих цепи выберем выключатель Автоматический выключатель DEKraft BA101-1P-001A-C 11049DEK 121891.

5 РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

5.1 Выбор средств разработки

Программирование и конфигурирование контроллера REGUL R500 осуществляется с помощью программного обеспечения Astra.IDE.

Astra.IDE – коммерческий продукт и в нашем распоряжении его нет. Поэтому в этой работе будет представлен прототип программного обеспечения, созданный в бесплатных средах разработки CoDeSys компании Smart Software Solution (3S) [19] и Trace Mode (базовой версии) российской фирмы Adastra [20]. Для эмуляции контроллера будет задействован программный эмулятор PLCWinNT, входящий в состав пакета CoDeSys. Обмен между контроллером и SCADA-системой будет осуществляться по протоколу OPC. Разработанный прототип в дальнейшем может быть трансформирован в программное обеспечение для реальной системы управления.

5.2 Структура и назначение программного комплекса

В состав программного комплекса входят:

упрощенная модель технологического процесса, включающая модели объекта управления и задействованного оборудования: насоса, запорно-регулирующей арматуры, преобразователей частоты, щитового оборудования;

управляющая программа для ПЛК;

SCADA-система.

Модель технологического процесса и управляющая программа для ПЛК реализованы в виде отдельных частей программы для виртуального контроллера PLCWinNT с визуализацией лицевой панели щита управления в CoDeSys. SCADA-система представляет собой монитор реального времени Trace Mode.

Программа управления позволяет опробовать все режимы управления насосом, включая:

- ручное (местное) управление с помощью органов лицевой панели щита управления;

- ручное (дистанционное) управление с помощью органов управления монитора реального времени;

- автоматическое регулирование давления с воздействием как на преобразователь частоты, так и на задвижку.

5.3 Входные и выходные переменные

В таблицах 10 – 16 приведены перечни входных и выходных переменных программы управления, задействованных в обмене с аппаратурой и SCADA-системой.

Таблица 10 – Перечень входных дискретных сигналов

Наименование	Пояснение
1	2
pch1_reg_mode	ПЧ в регулирующем режиме
pch1_dir_mode	ПЧ в прямом режиме
na1_closed	ЗД закрыт
na1_opened	ЗД открыт
pch1_normal	ПЧ в режиме работа
pch1_alarm	ПЧ в режиме неисправность
pch1_fail	ПЧ в режиме авария
pch1_auto_mode	ПЧ в автоматическом режиме
na1_auto_mode	ЗД в автоматическом режиме

Таблица 11 – Перечень входных аналоговых сигналов

Наименование	Пояснение	Единицы измерения	Пределы	Тип сигнала
pch1_freq	выходная частота ПЧ 1	%	0...100	(4-20)мА
na1_poz	положение ЗД 1	%	0...100	(4-20)мА
preas	разрежение в топке, кПа	Па	-100...100	(4-20)мА
pch1_ref_freq_real	ПЧ 1 - заданная частота реальная (выход БРУ 7-1)	%	0...100	(4-20)мА

Таблица 12 – Перечень выходных дискретных сигналов

Наименование	Пояснение
1	2
pch1_do_stop	ПЧ – стоп
pch1_do_reg_mode	ПЧ - в регулирующий режим
pch1_do_dir_mode	ПЧ - в прямой режим
na1_close	ЗД - закрывать
na1_open	ЗД - открывать

Таблица 13 – Перечень выходных аналоговых сигналов

Наименование	Пояснение	Единицы измерения	Пределы	Тип сигнала
pch1_ref_freq	ПЧ 1 - заданная частота от контроллера	%	0...100	(4-20)мА

Таблица 14 – Перечень входных дискретных сигналов, принимаемых по интерфейсу

Наименование	Пояснение
pch1_do_stop_from_scada	ПЧ - стоп
pch1_do_reg_mode_from_scada	ПЧ - в регулирующий режим
pch1_do_dir_mode_from_scada	ПЧ - в прямой режим
na1_close_from_scada	НА - закрывать
na1_open_from_scada	ЗД - открывать
na1_do_auto_mode_from_scada	ЗД - в автоматический режим
pch1_do_auto_mode_from_scada	ПЧ - в автоматический режим
pch1_ref_freq_plus_from_scada	ПЧ - увеличить заданную частоту
pch1_ref_freq_minus_from_scada	ПЧ - уменьшить заданную частоту

Таблица 15 – Перечень выходных дискретных сигналов, передаваемых по интерфейсу

Наименование	Пояснение
1	2
pch1_reg_mode_to_scada	ПЧ в регулирующем режиме

1	2
pch1_dir_mode_to_scada	ПЧ в прямом режиме
na1_closed_to_scada	ЗД закрыт
na1_opened_to_scada	ЗД открыт
pch1_normal_to_scada	ПЧ в режиме работа
pch1_alarm_to_scada	ПЧ в режиме неисправность
pch1_fail_to_scada	ПЧ в режиме авария
pch1_auto_mode_to_scada	ПЧ в автоматическом режиме
na1_auto_mode_to_scada	НА в автоматическом режиме

Таблица 16 – Перечень выходных аналоговых сигналов, передаваемых по интерфейсу

Наименование	Пояснение	Единицы измерения	Пределы
pch1_freq_to_scada	Выходная частота ПЧ	%	0...100
na1_poz_to_scada	Положение ЗД	%	0...100
preas_to_scada	Давление	Па	-100...100
pch1_ref_freq_to_scada	Заданная частота ПЧ	%	0...100

В программном прототипе все переменные объявлены как глобальные, дискретные переменные имеют тип BOOL, аналоговые – тип REAL.

5.4 Программная модель технологического процесса и щита управления

Программная модель содержит функциональные блоки, программно имитирующие теплосеть как объект регулирования (tepl), блок формирования расхода (TS), задвижка (ZD) и преобразователя частоты (PCH), а также программу MODEL, управляющую экземплярами функциональных блоков и обслуживающую экран визуализации щита управления.

Функциональный блок tepl составлен на языке FBD. Входными сигналами являются производительности насоса. Выходной сигнал – значение давления теплосети. Динамика объекта описывается передаточной функцией

апериодического звена первого порядка с постоянной времени, равной 10 сек. Начальное значение давления принято 3 Атм.

Функциональный блок TS написан на языке ST. Он вычисляет эффективную производительность насоса при заданных значениях частоты питания двигателя и положении задвижки.

Функциональный блок ZD написан на языке ST. На его входы подаются сигналы на открытие и закрытие задвижки. Блок формирует сигналы о положении и состоянии. Время полного хода принято равным 63 сек

Функциональный блок PCH написан на языке ST. Входными сигналами блока являются заданная частота, сигнал о режиме работы ПЧ, регулирующий либо прямое включение насоса от сети (рисунок 34).

```
CoDeSys - plcprog.pro
Файл  Правка  Проект  Вставить  Дополнения  Онлайн  Окно  Справка

POU
├── CONTROL (PRG)
├── MODEL (PRG)
├── PCH (FB)
├── PLC_PRG (PRG)
├── tepl (FB)
├── TS (FB)
├── ZD (FB)
└── ZD_CONTROL (FB)

PCH (FB-ST)
0001 FUNCTION_BLOCK PCH
0002 VAR_INPUT
0003   ref_freq:REAL;
0004   do_reg_mode, do_dir_mode, stop:BOOL;
0005   do_alarm, do_fail:BOOL;
0006 END_VAR
0007 VAR_OUTPUT
0008   freq:REAL;
0009   reg_mode, dir_mode:BOOL;
0010   normal, alarm, fail:BOOL;
0011 END_VAR
0012 VAR
0013   PCH_freq:REAL;
0014   Integ:INTEGRAL;
0015   mode:BYTE:=1; (*0 - стоп, 1 - частотное регулирование, 2 - прямое включение*)
0016   error:REAL;
0017   freq_begin: REAL:=53;
0018 END_VAR
0019
0001 CASE mode OF
0002 0: (*стоп*)
0003   PCH_freq:=0;
0004   Integ(RESET:=TRUE);
0005   IF do_reg_mode THEN
0006     mode:=1;
0007   ELSIF do_dir_mode THEN
0008     mode:=2;
0009   END_IF
0010   freq:=0;
0011   reg_mode:=FALSE;
0012   dir_mode:=FALSE;
0013   normal:=FALSE;
0014   alarm:=do_alarm;
0015   fail:=do_fail;
0016   freq_begin:=0;
0017 1:
0018   error:=ref_freq - PCH_freq;
0019   IF error > 0.01 AND PCH_freq < 100 THEN
0020     Integ(IN:=2,TM:=10, RESET:=FALSE);
0021   ELSIF error < -0.01 AND PCH_freq > 0 THEN
0022     Integ(IN:=-2,TM:=10, RESET:=FALSE);
0023   END_IF
0024   PCH_freq:=Integ.OUT+freq_begin;
0025   IF PCH_freq > 100 THEN
0026     PCH_freq:=100;
0027   ELSIF PCH_freq < 0 THEN
```

Рисунок 34 – Функциональный блок PCH

Программа MODEL обрабатывает не только переменные, которые используются в ней, но и глобальные. MODEL имеет внешний вид щита и полностью повторяет его функционал. В целом задачей программы является формирование входных сигналов контроллера по результатам обработки его выходных сигналов, поведения объекта управления и действий с визуальной имитацией щита управления.

5.5 Программа управления

Функциональный блок ZD_CONTROL, предназначенный для управления задвижкой;

программа CONTROL, реализующая управление процессом в целом;

программа PLC_PRG из которой вызываются программы MODEL и CONTROL.

Функциональный блок ZD_CONTROL написан на языке ST. Блок в основном предназначен для приведения задвижки в заданное положение (регулирования положения). Входными переменными блока являются:

заданное и текущее положение направляющего аппарата;

зона нечувствительности системы позиционирования;

минимальное время включения привода;

сигналы о достижении направляющим аппаратом конечных положений (закрыт/открыт).

Выходными сигналами блока являются команды на открытие и закрытие задвижки.

На рисунке 35 представлены входные и выходные сигналы подпрограмм, щита и SCADA системы.

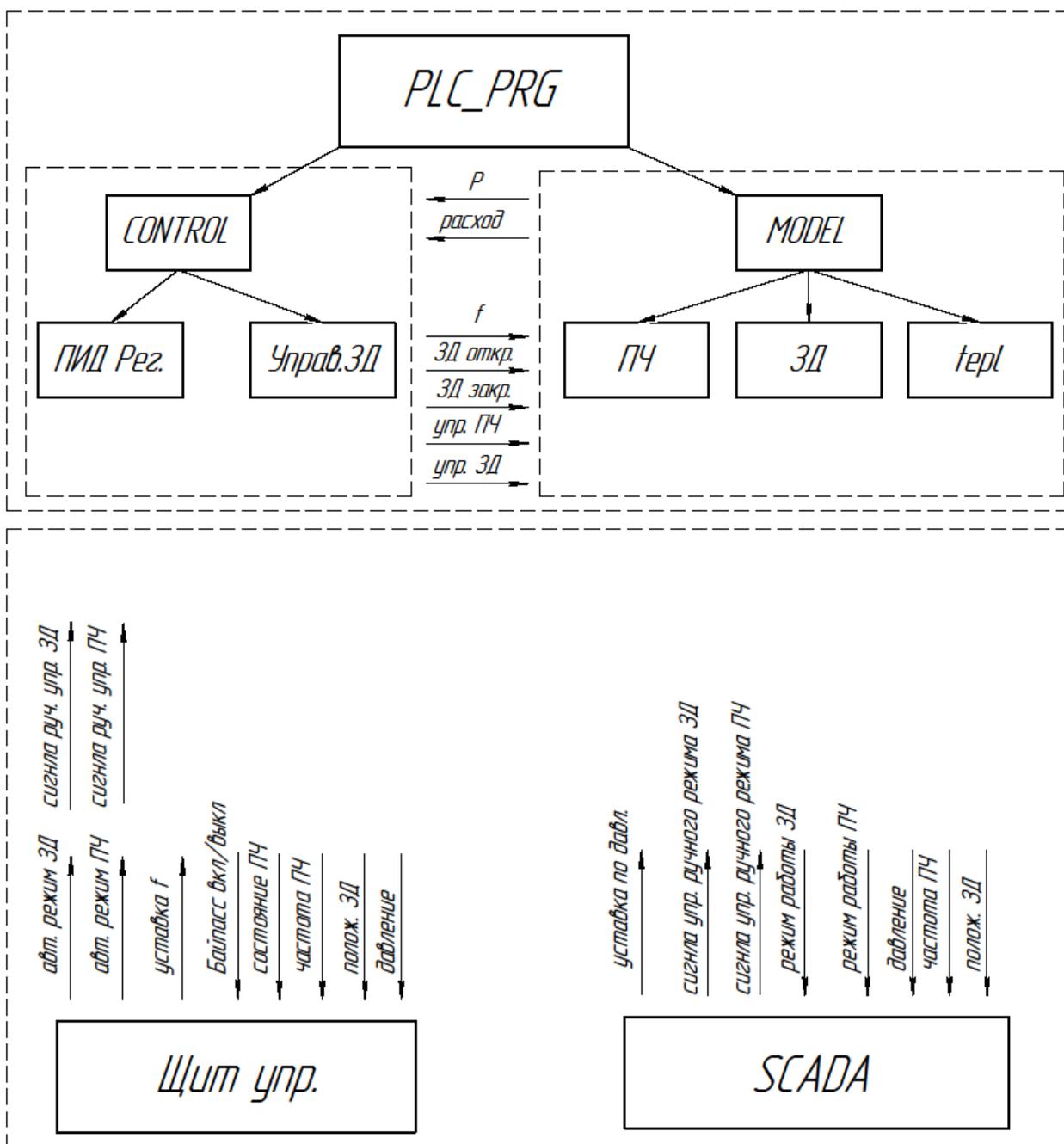


Рисунок 35 – Обмен сигналами подпрограмм.

5.6 SCADA-система

5.6.1 Информационный обмен

Для обмена информацией между ПЛК и SCADA системой могут быть задействованы различные интерфейсы, в том числе Ethernet. Программный симулятор использует протокол OPC. В опциях проекта CoDeSys программы ПЛК все глобальные переменные, предназначенные для обмена со SCADA-системой,

были включены в «символьный файл» и стали таким образом тегами OPC сервера CoDeSys.

В проекте Trace Mode в разделе «Источники/приемники» были сконфигурированы две группы тегов: OPC_Read и OPC_Write, предназначенные для чтения переменных из контроллера и записи переменных в контроллер соответственно. Перечни каналов показаны на рисунках 36, 37. Перечни переменных полностью соответствуют таблицам 14, 15, 16.

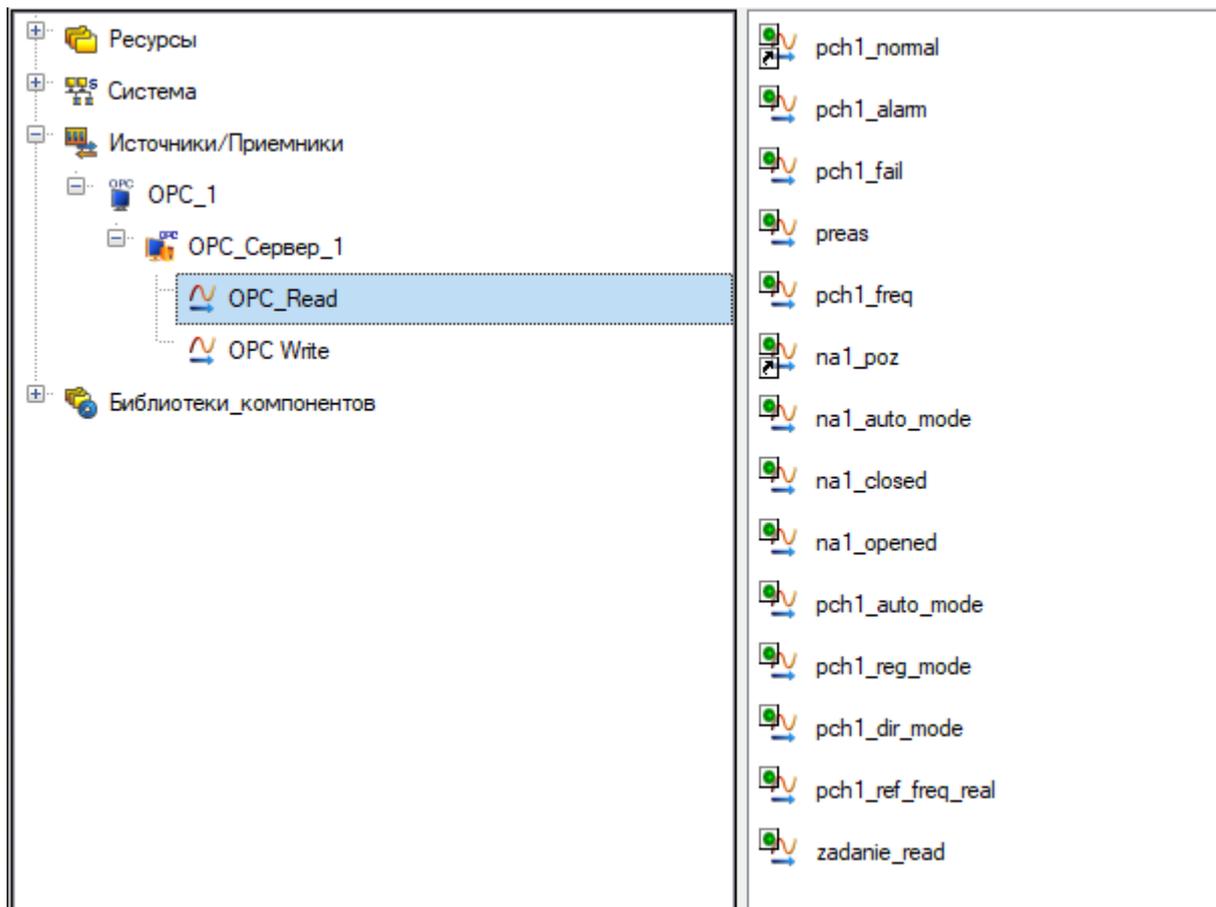


Рисунок 36 - Каналы OPC_Read

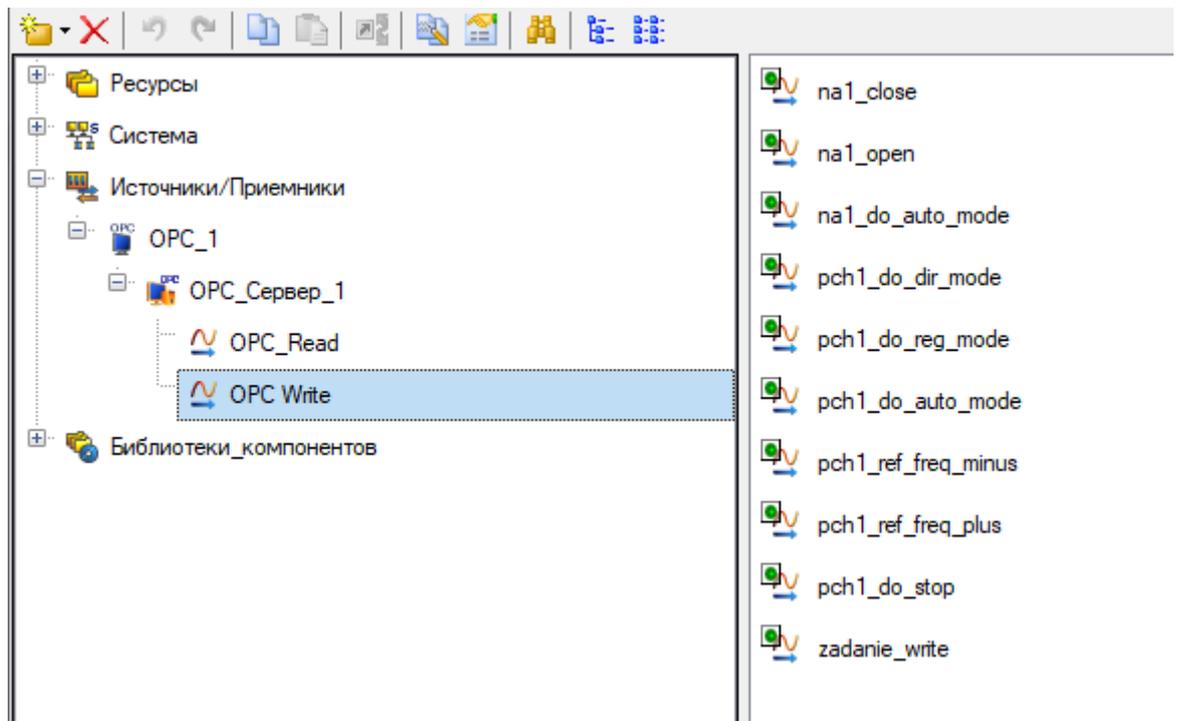


Рисунок 37 – Каналы OPC_Write

5.6.2 Экран визуализации

Экран монитора реального времени в работе показан на рисунке 38. В целом функциональность экрана повторяет функциональность лицевой панели щита управления. Дополнительной функцией является задание по давлению

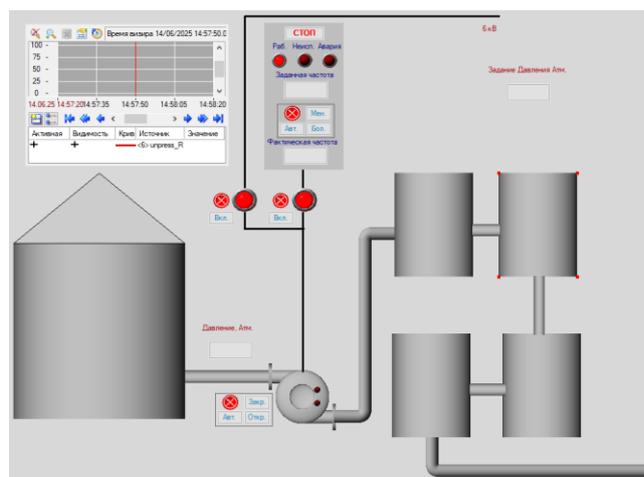


Рисунок 38 – Экран монитора реального времени Trace Mode

6 БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ

6.1 Безопасность

В данном разделе будут рассмотрены меры безопасности рабочего места и меры безопасности для работника с автоматизированной системой управления сетевыми насосами на Благовещенской ТЭЦ, так же экологичность технологического процесса системы.

Данная система не является отдельной установкой, а частью технологического процесса, по теплофикации города, состоящей из множества приборов для автоматизации процесса, объектом автоматизации которой является сетевой насос. Поэтому ниже будут рассмотрены меры безопасности при работе с такими приборами как высоковольтный преобразователь частоты и интерфейсом для контроля технологического процесса. В соответствии с ГОСТ 12.0.003—2015 из вредных производственных факторов, которые будут влиять на рабочего, рассмотрены такие как [21]:

- обладающие свойствами физического воздействия на организм человека
- обладающие свойствами психофизиологического воздействия на организм человека

К ним относятся:

- факторы, связанные с электрическим током
- повышенный уровень общей вибрации и шума
- статическая нагрузка
- длительность сосредоточенного наблюдения
- активное наблюдение за ходом производственного процесса

6.1.1 Электробезопасность

Травма от электрического тока может быть получена при несоблюдении техники безопасности. При поражении током человек может получить ожоги разной степени, электрический шок, что вызывает нарушение работу внутренних

органов, сердца, лёгкие, почки. Поражение нервной системы и механические повреждения, что вызывают судороги мышц, которые могут привести к падению, переломам и вывихам суставов. Удар электрическим током человек может получить при работе с оборудованием, у которого нарушилась изоляция проводов.

Для обеспечения безопасности с рабочим персонал должны проводиться постоянные инструктажи по технике безопасности и правилам пользования оборудованием, должны быть установлены защитные контуры заземления и зануления на всех приборах [21]. Так же в проектируемой системе предусмотрены автоматические выключатели, подключенные к блокам питания. Блоки питания в свою очередь имеют автоматическую защиту внутренних цепи (рисунок 39).

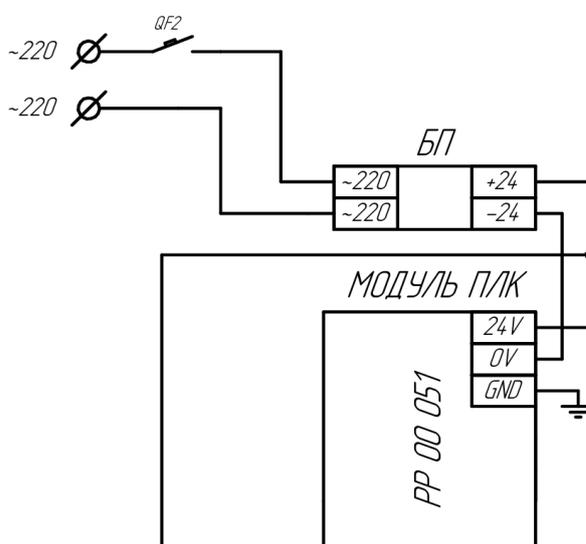


Рисунок 39 – Автоматический выключатель блока питания

При работе с оборудованием системы, таким как преобразователь частоты, он имеет индикацию включения высокого напряжения и концевые выключатели, которые отключают преобразователь частоты, если открываются двери трансформатора или силовых ячеек при его работе. При не соблюдении электробезопасности, рабочий может подвергнуться удару электрического тока, при коротком замыкании повреждаются устройства и есть опасность возникновения пожара на ТЭЦ.

6.1.5 Безопасность при работе с автоматизированной системой

Сами по себе насосы не несут большой опасности при выходе из строя. Большую опасность несёт один из элементов системы – это высоковольтный преобразователь частоты и горячая вода которая проходит в теплосети. При увеличении давления в теплосети, трубу может порвать, тогда горячая вода начнёт выходить из неё большим потоком. Во избежании этого необходимо всегда контролировать давление в теплосети чем и занимается система с помощью термостойкого датчика давления.

Значение давления всегда выводится на панель оператора и ручного щита управления, так же предусмотрена световая сигнализация, когда давления выходит за слишком большие значения уставки. Если же один из элементов системы выйдет из строя, то насосы нельзя будет запустить.

Так же большую потенциальную опасность может нести высоковольтный преобразователь частоты. Он управляет насосами, регулирует их частоту вращения. В самом преобразователе частоты предусмотрены методы защиты пользователя. На его экране так же имеется индикация, что преобразователь готов к подаче высокого напряжения и приступить к работе, в противном случае он просто не запустится.

В самой программе предусмотрено, что, если при низком расходе насоса давления всё равно продолжает расти, то загорается световая индикация, сигнализирующая о неисправности. Если контроллер подаёт управляющий сигнал на преобразователь частоты, но расход не изменяется, загорается световая индикация об неисправности либо аварии, так же если преобразователь частоты вышел из строя, то для продолжения непрерывного технологического процесса на программном и электрическом уровне предусмотрено функция байпаса, перекидывания насоса с питания от преобразователя частоты на питание от сети (рисунок 40).

```

IF preas < 40 AND preas > 20 THEN
  HL1:=TRUE;
  HL2:=FALSE;
ELSE
  HL2:=TRUE;
  HL1:=FALSE;
END_IF
IF bu21_1_auto THEN
  zd1_auto_mode:=TRUE;
  bu21_1_closing:=zd1_close AND NOT zd1_open;
  bu21_1_opening:=zd1_open AND NOT zd1_close;
ELSE
  zd1_auto_mode:=FALSE;
  bu21_1_closing:=bu21_1_close AND NOT bu21_1_open;
  bu21_1_opening:=bu21_1_open AND NOT bu21_1_close;

```

Рисунок 40 – Программная защита от понижения или повышения давления

На щите управления предусмотрены все компоненты для ручного управления всеми элементами системы, задвижкой, насосом, преобразователем частоты. Большая красная кнопка с красной световой индикацией для остановки насоса (рисунок 41).

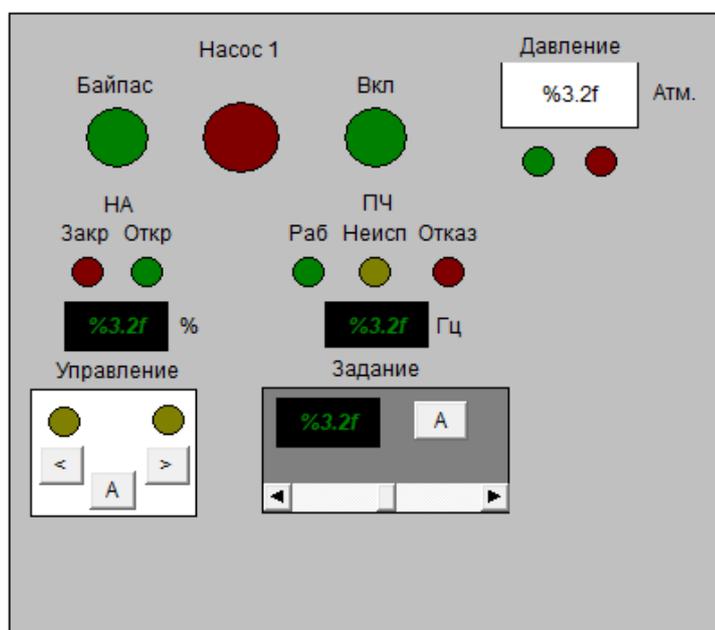


Рисунок 41 – Щит управления

Так же на преобразователе частоты предусмотрены меры по устранению перегрева, в шкафу трансформатора имеются охлаждающие кулера. В насосе имеются масляные системы охлаждения.

6.2 Экологичность

В рамках нашей АСУ ТП фигурирует только горячая вода. Она не относится к конкретному классу опасности вредных веществ, поэтому далее будут рассматриваться вредные выбросы Благовещенской ТЭЦ в целом.

Благовещенская ТЭЦ занимается выработкой электроэнергии и теплофикацией города с использованием энергии, получаемой при сжигании черного угля. При сжигании угля выделяется СО – оксид углерода, который относится к 4 группе опасности по ГОСТ 12.1007-76 ССБТ [22]. Он проходит систему фильтрации от примесей и выбрасывается в атмосферу через главный дымосос ТЭЦ и так же регулируется.

Таблица 17 – Классификация опасности вредных веществ по ГОСТ 12.1007-76

Наименование показателя	Норма для класса опасности			
	1-го	2-го	3-го	4-го
1	2	3	4	5
Предельно допустимая концентрация в воздухе рабочей зоны, мг/м ³	Менее 0,1	0,1-10	1,1-10,0	Более 10,0
Средняя смертельная доза при введении в желудок, мг/кг	Менее 15	15-150	151-5000	Более 5000
Средняя смертельная концентрация в воздухе, мг/м ³	Менее 100	100-500	501-2500	Более 2500
Коэффициент возможности ингаляционного отравления (КВИО)	Более 500	50-5000	5001-50000	Более 50000

1	2	3	4	5
Зона острого действия	Менее 6,0	6,0-18,0	18,1-54,0	Более 54,0
Зона хронического действия	Более 10,0	10,0-5,0	4,9-2,5	Менее 2,5

6.3 Чрезвычайные ситуации

6.3.1 Пожарная безопасность

В процессе эксплуатации могут возникнуть ситуации с возгоранием, что может привести к пожару всего здания. Это может быть связано с нарушением техники безопасности или правил эксплуатации. Так как основное оборудование находится в турбинном цехе, где уже предусмотрены все меры пожаробезопасности, рассмотрим только комнату оператора.

Для обеспечения безопасности, в помещение должно быть оборудовано специальными средствами защиты, такими как: устройства защитного отключения, заземление и зануление, предохранители.

Помимо средств прямой, также присутствует автоматическая система обнаружения пожара. Ее задача обнаружить возгорание на ранней стадии. Сообщить об этом пожарной части и оповестить дежурного смены и всех сотрудников, находящихся поблизости. Устойчива к ложным факторам, которые не являются возгоранием либо пожаром. При необходимости может сама применить средства пожаротушения, чтобы замедлить распространение, либо полностью потушить пожар.

На каждом этаже здания имеются планы эвакуации, расположенные на видном месте. Каждый план имеет условные знаки и обозначения, к которым дается расшифровка снизу, они указывают на расположение огнетушителей, пожарных кранов и телефонов. Каждый сотрудник проходит постоянные инструктажи о правилах действия при пожаре. Дополненный знаками безопасности для

упрощения восприятия согласно СП 112.13330.2011 «Пожарная безопасность зданий и сооружений» [23].

Размеры плана эвакуации должны быть не менее 600мм на 300 мм. План эвакуации, составляется учитывая план каждого этажа здания. Помимо этого, за пожарную безопасность на каждом производстве есть ответственный человек, который так же должен проверить правильность составления плана эвакуации, контролировать и поддерживать работоспособность всех противопожарных средств, следить за проведением плановых инструктажей и соблюдением работников правил пожаробезопасности [23].

6.3.2 Опасность при утечке химически вредных веществ.

При эксплуатации ТЭЦ могут возникнуть ЧС техногенного характера, связанные с различными ситуациями и причинами, такими как:

1. Пожары и взрывы

На ТЭЦ используется легковоспламеняющиеся горючее, мазут, уголь, газ, которые могут загореться или взорваться при попадании малейшей искры на них.

2. Разрывы трубопроводов и других систем, связанных с подачей топлива или воды:

3. Выброс опасных веществ

6.3.2 Опасность при эксплуатации автоматизированной системы управления.

При эксплуатации программного обеспечения систем автоматизированного управления могут возникнуть экологические проблемы, связанные с использованием электронных устройств, их утилизацией, а также потенциальными сбоями в функционировании, которые могут приводить к экологически опасным событиям на объекте.

Примерами потенциальных сбоев:

1. Неисправности оборудования:

Сбой в работе датчиков давления, что приводит к неправильной оценке текущего состояния системы и неправильному расходу. Это может привести

к разрыву теплосети на самой ТЭЦ либо к порывам в городе, что прервёт жизненно важный технологический процесс.

Для предотвращения возможной неисправности оборудования предлагается использовать активное резервирование – при отказе одного из элементов автоматики установки, в работу будет включаться резервный элемент. Реализация данного алгоритма программным методом будет происходить в ручном режиме с панели управления, чтобы не создавать ложных сигналов по срабатыванию первого датчика. Данное действие должно производиться оператором при индикации физического обрыва или обрыва по сети передачи данных.

2. Программные ошибки:

Ошибка в алгоритме автоматического отключения оборудования при обнаружении аварийной ситуации, из-за чего система так же останавливает технологический процесс.

С целью предотвращения возможных ошибок и недоработок в программном обеспечении установок, перед вводом их в эксплуатацию проводятся контурные тестирования и функциональные испытания.

3. Кибер-атаки:

Автоматизированные системы управления могут быть подвергнуты несанкционированному входу или взлому злоумышленниками, которые могут изменять параметры работы оборудования или отключать системы безопасности.

Для защиты программного обеспечения и оборудования, используются специальные операционные системы, многошаговая аутентификация, так же доступ к ПО и оборудованию предоставляется только по надежному ключу доступа, который в свою очередь находится у ответственных лиц.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполнения работы были решены следующие задачи:

- изучен объект автоматизации

На первом этапе была проведена всесторонняя оценка объекта автоматизации теплосетевого участка с сетевыми насосами, участвующими в обеспечении подачи теплоносителя. Изучены технологические особенности процесса, функциональные зависимости, а также факторы, влияющие на устойчивость давления и производительность насосного оборудования.

- рассмотрена структура существующей системы управления, выявлены ее недостатки, поставлены задачи ее модернизации

Была проанализирована схема текущей системы управления, реализованная на объекте. В результате анализа выявлены основные недостатки: низкая гибкость системы, высокая энергоёмкость работы насосов при отсутствии частотного регулирования, устаревшие или ограниченные в возможностях элементы управления. На основании проведённого анализа были сформулированы конкретные цели и задачи модернизации системы управления. Основными из них стали: внедрение частотно-регулируемых приводов, реализация гибкого перехода между ручным и автоматическим режимами, повышение точности поддержания давления

- разработана структурная схема автоматизации;
- произведен выбор технических средств автоматизации и разработана принципиальная электрическая схема их соединений;
- разработана электрическая схема соединений
- разработана модель технологического процесса и программа для её автоматического регулирования.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1 REGLAB. Программируемые контроллеры REGUL R500. Системное руководство, [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://reglab.ru/controller/regul_r500.

2 БРУ-7 БРУ-7К1. Руководство по эксплуатации ПРМК.422419.002 РЭ [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://zelaz.ru/files/device /rukovodstvo bru-7.pdf>.

3 ПКП1. Руководство по эксплуатации [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://owen-russia.ru/product/pkp1/>.

4 Высоковольтный преобразователь частоты серии «VEDADRYVE». Руководство по эксплуатации. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://drives.ru/category/vedadrive/>.

5 ГОСТ 19.701–90. Схемы алгоритмов, программ, данных и систем. – Введен. 1991-01-01 – М. : Изд-во стандартов, 1992. – 23 с.

6 ГОСТ 21.404–85. Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах. – Введен. 1986-07-01 – М. : Изд-во стандартов, 1986. – 8 с.

7 Гузеев Б.В., Хакимьянов М.И. Современные промышленные высоковольтные преобразователи частоты для регулирования асинхронных и синхронных двигателей// Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело», 2011, № 3 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.ogbus.ru>.

8 Лазарев Г.Б. Высоковольтные преобразователи для частотно-регулируемого электропривода. Построение различных систем // Новости электротехники. 2005. № 2 (32). С. 30-36. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.news.elteh.ru/arh/2005/32/10.php>.

9 Задвижка с электроприводом фланцевая чугунная 30ч906бр (ду 300). Руководство по эксплуатации [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://rosarm.su/zadvizhka-s-elektroprivodom-flancevaya-chugunnaya-30ch906br-du-300>

10 Мухамадеев А.Р. Преобразователи частоты и устройства плавного пуска для электроприводов переменного тока // Энергетика Татарстана. 2010. № 17. С. 44-53.

11 Народницкий А.Г. Частотно регулируемые приводы и энергораспределительные системы // Цемент и его применение. 2008. № 4. С. 38-41.

12 ГОСТ 36.13–90. Щиты и пульты систем автоматизации технологических процессов. – Введен. 1991-01-01 – М. : Изд-во стандартов, 1990. – 53 с.

15 Датчик давления DMP 300. Техническое описание и инструкция по эксплуатации [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://rusautomation.ru/catalog/s/datchiki_davleniya_dmp_331/

16 Пускатель бесконтактный реверсивный ПБР-ЗИК-4. Руководство по эксплуатации [Электронный ресурс]. Режим доступа: www.zeim.ru/production/docs/d/13389.pdf.

17 Сайт компании 3S-Smart Software Solutions GmbH & CODESYS/
<https://www.codesys.com/>.

18 Сайт компании ООО Промэнерго Автоматика Авторизованный дистрибьютор Siemens в России <https://www.siemens-pro.ru/soft/tia-portal.html>.

19 Сайт компании ООО «ОВЕН» [Электронный ресурс]: каталог продукции. Режим доступа: [http:// ww.owen.ru](http://ww.owen.ru).

20 ГОСТ 12.0.003–2015. Система стандартов безопасности труда. Опасности производственные. Классификация. Общие требования. – Взамен ГОСТ 12.0.003–74 ; введен. 2016-07-01 – М. : Изд-во стандартов, 2015. – 12 с.

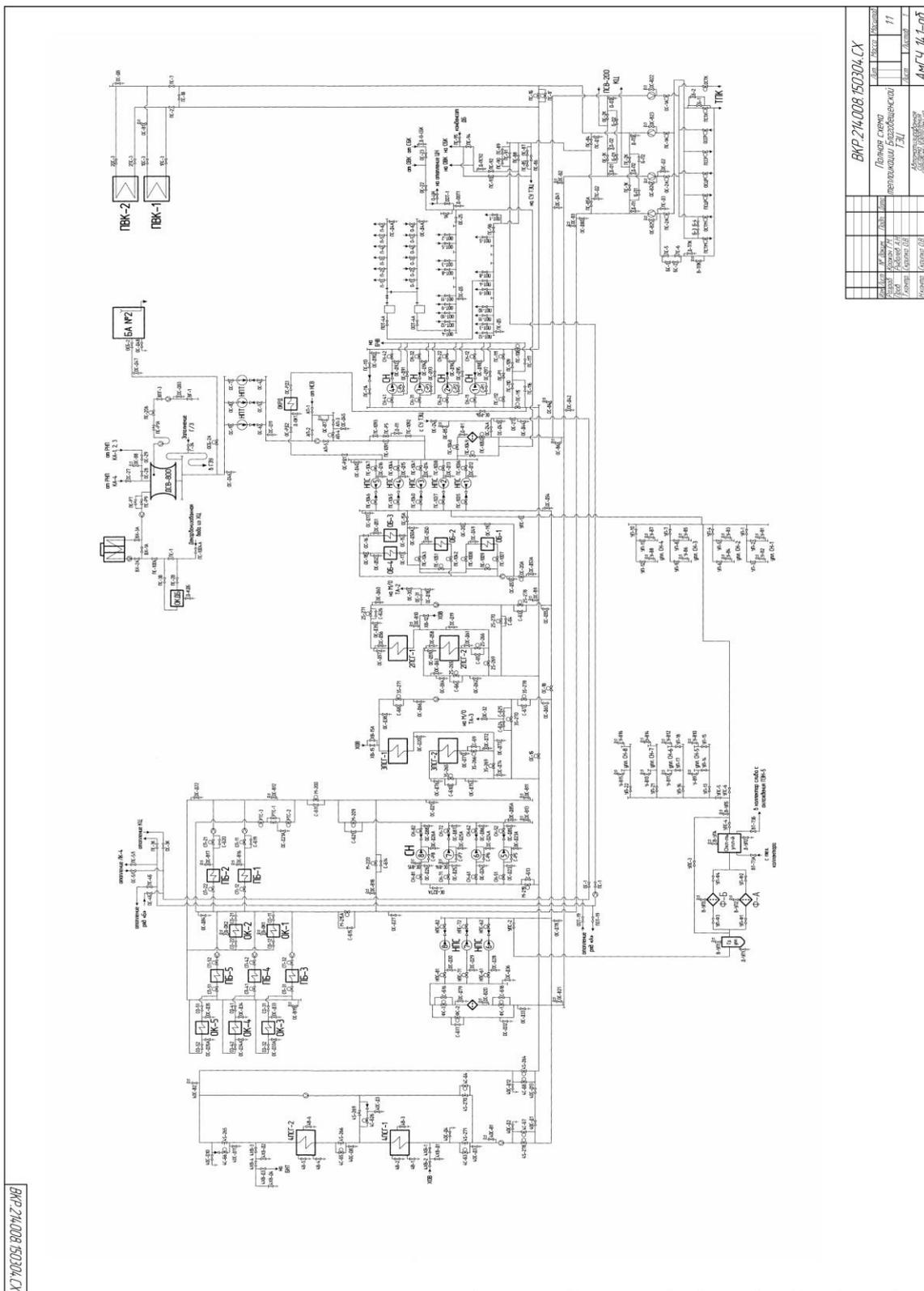
21 Шкердин Д.Г. Преобразователи частоты в энергосберегающем приводе насосов // Водоснабжение и санитарная техника. 2004. №7. С. 29-32.

22 ГОСТ 12.1.007–76. ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности. – Введен. 1977-01-01 – М. : Изд-во стандартов, 1976. – 20 с.

23 СП 112.13330.2011. Свод правил. Пожарная безопасность зданий и сооружений. – Взамен СНиП 21-01–97 ; введен. 2011-05-20 – М. : Минрегион России, 2011. – 94 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Полная схема теплофикации

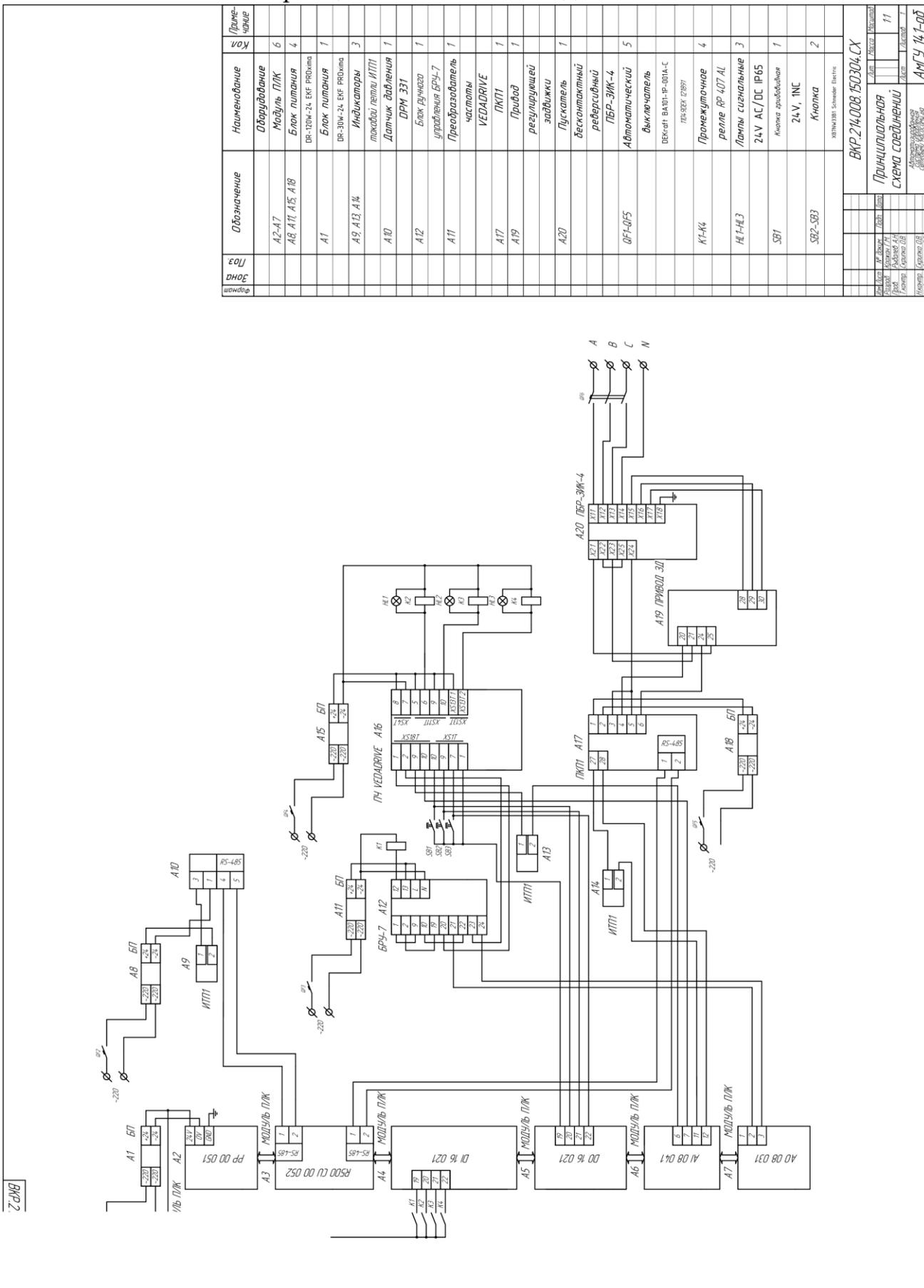


ВКР 214.008.152304.СХ

ВКР 214.008.152304.СХ	
Лист	11
Исполнитель	АМУС 14-1-08
Проверенный	
Утвержденный	
Дата	
Исполнитель	АМУС 14-1-08
Проверенный	
Утвержденный	
Дата	

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Принципиальная схема соединений



Зона	Обозначение	Наименование	Кол	Примечание
	A2-A7	Оборудование	6	
	A8, A11, A15, A18	Модуль ПЛК	4	
	A1	Блок питания	1	
	A9, A13, A14	Индикаторы	3	
	A10	Датчик давления	1	
	A12	Блок ручного управления БРЧ-7	1	
	A11	Преобразователь частоты	1	
	A17	ПЛК1	1	
	A19	Привод регулирующей задвижки	1	
	A20	Пускатель бесконтактный реверсивный ПБР-ЭЖ-4	1	
	БРЧ-015	Автоматический выключатель	5	
	К1-К4	Промежуточные реле РР 407 А1	4	
	ИЛ-ИЛ3	Лампы сигнальные 24V AC/DC IP65	3	
	SB1	Кнопка аварийная	1	
	SB2-SB3	24V, INC Кнопка	2	
		ХВТМ333 Сигналы Выход		
		ВКР-214-008150304.СХ		

Исполнитель	Проверено	Дата
И.И.И.	И.И.И.	И.И.И.

Принципиальная
схема соединений

АМГУ 141-00

ПРИЛОЖЕНИЕ В Имитация системы управления

ВКР 214.008.150304.В0

ВКР 214.008.150304.В0		Лист	Масштаб
Проект	Исполнение	Лист	Листов
Имя Лист	№ докум.	Лист	Листов
Исполн.	Проверен.	Лист	Листов
Исполн.	Проверен.	Лист	Листов
Исполн.	Проверен.	Лист	Листов
Исполн.	Проверен.	Лист	Листов
Проект		Исполнение	
Имитация системы управления		Имитация системы управления	
Автоматизированная система управления		Автоматизированная система управления	
СЕРВИС		СЕРВИС	
ВЕРСИЯ		ВЕРСИЯ	
АМГУ 14.1-00		АМГУ 14.1-00	

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Программа CONTROL (Управление)

```
PROGRAM CONTROL
VAR
    ZD1:ZD_CONTROL;
    PIDreg:PID;
    ref:REAL:=100;
    yman:REAL;
    man:BOOL;
END_VAR

(*РЕГУЛИРОВАНИЕ*)
yman:=(pch1_freq*zd1_poz )/100;
man:=pch1_normal AND pch1_auto_mode AND
pch1_do_auto_mode_from_scada;
(*man:=man OR (pch2_normal AND pch2_auto_mode AND
pch2_do_auto_mode_from_scada);*)
man:=man OR (pch1_dir_mode AND zd1_auto_mode AND
zd1_do_auto_mode_from_scada);
(*man:=man OR (pch2_dir_mode AND na2_auto_mode AND
na2_do_auto_mode_from_scada);*)
man:= NOT man;
PIDreg(ACTUAL:=preas, SET_POINT:=zadanie,KP:=0.1,TN:=10,TV:=0,
Y_MANUAL:=yman,Y_OFFSET:=55,Y_MIN:=0, Y_MAX:=100,MANUAL:=man);
ref:=PIDreg.Y;

(*ЗАПИСЬ В SCADA*)
pch1_reg_mode_to_scada:=pch1_reg_mode;
pch1_dir_mode_to_scada:=pch1_dir_mode;
pch1_auto_mode_to_scada:=pch1_auto_mode;
pch1_normal_to_scada:=pch1_normal;
pch1_alarm_to_scada:=pch1_alarm;
pch1_fail_to_scada:=pch1_fail;
pch1_freq_to_scada:=pch1_freq;
pch1_ref_freq_to_scada:=pch1_ref_freq_real;
zadanie:=zadanie_from_scada;

zd1_closed_to_scada:=zd1_closed;
zd1_opened_to_scada:=zd1_opened;
zd1_poz_to_scada:=zd1_poz;
zd1_auto_mode_to_scada:=zd1_auto_mode;

preas_to_scada:=preas;

(*ЧТЕНИЕ ИЗ SCADA И ВЫПОЛНЕНИЕ*)
pch1_do_stop:=pch1_do_stop_from_scada;
pch1_do_reg_mode:=pch1_do_reg_mode_from_scada AND pch1_auto_mode;
pch1_do_dir_mode:=pch1_do_dir_mode_from_scada AND zd1_auto_mode;
```

```

(*Управление направляющими аппаратами*)
IF pch1_normal AND zd1_auto_mode AND zd1_do_auto_mode_from_scada
AND pch1_auto_mode AND pch1_do_auto_mode_from_scada THEN
    (*уход на 100%*)
    ZD1(zd_ref_poz:=101, zd_poz:=zd1_poz, dead_zone:=0.4, mini-
mal_time:=T#500ms, zd_opened:=zd1_opened, zd_closed:=zd1_closed);
    zd1_open:=ZD1.open;
    zd1_close:=ZD1.close;
ELSIF pch1_dir_mode AND zd1_auto_mode AND
zd1_do_auto_mode_from_scada THEN
    (*автоматическое регулирование*)
    ZD1(zd_ref_poz:=ref, zd_poz:=zd1_poz, dead_zone:=0.4, mini-
mal_time:=T#500ms, zd_opened:=zd1_opened, zd_closed:=zd1_closed);
    zd1_open:=ZD1.open;
    zd1_close:=ZD1.close;
ELSIF zd1_auto_mode AND NOT zd1_do_auto_mode_from_scada THEN
    (*ручное управление из SCADA*)
    ZD1(zd_ref_poz:=zd1_poz, zd_poz:=zd1_poz, dead_zone:=0.4, mini-
mal_time:=T#500ms, zd_opened:=zd1_opened, zd_closed:=zd1_closed);
    zd1_open:=zd1_open_from_scada;
    zd1_close:=zd1_close_from_scada;
ELSE
    (*местное управление*)
    ZD1(zd_ref_poz:=zd1_poz, zd_poz:=zd1_poz, dead_zone:=0.4, mini-
mal_time:=T#500ms, zd_opened:=zd1_opened, zd_closed:=zd1_closed);
    zd1_open:=FALSE;
    zd1_close:=FALSE;
END_IF

IF pch1_auto_mode AND pch1_do_auto_mode_from_scada THEN
    (*автоматическое регулирование*)
    pch1_ref_freq:=ref;
ELSIF pch1_auto_mode AND NOT pch1_do_auto_mode_from_scada THEN
    (*ручное управление из SCADA*)
    IF pch1_ref_freq_plus_from_scada THEN
        pch1_ref_freq:=pch1_ref_freq_real +0.2; IF pch1_ref_freq
> 100 THEN pch1_ref_freq:=100; END_IF
    ELSIF pch1_ref_freq_minus_from_scada THEN
        pch1_ref_freq:=pch1_ref_freq_real -0.2; IF pch1_ref_freq
< 0 THEN pch1_ref_freq:=0; END_IF
    ELSE
        pch1_ref_freq:=pch1_ref_freq_real;
    END_IF
ELSE
    (*местное управление*)
    pch1_ref_freq:=pch1_ref_freq_real;
END_IF

```

ПРИЛОЖЕНИЕ Д

Программа MODEL (Модель аппаратуры)

```
PROGRAM MODEL
VAR
    (*ЩИТ УПРАВЛЕНИЯ*)
    HL1, HL2:BOOL; (*индикация разреза - норма, выход за пре-
делы*)
    SB1, SB3: BOOL; (*кнопки остановки преобразователей*)
    K1, K4:BOOL; (*реле остановки преобразователей*)

    SB2:BOOL; (*кнопка с подсветкой перевода ПЧ1 в регулирующий
режим*)
    K3_HL3:BOOL; (*реле, лампа перевода ПЧ1 в регулирующий режим*)
    K2:BOOL; (*реле команды перевода ПЧ1 в регулирующий режим*)

    SB5:BOOL; (*кнопка с подсветкой перевода ПЧ1 в прямой режим*)
    K8_HL5:BOOL; (*реле, лампа перевода ПЧ1 в прямой режим*)
    K7:BOOL; (*реле команды перевода ПЧ1 в прямой режим*)

    K11_HL7:BOOL; (*реле, лампа HA1 закрыт*)
    K12_HL8:BOOL; (*реле, лампа HA1 открыт*)

    K13_HL9:BOOL; (*реле, лампа ПЧ1 в работе*)
    K14_HL10:BOOL; (*реле, лампа ПЧ1 неисправность*)
    K15_HL11:BOOL; (*реле, лампа ПЧ1 авария*)

    bu21_1_auto:BOOL:=FALSE;
    bu21_1_close, bu21_1_open, bu21_1_closing, bu21_1_open-
ing:BOOL;

    bru7_1_disp:REAL;
    bru7_1_man:REAL:=53;
    bru7_1_auto:BOOL:=FALSE;

    pch1: PCH;
    zd1:ZD;
    ts1:TS;
    TP:tep1;
    (*Имитация неисправностей и отказов ПЧ*)
    Qv:REAL:=50;
    pch1_do_alarm, pch1_do_fail(*, pch2_do_alarm,
pch2_do_fail*):BOOL;

END_VAR

IF preas < 2.95 AND preas > 3.05 THEN
    HL1:=TRUE;
    HL2:=FALSE;
ELSE
```

```

        HL2:=TRUE;
        HL1:=FALSE;
END_IF
IF bu21_1_auto THEN
    zd1_auto_mode:=TRUE;
    bu21_1_closing:=zd1_close AND NOT zd1_open;
    bu21_1_opening:=zd1_open AND NOT zd1_close;
ELSE
    zd1_auto_mode:=FALSE;
    bu21_1_closing:=bu21_1_close AND NOT bu21_1_open;
    bu21_1_opening:=bu21_1_open AND NOT bu21_1_close;
END_IF
IF bru7_1_auto THEN
    pch1_auto_mode:=TRUE;
    bru7_1_disp:=pch1_ref_freq;
    bru7_1_man:=pch1_ref_freq;
ELSE
    pch1_auto_mode:=FALSE;
    bru7_1_disp:=bru7_1_man;
END_IF

pch1_ref_freq_real:=bru7_1_disp;

pch1(ref_freq:=bru7_1_disp, do_reg_mode:=K2, do_dir_mode:=K7,
stop:=K1, do_alarm:=pch1_do_alarm, do_fail:=pch1_do_fail);
pch1_freq:=pch1.freq;

zd1(open:=bu21_1_opening, close:=bu21_1_closing);
zd1_poz:=zd1.Pol;

K1:= SB1 OR pch1_do_stop;
K2:= SB2 OR (pch1_do_reg_mode AND bru7_1_auto);
K3_HL3:=pch1.reg_mode; pch1_reg_mode:=K3_HL3;

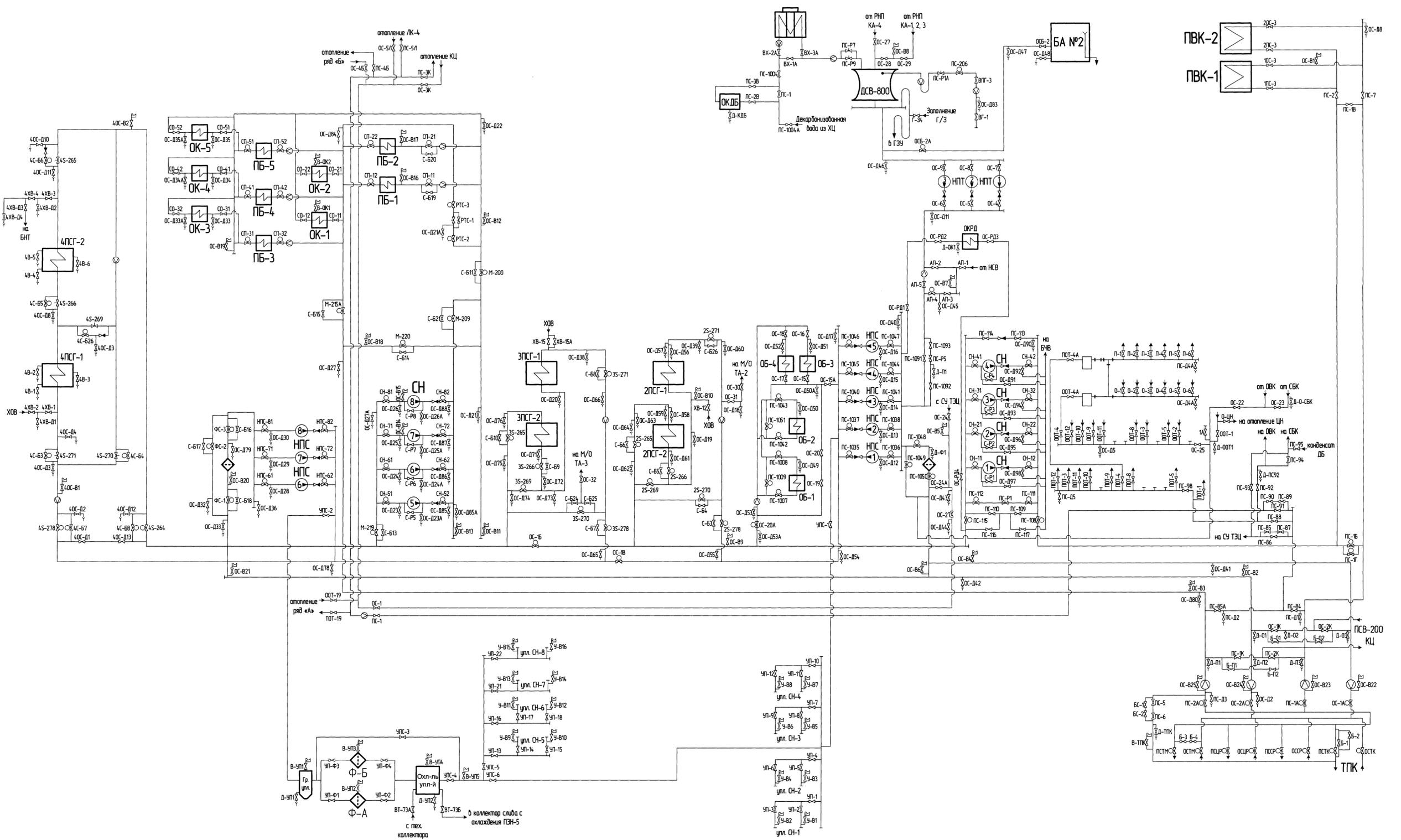
K7:= SB5 OR (pch1_do_dir_mode AND bu21_1_auto);
K8_HL5:=pch1.dir_mode; pch1_dir_mode:=K8_HL5;

K11_HL7:=zd1.cl_ed; zd1_closed:=K11_HL7;
K12_HL8:=zd1.op_ed; zd1_opened:=K12_HL8;
K13_HL9:=pch1.normal; pch1_normal:=K13_HL9;
K14_HL10:=pch1.alarm; pch1_alarm:=K14_HL10;
K15_HL11:=pch1.fail; pch1_fail:=K15_HL11;

ts1(freq:=pch1.freq, zd_poz:=zd1.Pol);

tp(Qts1:=ts1.Q, Qv:=Qv);
preas:=tp.P;

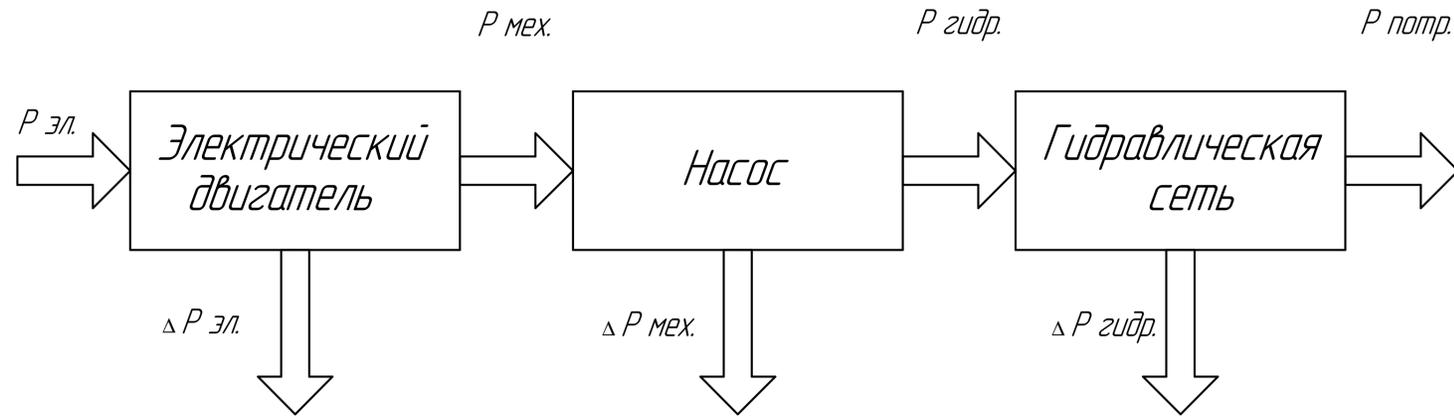
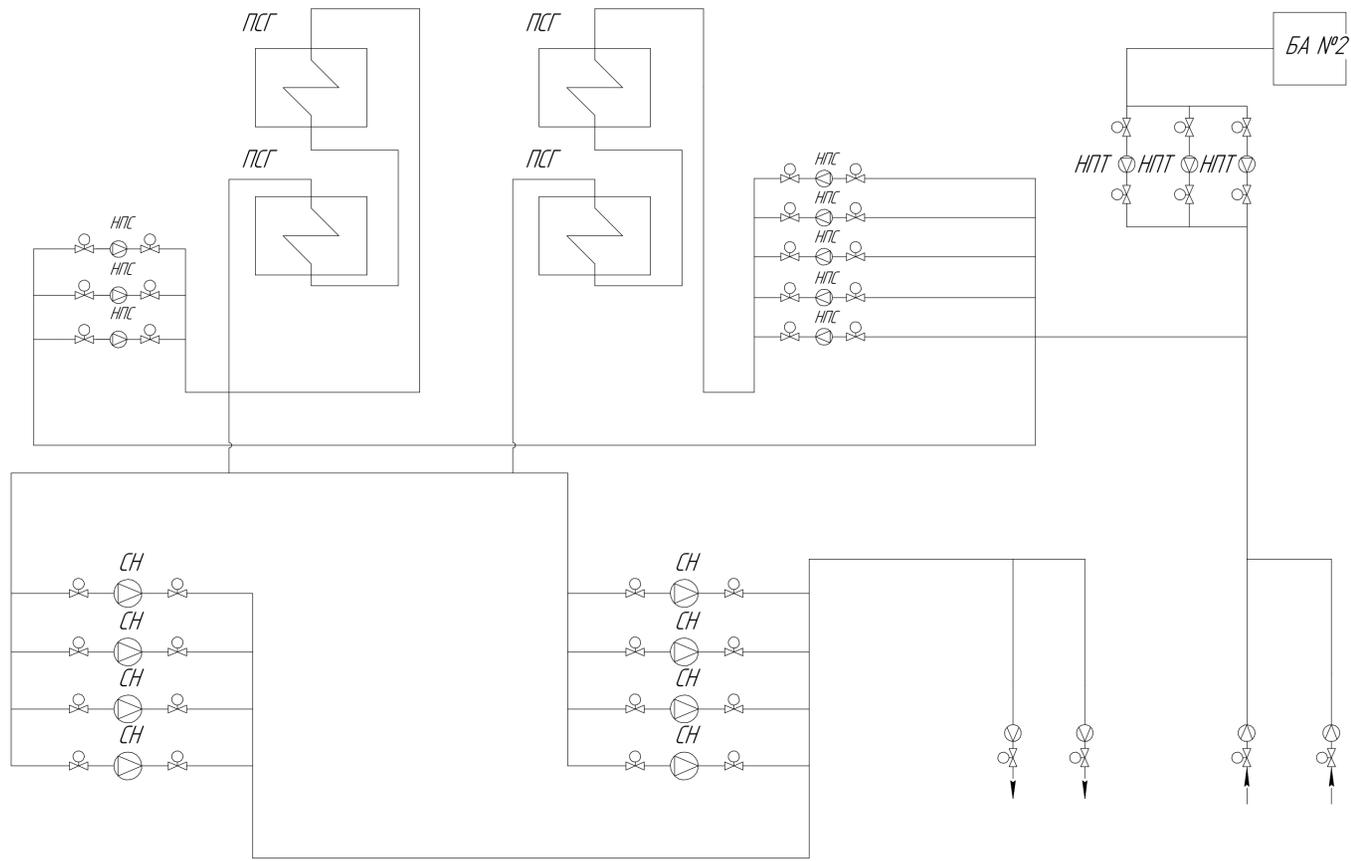
```



Лист 1 из 1
 Дата: 2014.08.15
 Проект: ВКР.214.008.150304.СХ

ВКР.214.008.150304.СХ				Лит. Масса Масштаб		
Полная схема теплофикации Благодещенской ТЭЦ				у		1:1
Автоматизированная система управления сетевыми насосами на Благодещенской ТЭЦ				Лист	Листов 1	
Изм. Лист	№ докум.	Подп.	Дата			
Разраб.	Корожан Г.М.		20.08.14			
Проб.	Рыбалев А.Н.		20.08.14			
Т.контр.	Рыбалев А.Н.		20.08.14			
Исполн.	Скрипка О.В.		21.08.14			
Утв.	Скрипка О.В.		21.08.14			
Копирован				Формат А1		

СХЕМА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА



Марка насоса	Мощность кВт	Частота вращения об/мин	Производительность
СЭ 2500-180-8	1600	3000	2500

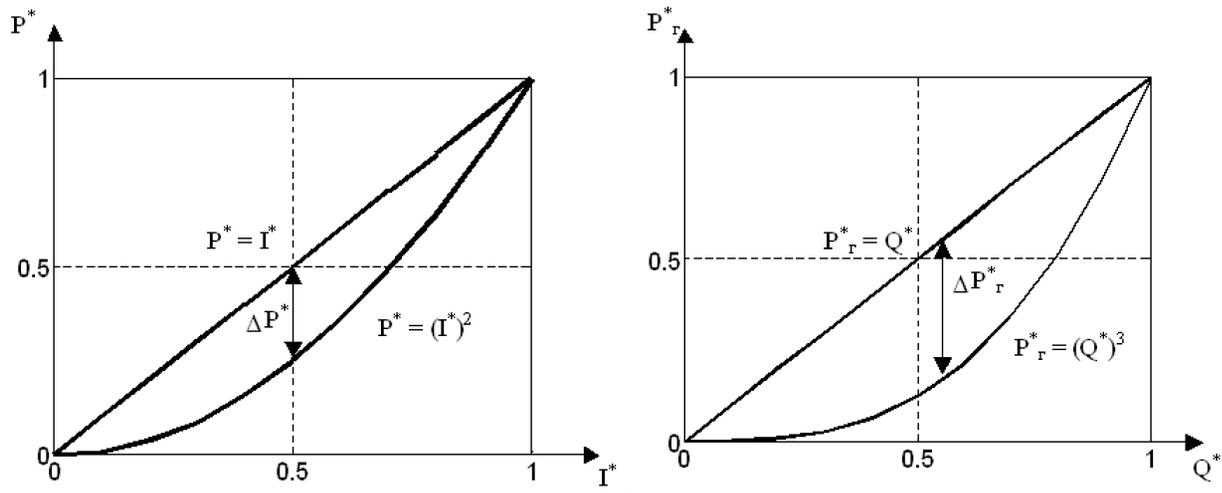
ОБЪЕКТ АВТОМАТИЗАЦИИ



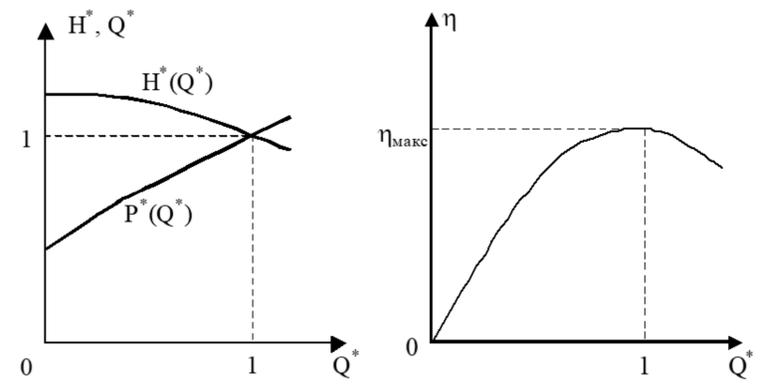
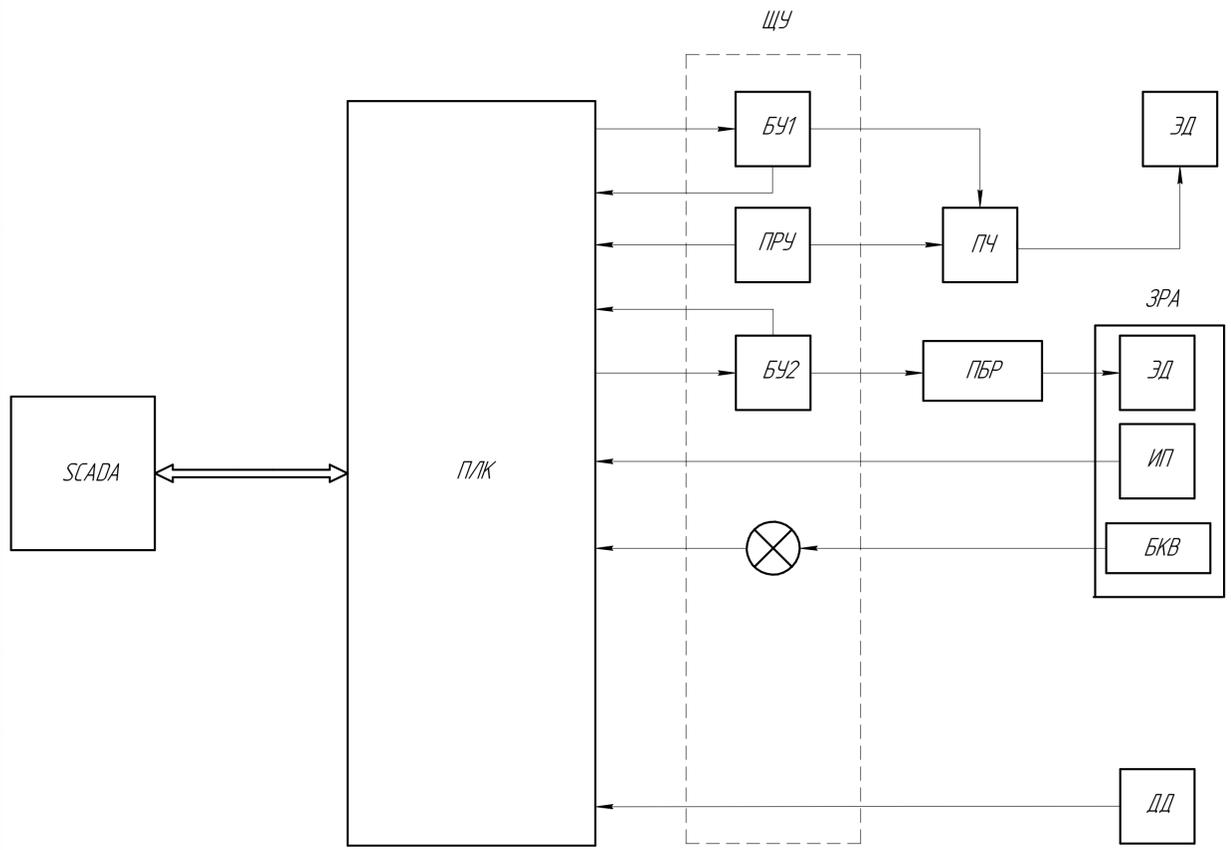
Технич. характеристики двигателя	Величина
СЭ 2500-180-8	2500
Частота вращения об/мин	2950
Мощность кВт	1600
Напряжение кВ	6

Лист 1 из 1
 Дата: 20.08.2014
 Проект: Рыбалов А.Н.
 Проверка: Рыбалов А.Н.
 Инженер: Скрипка О.В.
 Утверждение: Скрипка О.В.

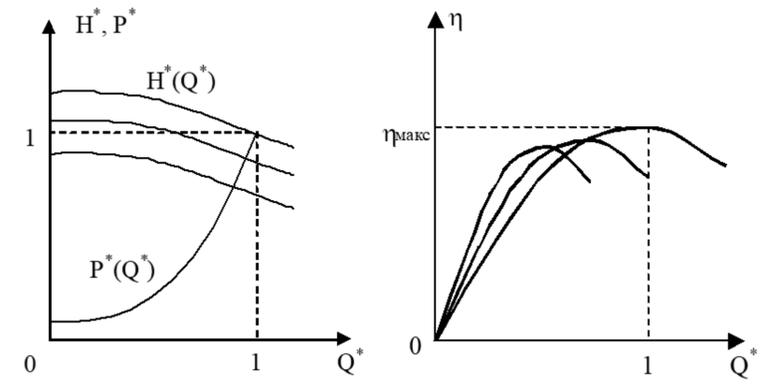
ВКР.214.008.150304.В0				Лист	Масштаб
Изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	1:1
Разраб.	Корожан Г.М.	20.08			
Проб.	Рыбалов А.Н.	20.08			
Т.контр.	Рыбалов А.Н.	20.08			
Инженер	Скрипка О.В.	20.08			
Утв.	Скрипка О.В.	20.08			
Схема технологического процесса					Лист 1 из 1
Автоматизированная система управления сетевыми насосами на близлежащей ТЭЦ					АМГУ 14-08
Копировал					Формат А1



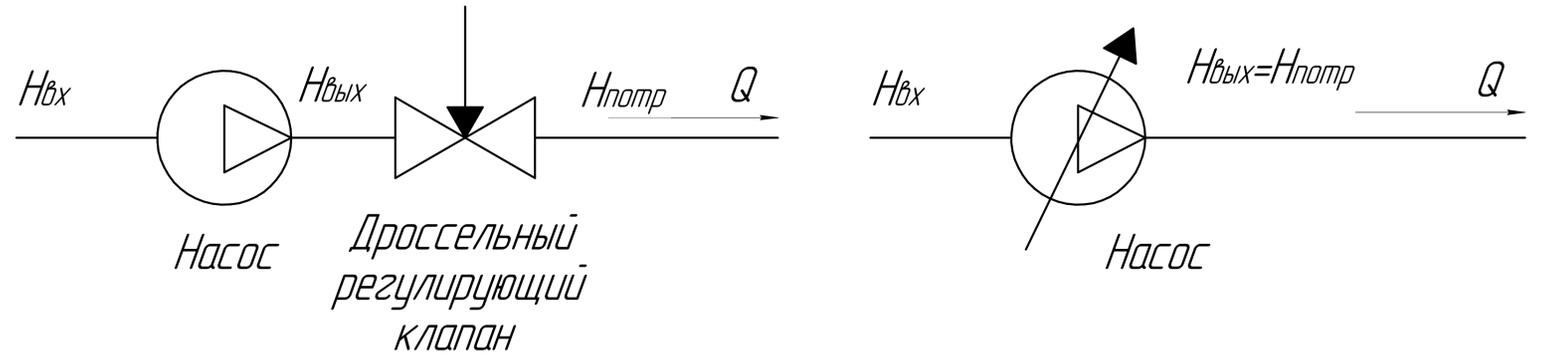
Снижение потребляемой мощности
СТРУКТУРНАЯ СХЕМА



Характеристики насоса при неизменной частоте



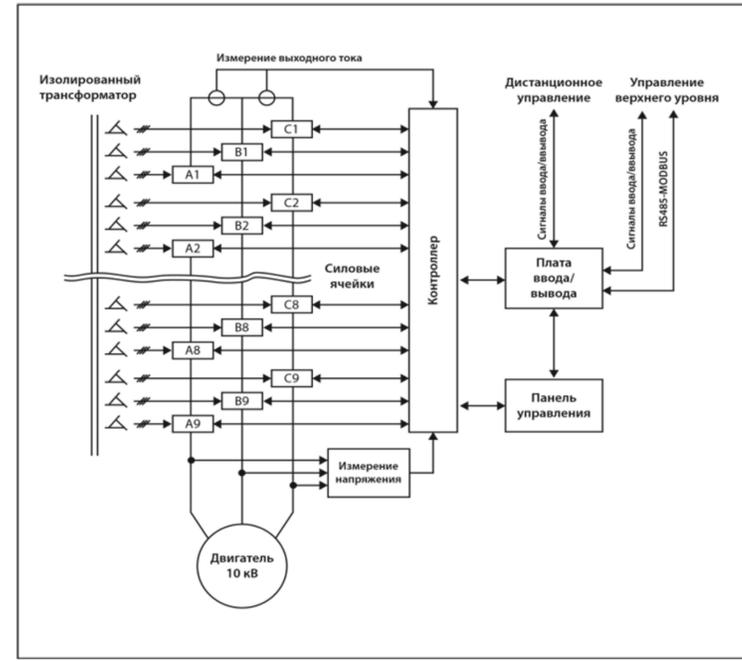
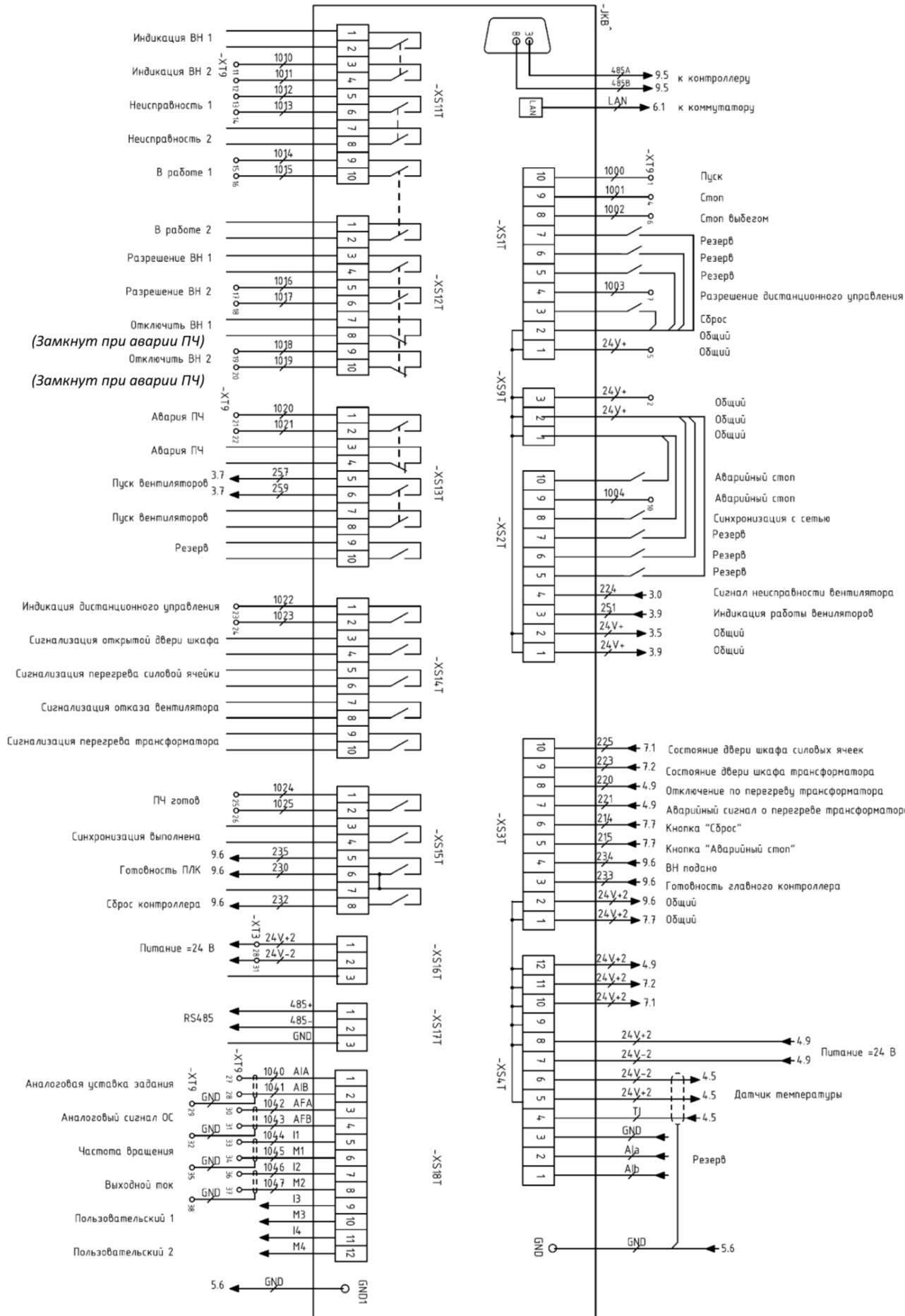
Характеристики насоса при частотном регулировании



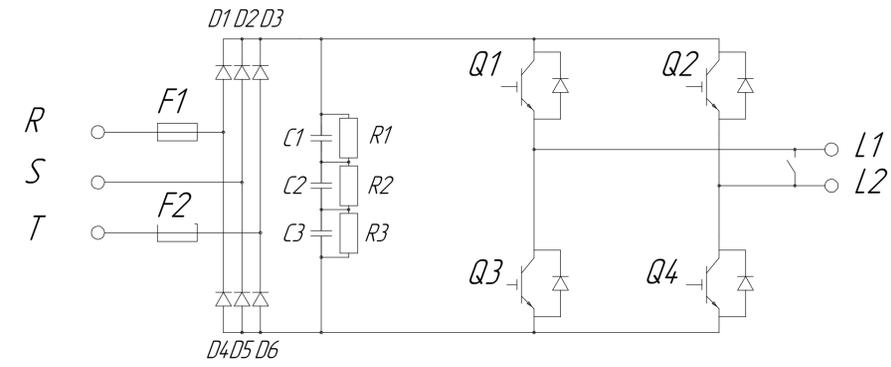
ВКР.214.008.150304.В0				Лист	Масса	Масштаб		
Изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Структурная схема			
Разраб.	Корожан Г.М.			20.03		1:1		
Проб.	Рыбалев А.Н.			20.04				
Т.контр.	Рыбалев А.Н.			20.04				
Исполн.	Скрипка О.В.			21.06				
Утв.	Скрипка О.В.			21.06				
Автоматизированная система управления сетевыми насосами на Владимирской ТЭЦ						Лист	Листов	1
Копировал						АМГУ 14-08		
						Формат А1		

Листов. №. Изм. №. Дата. Подп. и дата. Подп. и дата. Подп. и дата.

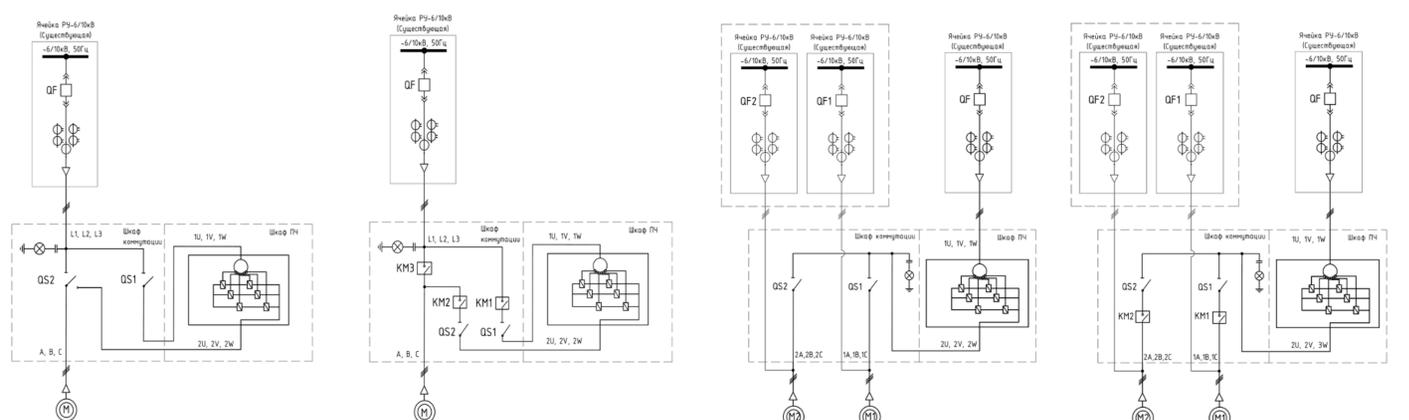
Схема цепей управления преобразователя



Структурная схема преобразователя



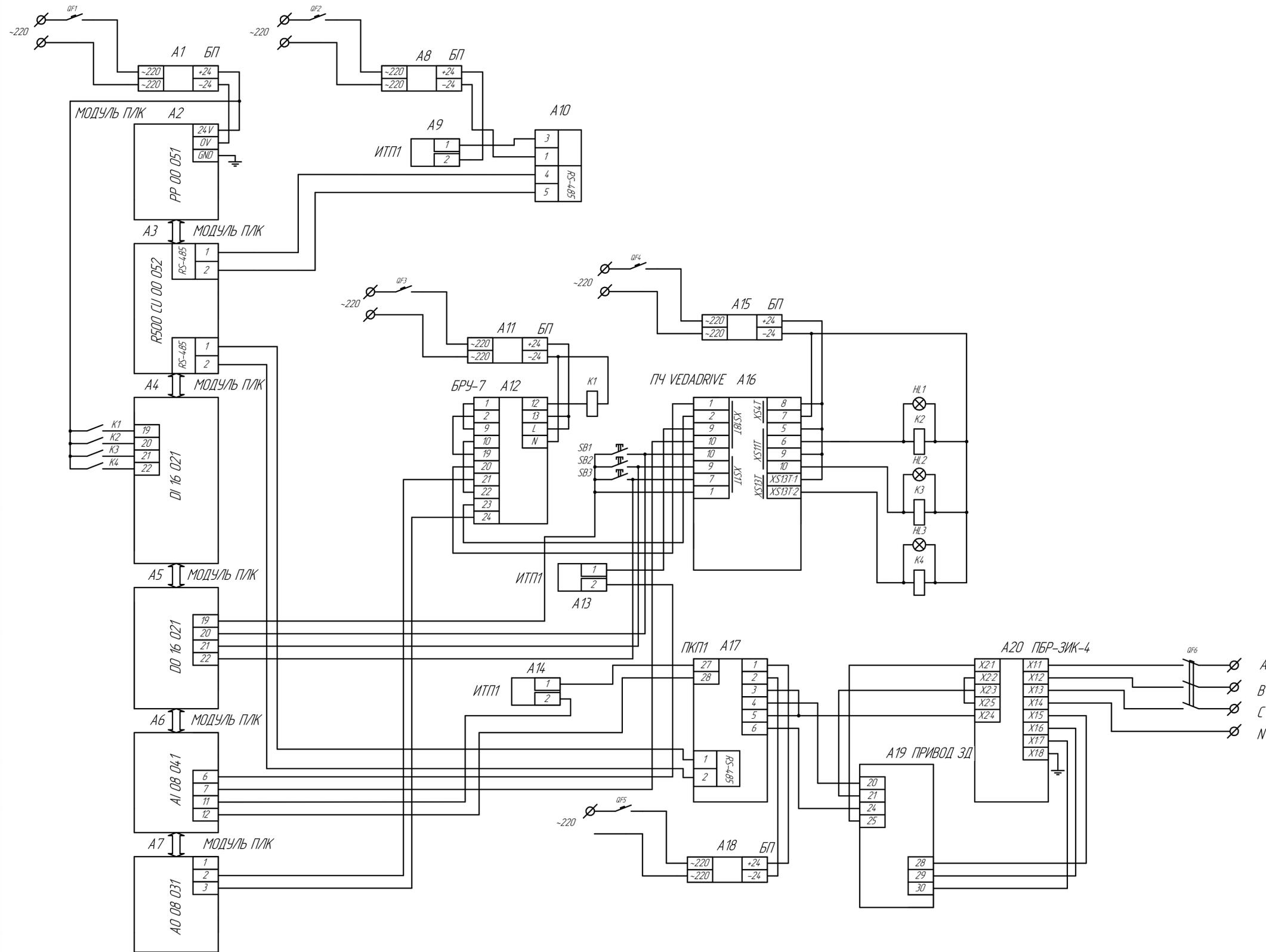
Электрическая схема силовой ячейки



Схемы ручного и автоматического байпасса

Схемы переключения рабочий - резервный, ручной и автоматический

ВКР.214.008.150304.В0				Лист	Масса	Масштаб
Преобразователь частоты				1/1		
Изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	1:1	
Разраб.		Корожан Г.М.		20.08		
Проб.		Рыбалев А.Н.		20.08		
Т.контр.		Рыбалев А.Н.		20.08		
Исполн.		Скрипка О.В.		21.08		
Утв.		Скрипка О.В.		21.08		
Автоматизированная система управления световыми рисками на блочной ТЭЦ				Лист 1/1		
Копировал				Формат А1		



Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				Оборудование		
			A2-A7	Модуль ПЛК	6	
			A8, A11, A15, A18	Блок питания	4	
				DR-120W-24 EKF PROxima		
			A1	Блок питания	1	
				DR-30W-24 EKF PROxima		
			A9, A13, A14	Индикаторы	3	
				токаовой петли ИТП1		
			A10	Датчик давления	1	
				ДРМ 331		
			A12	Блок ручного управления БРЧ-7	1	
			A11	Преобразователь частоты VEDADRIVE	1	
			A17	ПКП1	1	
			A19	Привод регулирующей задвижки	1	
			A20	Пускатель бесконтактный реверсивный ПБР-ЗИК-4	1	
			QF1-QF5	Автоматический выключатель	5	
				DEKraft BA101-1P-001A-C		
				110490ЕК 121891		
			K1-K4	Промежуточное реле RP 407 AL	4	
			HL1-HL3	Лампы сигнальные 24V AC/DC IP65	3	
			SB1	Кнопка грибовидная 24V, 1NC	1	
			SB2-SB3	Кнопка	2	
				XB7NW33B1 Schneider Electric		

ВКР.214.008.150304.СХ

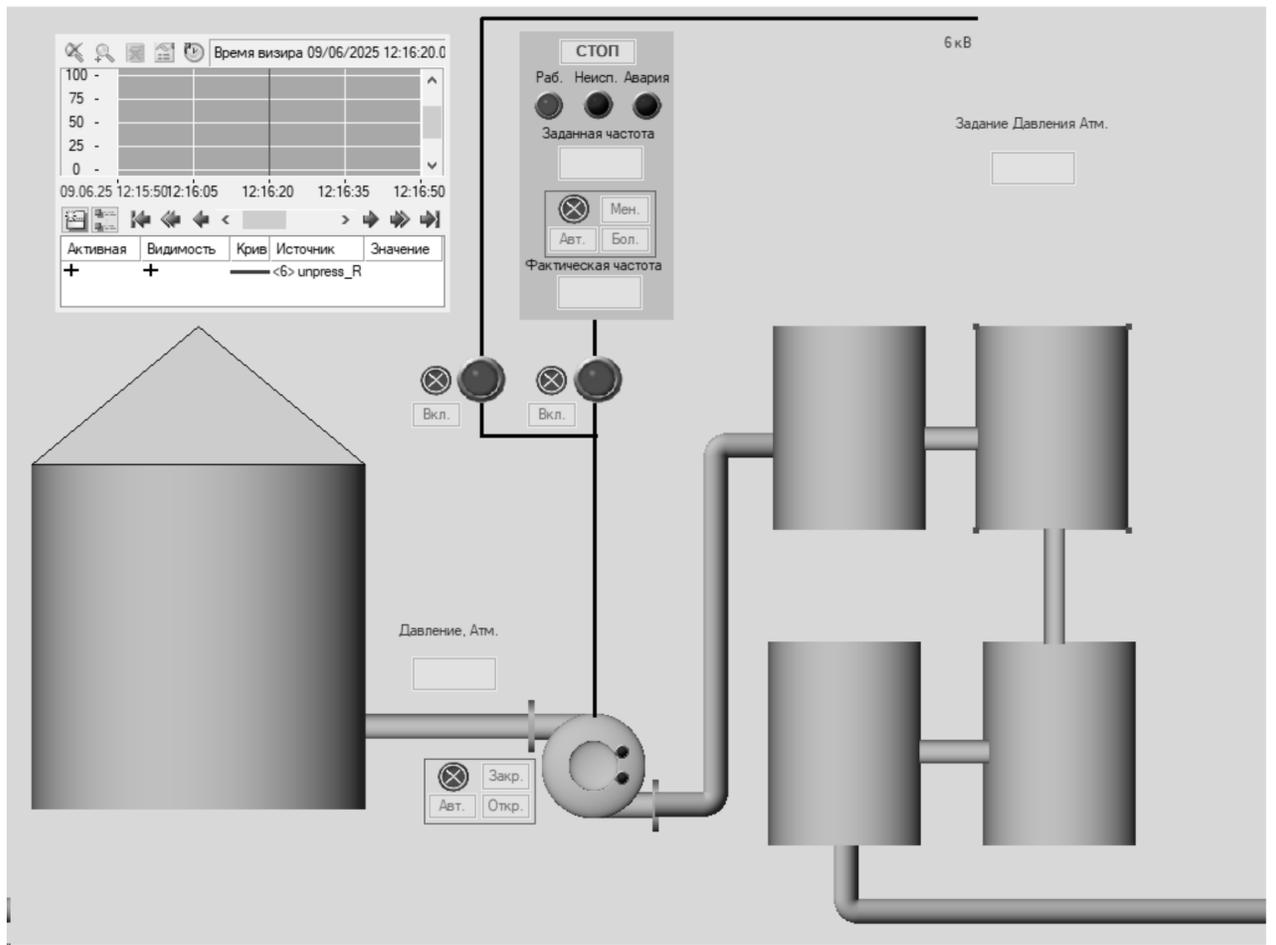
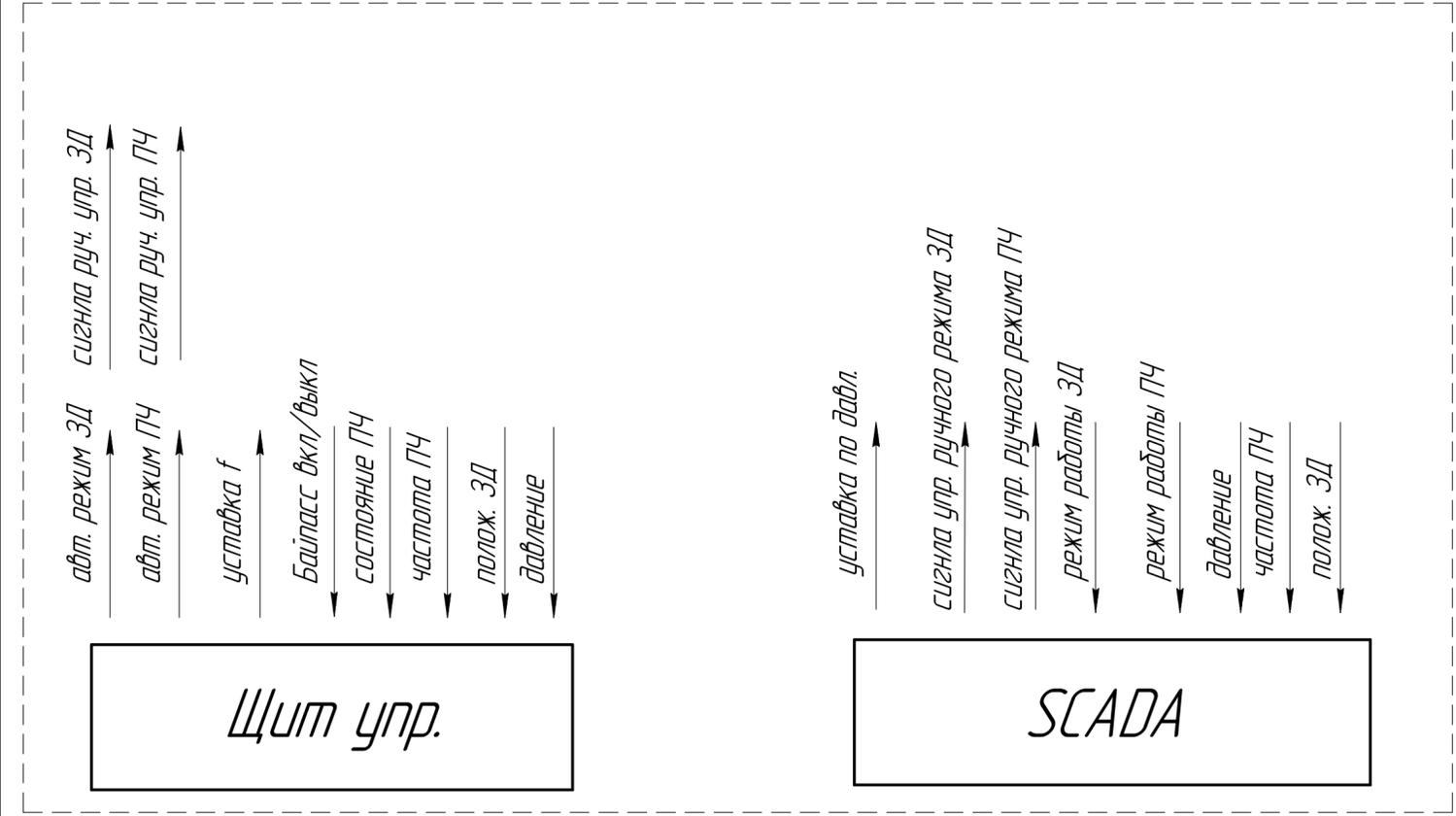
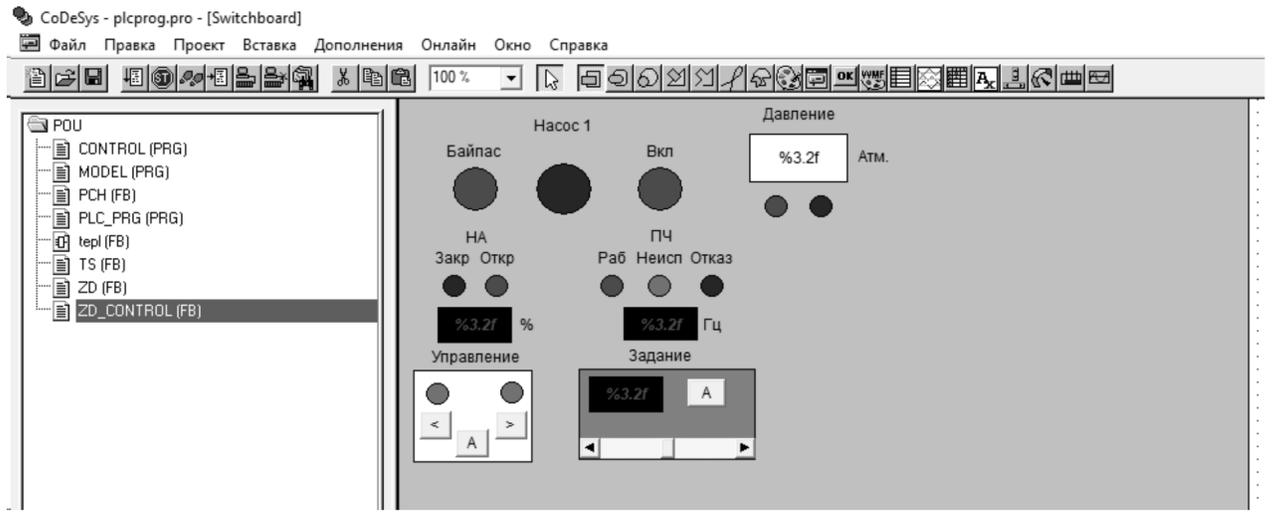
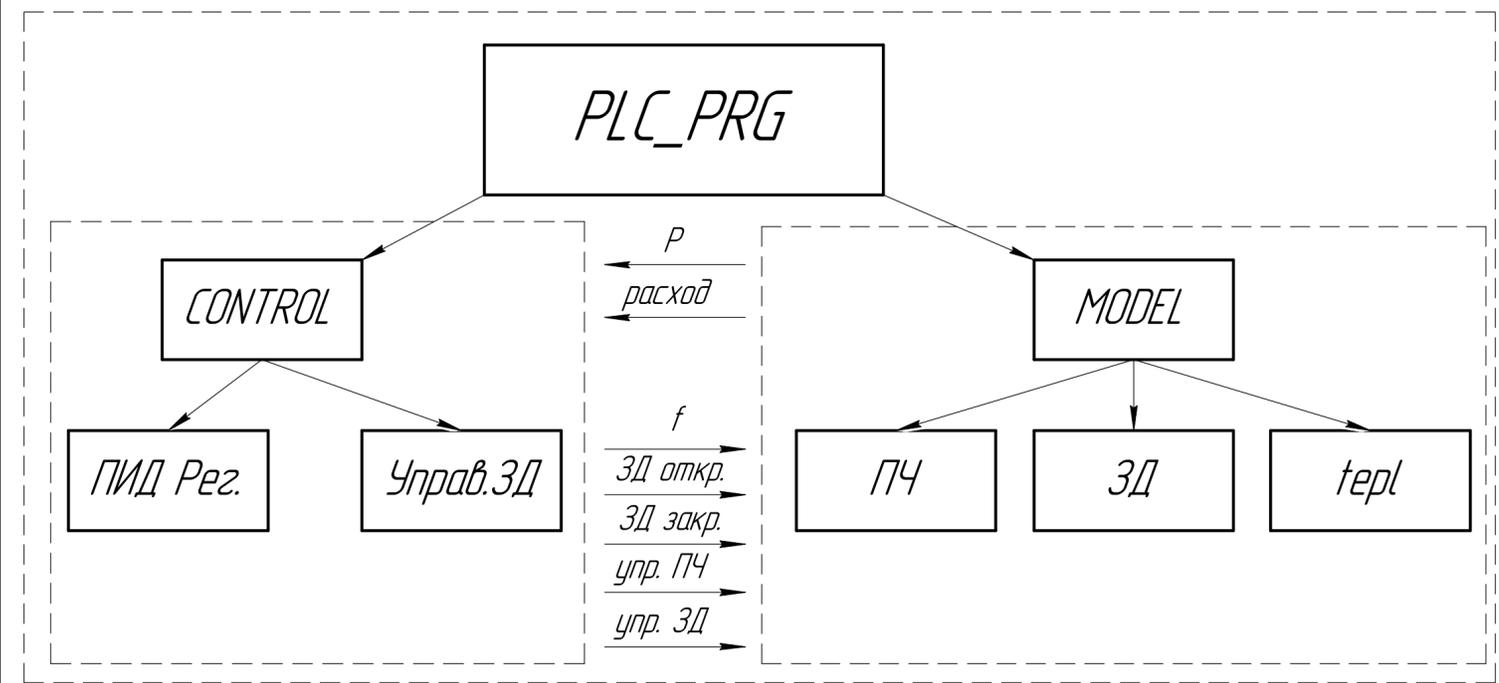
Принципиальная схема соединений

Изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата
Разраб.	Корожан Г.М.			20.03.2015
Проб.	Рыбалев А.Н.			20.03.2015
Т.контр.	Рыбалев А.Н.			20.03.2015
Исполн.	Скрипка О.В.			21.03.2015
Утв.	Скрипка О.В.			21.03.2015

Автоматизированная система управления сетевыми насосами на Близобещенской ТЭЦ

Лист	Масса	Масштаб
		1:1
Лист	Листов	1

АМГУ 14-08



Перв. измен.	Справ. №	Подп. и дата	Инд. № дробл.	Инд. № дробл.	Инд. № дробл.	Инд. № дробл.

ВКР.214.008.150304.В0				Лит.	Масса	Масштаб
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
Разраб.		Кражан Г.М.		20.06		1:1
Проб.		Рыбалева А.Н.		20.06		
Т.контр.		Рыбалева А.Н.		20.06		
Н.контр.		Скрипка О.В.		24.06		
Утв.		Скрипка О.В.		24.06		
Прототип имитации системы управления				Лист	Листов	1
Автоматизированная система управления сетевыми насосами на Благовещенской ТЭЦ				АМГУ 141-об		
Копировал				Формат А2		