

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт энергетики и электротехники

(наименование института полностью)

Кафедра « Промышленная электроника »

(наименование кафедры)

27.03.04 Управление в технических системах

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Системы и технические средства автоматизации и управления

(направленность (профиль)/специализация)

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему Автоматизированная система диспетчерского контроля насосной станции

Студент

Д.В. Савин

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

Е.С. Глибин

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Консультант

Н.В. Яценко

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Допустить к защите

Заведующий кафедрой

к.т.н., доцент, А.А. Шевцов

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

(личная подпись)

« » 20 г.

Тольятти 2018

Аннотация

Общий объем выполненной бакалаврской работы на тему: «Автоматизированная система диспетчерского контроля насосной станции» составил 51 страниц, используется 8 таблиц, 20 рисунков, библиографических источников – 20. Графическая часть содержит 7 листов формата А1.

Ключевые слова: АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ДИСПЕТЧЕРСКОГО КОНТРОЛЯ, НАСОСНАЯ СТАНЦИЯ.

Бакалаврская работа посвящена теме обеспечения диспетчерского контроля на повышающей насосной станции. Насосные станции являются не очень стабильными инженерными сооружениями, требующими постоянного повышенного контроля, аварии на которых могут повлечь за собой серьезный ущерб.

Целью данной работы является внедрение НМІ панели для контроля работы повышающей насосной станции.

В работе приведены общие сведения о структуре городской водопроводной сети, устройстве насосных станций и типах применяемого оборудования.

Осуществлен анализ и приведены наиболее частные причины аварий и остановок на объектах водопроводного комплекса. Проведен анализ схемы повышающей насосной станции, применяемых датчиков, используемых промышленных сетей и устройства насосной станции.

Разработана структурная схема управляющего шкафа. Осуществлен выбор электронных компонентов для разрабатываемой системы контроля насосной станции. Разработана схема электрических соединений управляющего шкафа и осуществлен выбор среды проектирования программного обеспечения для НМІ панели, разработан алгоритм и спроектировано программное обеспечение.

Abstract

The topic of the given graduation work is Automated dispatching control system of pumping station.

The graduation work consists of an explanatory note on 51 pages, introduction, 20 including 8 figures, tables, the list of references including 20 foreign sources, and the graphic part on 7 A1 sheets.

In the grading work, the dispatch system of the pumping station is described in detail. The purpose of this system is a centralized monitoring, the state of technological parameters and equipment in real time, as well as an operational and visual display on the screens of notification of emergency situations.

First, we consider the technological process of increasing the water pressure at the water supply and raising pumping station. Then we analyze the main causes of accidents and stops at the water supply facilities and analyze the scheme of the raising pump station, the pressure sensors used, the industrial networks used and the pump station equipment.

Great attention is paid to the development of the structural layout of the control cabinet and the selection of electronic components in order to obtain an operator interface that provides all the necessary functions for the design and secure graphical screen forms, reports and scenarios that help operators interact with the monitoring system

In general, the results show that the developed automated dispatch control system of the pumping station increases the operational efficiency and safety of the pumping station.

Содержание

Введение.....	6
1 Рассмотрение технологического процесса повышения давления воды на водопроводной и повышающей насосной станции.....	8
1.1 Понятие насосной станции.....	8
1.2 Повышающие насосные станции и водопроводные насосные станции.....	9
1.3 Типы насосов применяемых на насосных станциях.....	13
2 Анализ основных причин возникновения аварий и остановок на объектах водопроводного комплекса.....	15
2.1 Причины возникновения аварий и остановок.....	15
2.2 Анализ причин возникновения аварий в городской водопроводной сети.....	15
3 Анализ схемы повышающей насосной станции, применяемых датчиков, используемых промышленных сетей и устройства насосной станции.....	18
3.1 Анализ схемы повышающей насосной станции.....	18
3.2 Анализ применяемых датчиков на повышающей насосной станции.....	18
3.3 Анализ используемых промышленных сетей.....	20
3.4 Анализ устройства повышающей насосной станции.....	21
4 Разработка структурной схемы управляющего шкафа.....	25
4.1 Структура автоматизированной системы диспетчерского контроля.....	25

4.2	Описание структуры автоматизированной системы диспетчерского контроля насосной станции.....	27
4.3	Описание структуры Управляющего шкафа.....	27
4.4	Описание принципа работы Управляющего шкафа.....	29
5.	Выбор электронных компонентов разрабатываемой системы контроля насосной станции.....	30
5.1	Разработка системы контроля насосной станции.....	30
6.	Разработка схемы электрических соединений.....	37
7.	Проектирование программного обеспечения НМІ панели.....	39
7.1	Выбор среды проектирования.....	39
7.2	Проектирование программного обеспечения панели оператора.....	40
7.3	Цветовая политика.....	41
7.4	Авария.....	43
7.5	База данных.....	45
7.6	Описание принципа работы разработанного программного обеспечения.....	46
	Заключение.....	48
	Список используемой литературы.....	49

Введение

Вода и водопроводная отрасль в России играет одну из ключевых ролей в жилищно–коммунальном хозяйстве. Одним из самых дешевых способов транспортировки питьевой воды является транспортировка по подземным водопроводам.

Одной из самых крупных компаний в Самарской области, занимающихся транспортировкой питьевой воды является ОАО «ТЕВИС». По состоянию на 2014 год на балансе компании числятся порядка 300 километров водопроводных сетей имея при этом транспортировку 18 миллионов кубических метров питьевой воды в год. С каждым годом потребность в питьевой воде возрастает и требует увеличение транспортируемых объемов питьевой воды, а первую очередь благодаря развитию промышленности.

Насосные станции являются неотъемлемой частью городского хозяйства, поэтому любые аварии и поломки приводящие к нарушению водоснабжения потребителей практически недопустимы.

Учитывая эти факты, можно сказать о том, что обеспечение бесперебойной работы объектов насосного комплекса связано с сохранением привычного образа жизни и здоровья людей, а также уменьшением материального ущерба, принесенного в процессе аварии. Проблема длительного восстановления работы насосной станции и обеспечение бесперебойного контроля работы данных объектов является весьма актуальной.

В данной работе будет улучшен электрошкаф с щитом управления, называемый управляющим шкафом, который будет находиться в помещении повышающей насосной станции. Сигналы, считываемые с датчиков давления и насосного оборудования передаются на центральный контроллер, с частотным регулятором, который передает данные на НМІ панель и в диспетчерскую службу. Центральный контроллер отдает команду на выключение насоса или для всех насосов на станции, так же отключает аварийную остановку для

одного или всех насосов на станции. Применение электрошкафа с индикацией на НМІ панель и автоматизированным управлением позволит значительно уменьшить время простоя повышающей нс в случае возникновения аварийной ситуации, улучшить стабильность работы насосных установок путем круглосуточного диспетчерского контроля.

Задачами, решаемыми в бакалаврской работе, являются:

- рассмотрение технологического процесса повышения давления воды на водопроводной и повышающей насосной станции;
- Анализ основных причин возникновения аварий и остановок на объектах водопроводного комплекса;
- Анализ схемы повышающей нс, применяемых датчиков, используемых промышленных сетей для передачи данных с датчиков, устройство объекта;
- Разработка структурной схемы системы диспетчеризации в составе управляющего шкафа;
- Выбор электронных компонентов разрабатываемой системы контроля насосной станции;
- Разработка схемы электрических соединений;
- Проектирование программного обеспечения НМІ панели.

Итогом проделанной работы является повышение эффективности работы насосной станции путем снижения времени восстановления после аварийной ситуации, за счёт применения автоматизированных средств диспетчерского контроля.

1 Рассмотрение технологического процесса повышения давления воды на водопроводной и повышающей насосной станции

1.1 Понятие насосной станции

Насосная станция – это сложный комплекс инженерных сооружений и оборудования, предназначенного для перекачивания различных жидкостей из одного места в другое путем трубопровода. Для этого насосные станции забирают воду из трубопровода с низким давлением, с помощью насосов повышают давление и подают воду с более высоким давлением в трубопровод. В состав городской водоснабжающей системы входит комплекс сооружений:

- 1) Водопроводная насосная станция первого подъема обеспечивает подачу воды на очистные сооружения из источника водоснабжения и с их помощью вода подается в водонапорные башни или распределительные сети и прочие сооружения если процесс очистки воды не обязателен;
- 2) Водопроводная насосная станция второго подъема обеспечивает подачу воды из резервуаров, наполненных чистой водой в водонапорные башни и распределительные сети;
- 3) Водопроводная насосная станция городской распределяющей сети обеспечивает необходимое давление в городской сети трубопроводов
- 4) Городские сети трубопроводов осуществляют транспортировку и обеспечение зданий и сооружений водой;
- 5) Повышающая насосная станция осуществляет повышение давления в городской водопроводной сети трубопроводов, многоэтажных зданий, находящихся на значительном расстоянии от Водопроводный насосных станции;

Таким образом для подачи питьевой воды потребителям задействуется четыре различных типа насосных станций, отличающихся местом расположения, назначением, мощностью, компоновкой и стратегической важностью.

1.2 Повышающие насосные станции и водопроводные насосные станции

В городской распределяющей сети трубопроводов применяются водопроводные и повышающие насосные станции.

Водопроводная насосная станция находится в самом начале городской распределяющей сети трубопроводов и предназначена для повышения и контроля давления в городской распределяющей сети. В состав основных объектов водопроводной насосной станции входят узел учёта воды, дренажные насосы, водопроводные насосы, автоматизированная система управления насосной станцией, автоматизированное рабочее место оператора, закрытые распределительные устройства напряжения, шкафы управления насосами, кран балка, дренажный приямок и насос и технологические трубопроводы. Пример принципиальной схемы Водопроводной насосной станции представлен на рисунке 1.

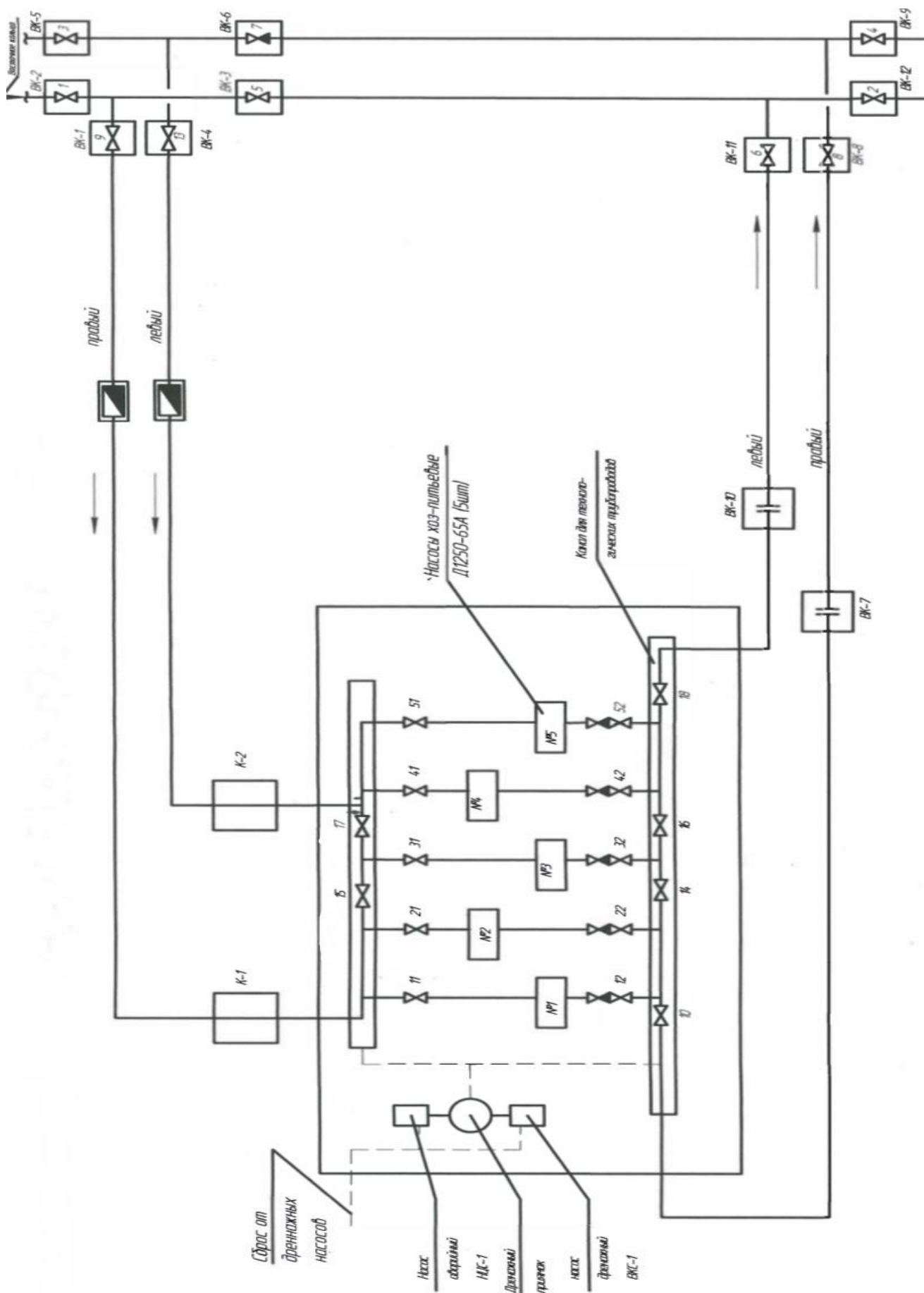


Рисунок 1 – Принципиальная схема водопроводной насосной станции

Вода с насосной станции второго подъема по трубопроводу попадает в левый и правый водовод, проходит через узел учёта воды К – 1 и К – 2 и попадает в машинный зал насосной станции, в технологических трубопроводах вода через открытые отсекающие задвижки с 11 по 51 попадает в рабочие водопроводные насосы №1 – №5, которые повышают давление воды, далее вода попадает в левый и правый водовод и подается в городскую распределяющую сеть.

Повышающая насосная станция находится в местах значительного удаления от водопроводной насосной станции и находится рядом с высотными домами для поддержания режимного давления в городской распределительной сети. В состав повышающей насосной станции входят технологические трубопроводы, водопроводные насосы, фильтры грубой очистки, шкаф управления насосами, трансформаторы, кран балка. Принципиальная схема повышающей насосной станции представлена на рисунке 2.

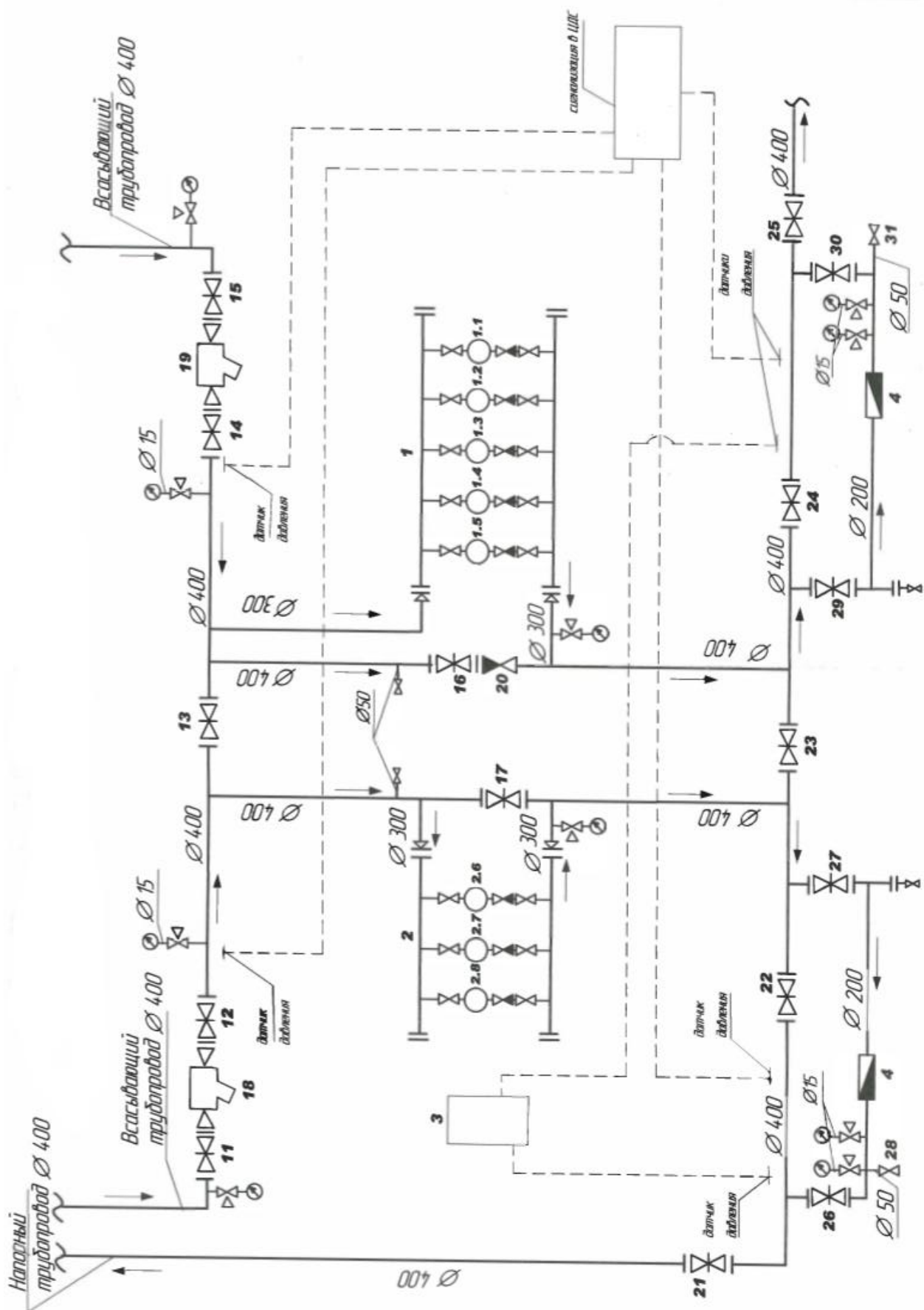


Рисунок 2 – Принципиальная схема повышающей насосной станции

Вода по водоводам подается во всасывающие трубопроводы, проходит через фильтры грубой очистки 18 и 19 и попадает в работающие водопроводные насосы 1.1 – 2.8 далее вода под высоким давлением подается в напорный трубопровод, а из него в городскую распределительную сеть.

1.3 Типы насосов применяемых на насосных станциях

Насосы подразделяются на объемные, и центробежные.

Объемный насос – это насос в которых перемещение жидкости осуществляется в результате периодического изменения объема рабочей камеры. Насос объемного типа представлен на рисунке 3.



Рисунок 3 – Насос объемного типа

Центробежный насос – предназначен для перекачивания жидкостей, в котором давление жидкости создается за счёт центробежной силы, действующей при воздействии лопастей рабочего колеса на жидкость. Центробежные насосы могут быть как одноступенчатыми (с одним рабочим колесом) так и много ступенчатыми.

Наиболее часто встречаемым насосом на водопроводных насосных станциях является центробежный одноступенчатый насос с горизонтальным разъемом где вал рабочего колеса напрямую связан с электродвигателем, расположенным рядом с насосом. На повышающих нс в основном используют вертикальные многоступенчатые насосы с вертикальным расположением электродвигателя. Насос центробежного типа представлен на рисунке 4.

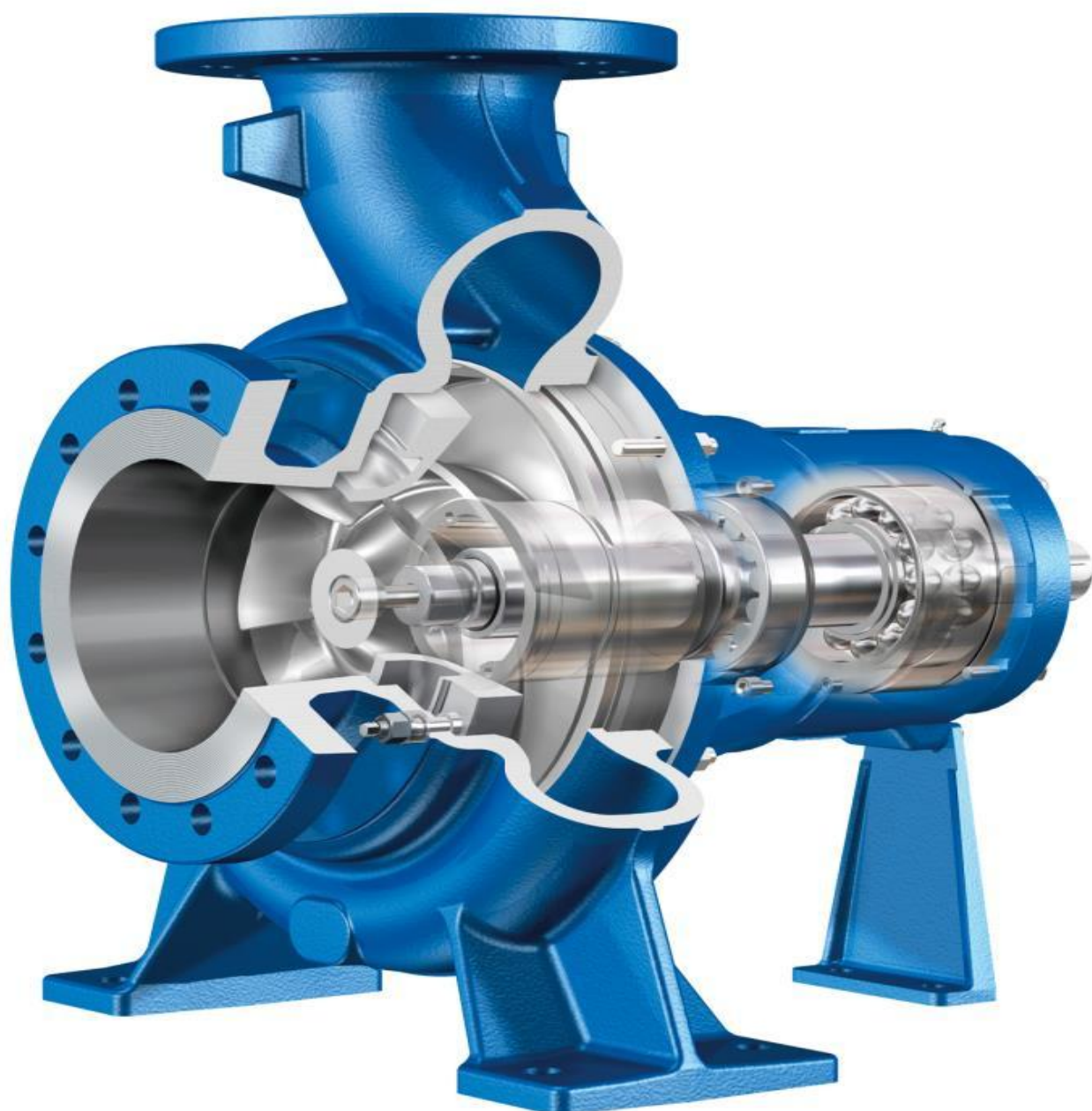


Рисунок 4 – Насос центробежного типа

2 Анализ основных причин возникновения аварий и остановок на объектах водопроводного комплекса

2.1 Причины возникновения аварий и остановок

Возрастной состав действующих объектов ОАО «ТЕВИС»:

- 10% водопроводов эксплуатируется менее 10 лет;
- 60% водопроводов эксплуатируется от 10 до 20 лет;
- 30% водопроводов эксплуатируется свыше 20 лет;
- 100% водопроводных НС эксплуатируется свыше 30 лет;
- 50% повышающих НС эксплуатируется от 10 до 20 лет;
- 50% повышающих насосных станций эксплуатируется от 20 до 30 лет;

Согласно руководству на насосы центробежные двустороннего входа типа Д и агрегаты электронасосные на их основе, средняя наработка до отказа насосов составляет 9000 часов, назначенный ресурс не менее 30000 часов и назначенный срок службы не менее 30 лет. Так как все насосы на водопроводных насосных станциях находятся в эксплуатации больше 30 лет довольно часто возникают непредвиденные ситуации с выходом насосного оборудования из строя.

Ссылаясь на эту статистику можно сказать о том, что большая часть водопроводов и насосных станций находится в эксплуатации дольше назначенного ресурса, что в свою очередь приводит к высоким рискам возникновения аварий.

2.2 Анализ причин возникновения аварий в городской водопроводной сети.

Обзор аварий, произошедших в период с 2003 года по настоящее время на территории России позволил определить ряд основных причин,

способствующих возникновению порывов водопроводных сетей или затоплению повышающих нс.

Аварии на нормально работающих НС и водопроводных сетях (без нарушения технологического регламента) подразделяются:

1) Аварии в результате кратковременного или полного прекращения электроснабжения нс.

Такие аварии возникают в результате неполадок в электросетях, обрывах кабельных линий, ведущих к нс в результате проведения земляных работ. Нередко встречаются падения напряжения в электросети нс из – за неблагоприятных погодных условий. При падении напряжения оборудование нс не получает необходимое напряжение для нормального функционирования и происходят сбои в работе оборудования или выход его из строя. Так же при падениях напряжениях нередки случаи сбоя автоматизированной системы управления.

2) Аварии в результате гидроударов.

Более 50% гидроударов происходят из – за различных ошибок машинистов насосных установок, выполняющих управление в ручном режиме работы. Так же гидроудары возникают результате медленной реакции управляющих автоматизированных средств на изменения в водопроводной сети. Не редкими являются случаи самопроизвольного запуска электродвигателей насосов в случаях короткого замыкания электроники, что приводит к сильнейшим гидроударам.

3) Аварии при проведении ремонтных работ.

Значительная часть затоплений нс возникает при проведении ремонтных работ по замене вышедшего из строя оборудования. При разгерметизации водопроводной системы отсекающие задвижки пропускают воду что в свою очередь приводит к затоплению нс.

4) Аварии при поломке оборудования.

В результате износа оборудования нередки случаи поломки насосов, задвижек, обратных клапанов, редукторов, электродвигателей, что в свою очередь приводит к остановке насосной станции и затоплению.

Проведя анализ причин возникновения аварий можно сделать вывод что городская система водоснабжения это сложное многоуровневое инженерное сооружение требующее постоянного повышенного контроля, своевременного технического обслуживания и постоянной модернизации.

3 Анализ схемы повышающей насосной станции, применяемых датчиков, используемых промышленных сетей и устройства насосной станции

3.1 Анализ схемы повышающей насосной станции

Повышающая насосная станция, представленная на принципиальной схеме рисунок 2 устроена по классической схеме с параллельным расположением насосов разделенных на две группы расположенных на разных трубопроводах. Электрическое обеспечение повышающей насосной станции осуществляют 2 трансформатора тип ТМФ 250/10, один трансформатор является запасным. С трансформатора осуществляется подача 380 В для питания внутренних компонентов электрошкафа в котором установлен мягкий пускатель MSF 2.0 Emotron и 8 мягких пускателей soft starter msf 030 с щитом управления и частотным регулятором «Delta Control 2000 MF». Центробежные насосы вертикальной компоновки CR 90 – 2 – 2 с регулировкой частоты вращения через шкаф управления так же питаются от 380 В. Так же с трансформатора подается 220 В на блоки питания 24 В, в свою очередь блоки питания питают модули расширения аналогового входа и датчики давления. С датчиков давления выход на модули расширения аналогового входа находится в диапазоне 4 – 20 мА.

3.2 Анализ применяемых датчиков на повышающей насосной станции

На повышающей насосной станции используются датчики давления ТИП МИДА–ДИ–13П предназначенные для непрерывного преобразования значения избыточного давления, абсолютного давления, разрежения избыточного давления – разрежения жидкостей или газов, неагрессивных к материалам датчика контактирующих с измеряемой средой в унифицированный сигнал постоянного тока или напряжения постоянного тока в системах контроля и

управления давлением. В таблице 1 представлены технические характеристики датчика давления. Датчик давления представлен на рисунке 5.



Рисунок 5 – Датчик давления МИДА – ДИ – 13П

Таблица 1– Основные характеристики датчика давления МИДА–ДИ–13П.

Область применения	общепромышленные системы контроля и регулирования
Рабочая среда	жидкости и газы, неагрессивные к титановым сплавам и нержавеющей сталям
Диапазон измеряемых давлений, МПа	0 – 0,6 МПа
Диапазон температур окружающей среды, °С	От минус 40 до плюс 60
Код выходного сигнала (линия)	4 – 20 мА (2 проводная)
Напряжение питания, В	12...36 (4 – 20 мА в зависимости от нагрузки)
Потребляемый ток, не более, мА	20,2 (для 4 – 20 мА)

3.3 Анализ используемых промышленных сетей

RS – 232 – стандарт физического уровня для асинхронного интерфейса (UART). Широко известен как последовательный порт персональных

компьютеров. Изначально создавался для подключения телефонных модемов к компьютерам.

В настоящее время очень часто встречается в промышленном и узкоспециальном оборудовании и различных встраиваемых устройствах. На портативных персональных компьютерах (ноутбуках, нетбуках, КПК и т. п.) широкого применения RS-232 уже не устанавливается, но в редких случаях материнские платы стационарных персональных компьютеров оснащаются RS – 232, либо в виде разъёма на задней панели или в виде колодки для подключения шлейфа на материнской плате. Не исключено использование переходников – преобразователей. Разъемы, используемые RS – 232 изображены на рисунке 6 и 7. В настоящее время нередко применяется для взаимодействия микроконтроллеров различных архитектур, имеющими в своем составе интерфейс UART и с другими различными цифровыми устройствами, периферией.

RS – 485 – стандарт физического уровня для асинхронного интерфейса который регламентирует электрические параметры полудуплексной многоточечной дифференциальной линии связи типа «общая шина». Данный стандарт обладает большой популярностью и был выбран основой для создания семейства промышленных сетей, используемых для промышленной автоматизации. Физически стандарт RS – 485 представляет собой одну витую пару проводов, иногда имеющую дополнительную экранирующую оплетку или общий провод. Передача данных происходит за счёт дифференциальных сигналов. Разница напряжений между проводниками одной полярности означает логическую единицу, разница другой полярности означает ноль. Стандарт RS – 485 оговаривает только электрические и временные характеристики этого интерфейса.

На повышающей насосной станции используется сеть RS 232, RS 485 для передачи информации с датчиков давления на электрошкаф с щитом управления, узла учета хозяйственно – питьевой воды и узла учета отопления.

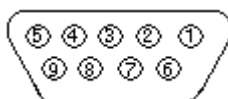


Рисунок 6 – разъем DB – 9



Рисунок 7 – разъем DB – 25

3.4 Анализ устройства повышающей насосной станции

Устройство насосной станции представлено в таблице 2.

Таблица 2 – Экспликация повышающей насосной станции

Позиция	Наименование	Кол – во
1	Установка повышения давления с пятью центробежными насосами вертикальной компоновки CR 90 – 2 – 2 с регулировкой частоты вращения через шкаф управления.	1
2	Установка повышения давления с тремя центробежными насосами вертикальной компоновки CR 90 – 2 – 2 с регулировкой частоты вращения через шкаф управления.	1

Продолжение таблицы 2.

1.1, 1.2, 1.3, 1.4, 1.5, 2.6, 2.7, 2.8	Насосы CR 90 – 2 – 2	8
3	Электрошкаф с щитом управления и частотным	1

	регулятором «Delta Control 2000 MF» и мягкими пускателями MSF 2.0 Emotron	
4	Прибор учета расхода воды ИПРЭ – 7 Ø200 мм	2
11, 12, 13, 14, 15, 16, 17. 21, 22, 23, 24, 25	Задвижка Ø 400мм, МЗВ – 400	12
26, 27, 29, 30	Задвижка Ø 200мм, МЗВ – 200	4
28, 31	Задвижка Ø 50мм, МЗВ – 50	2
18,19	Фильтр магнитно – механический	2
20	Обратный клапан Ø 400мм поворотный однодисковый.	1



Рисунок 6 – Установка повышения давления с тремя центробежными насосами вертикальной компоновки CR 90 – 2 – 2 с регулировкой частоты вращения через шкаф управления и Электрощкаф с щитом управления и частотным регулятором «Delta Control 2000 MF»

Трансформатор ТМФ 250\10 – трансформатор трехфазный двухобмоточный с естественным масляным охлаждением (фланцевые) с боковыми выводами используют для внутренней и наружной установки на объектах энергетики и народного хозяйства. Номинальное напряжение обмотки высокого напряжения составляет 10 кВ и обмотки низкого напряжения 0,4 кВ. Трансформатор представлен на рисунке 7.



Рисунок 7 – Трансформатор ТМФ 250\10

4 Разработка структурной схемы управляющего шкафа

4.1 Структура автоматизированной системы диспетчерского контроля

Структура автоматизированной системы диспетчерского контроля повышающей насосной станции представлена на рисунке 8.

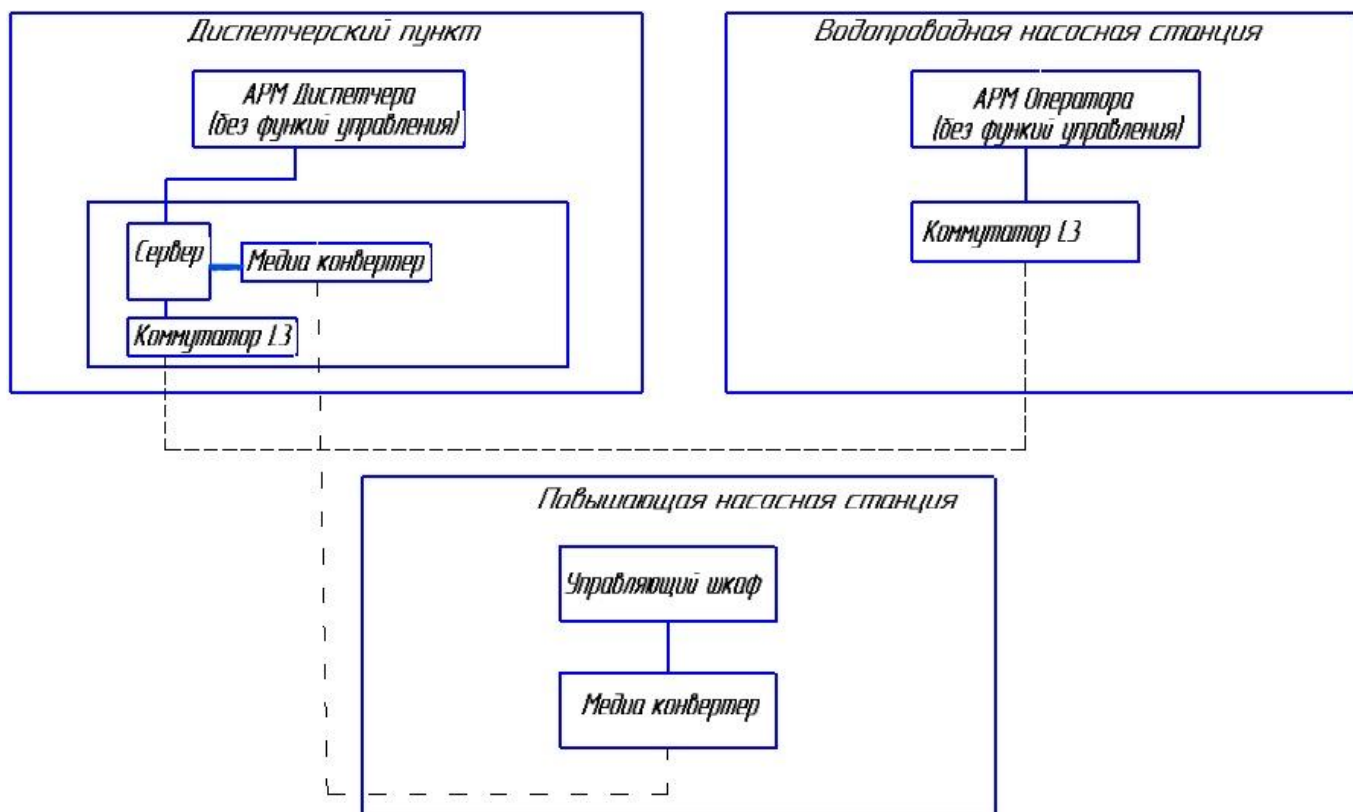


Рисунок 8 – Структура автоматизированной системы диспетчерского контроля

Структура автоматизированной системы диспетчерского контроля делится на два уровня с разделением по выполняемым функциям. На нижнем уровне основными техническими средствами являются датчики давления, преобразователи сигналов и модули расширения сигналов, от которых поступают сигналы измерительной информации. Нижний уровень определяется датчиками, выбором необходимых преобразователей сигналов, модулей расширения и блоков питания для обеспечения работоспособности всей системы.

На верхнем уровне осуществляются задачи диспетчеризации технологического процесса, контроль технологического оборудования. Для

решения поставленной задачи необходимо участие человека, оператора или машиниста насосных установок, который будет осуществлять взаимодействие с системой диспетчеризации через человеко – машинный интерфейс. Его разработка и работа возможны благодаря использованию SCADA – систем.

К техническим средствам верхнего уровня можно отнести сетевое оборудование, НМІ панель, промышленные серверы, диспетчерские и операторские станции.

Сетевое оборудование представляет собой различные коммутаторы, преобразователи сигналов, линии связи из витых пар и оптоволоконных кабелей. Линии связи образуют распределительную вычислительную сеть с высокой скоростью передачи данных.

Промышленный сервер — это мощная вычислительная система, которая должна быть надежной, производительной и отказоустойчивой. Промышленный сервер выполняет задачи длительного хранения необходимых и часто используемых данных, накопление большого объема информации о контролируемых технологических процессах и обеспечение многочисленного доступа к этой информации с различных автоматизированных рабочих мест.

Диспетчерские и операторские станции — это автоматизированные рабочие места, которые располагаются в различных зданиях или помещениях и объединены или могут объединяться в локальную сеть образуя информационно – вычислительный комплекс. Данные места могут быть идентичными по типу получаемых данных или могут различаться из – за особенностей работы контролируемого участка и его обслуживающего персонала.

4.2 Описание структуры автоматизированной системы диспетчерского контроля насосной станции

Информация с повышающей насосной станции отправляется на сервер по оптоволоконной линии связи, далее сервер обрабатывает и сохраняет информацию и предоставляет доступ через Ethernet всем авторизованным

пользователям и автоматизированным рабочим местам. На автоматизированном рабочем месте оператора подключение к серверу осуществляется через линию связи из витой пары и коммутатора (L3) третьего уровня. Автоматизированное рабочее место обычно находится недалеко от сервера, доступ к серверу осуществляется через линию связи из витой пары и не требует применение коммутатора третьего уровня. Таким образом при использовании SCADA систем можно создать автоматизированную систему диспетчеризации сразу нескольких повышающих насосных станций и выводить её на всех авторизированных устройствах в локальной вычислительной сети сразу в нескольких автоматизированных рабочих местах.

4.3 Структурная схема управляющего шкафа

Структурная схема управляющего шкафа представлена на рисунке 9.

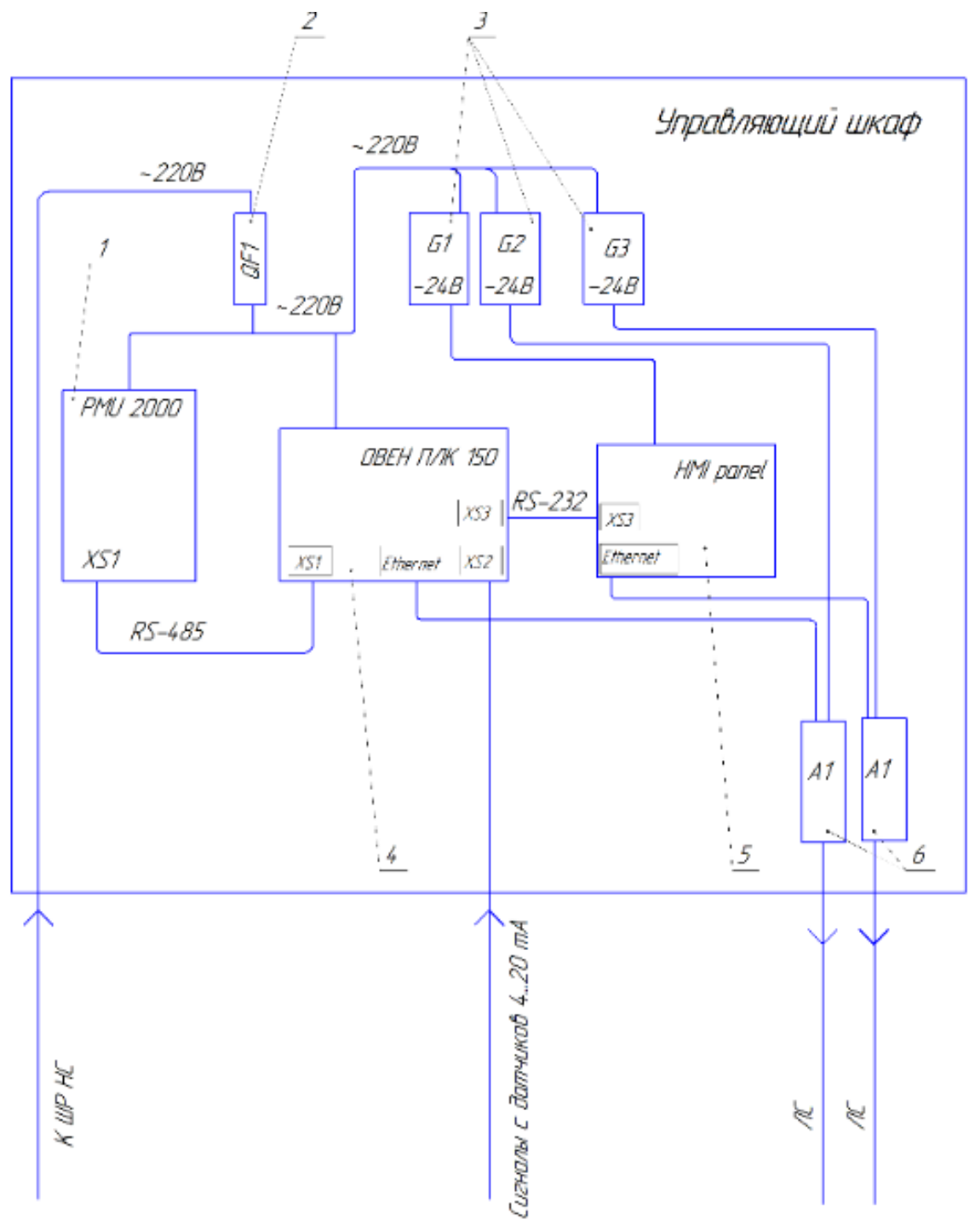


Рисунок 9 – Структурная схема Управляющего шкафа

Управляющий шкаф состоит из следующих элементов:

- Выключатель автоматический ВА 47–29, 2,5А;
- Три блока питания "ОВЕН" БП60Б–Д4–24;
- Модуль расширения РМУ 2000;

- ОВЕН ПЛК 150;
- НМІ panel;
- Два медиа конвертера.

В зависимости от требуемых параметров наполнение управляющего шкафа может выполняться электронными компонентами с аналогичными по техническим характеристикам и выполняемым функциям.

4.4 Описание принципа работы Управляющего шкафа

Контроллер ПЛК ОВЕН 150 получает и обрабатывает информацию с блока расширения PMU 2000 по стандарту RS 485. Информацию с датчиков давления контроллер получает на аналоговые входы. Далее контроллер используя полученные значения выполняет программу и через выход Ethernet по витой паре передает данные на медиа конвертер, который по оптоволоконной линии связи передает её на сервер НМІ панель получает данные выполняемой контроллером программы по стандарту RS – 232 и визуализирует её.. Сервер в свою очередь архивирует и предоставляет доступ к трансляции выполняемой программы. Сервер предоставляет доступ к просмотру или управлению НМІ панелью через оптоволоконную линию связи.

5. Выбор электронных компонентов разрабатываемой системы контроля насосной станции

5.1 Разработка системы контроля насосной станции

Для разрабатываемой системы контроля насосной станции состоит из следующих компонентов:

- 1) НМІ панель или операторская панель – это специализированное вычислительное устройство, реализованное в виде промышленного контроллера, которое широко использует человека – машинный интерфейс для управления оператором отдельными автоматизированными процессами или целыми технологическими процессами.
- 2) Модуль расширения для «Delta Control 2000 MF» – это дополнительный блок, позволяющий расширить программные возможности «Delta Control 2000 MF».
- 3) Блоки питания – служат для питания НМІ панели, медиа конвертера.
- 4) Медиа конвертер – служит для преобразования линии связи из волоконной пары в оптоволоконную линию связи.
- 5) Автоматический выключатель – предназначен для защиты электрической сети управляющего шкафа от перенапряжения и дает возможность обесточить управляющий шкаф для его обслуживания или ремонта.

5.2 Выбор электронных компонентов

ОВЕН СП310–Р – сенсорная НМІ панель, предназначенная для отображения информации о состоянии системы, представлена на рисунке 10. Основные технические характеристики ОВЕН СП310–Р представлены в таблице 3.

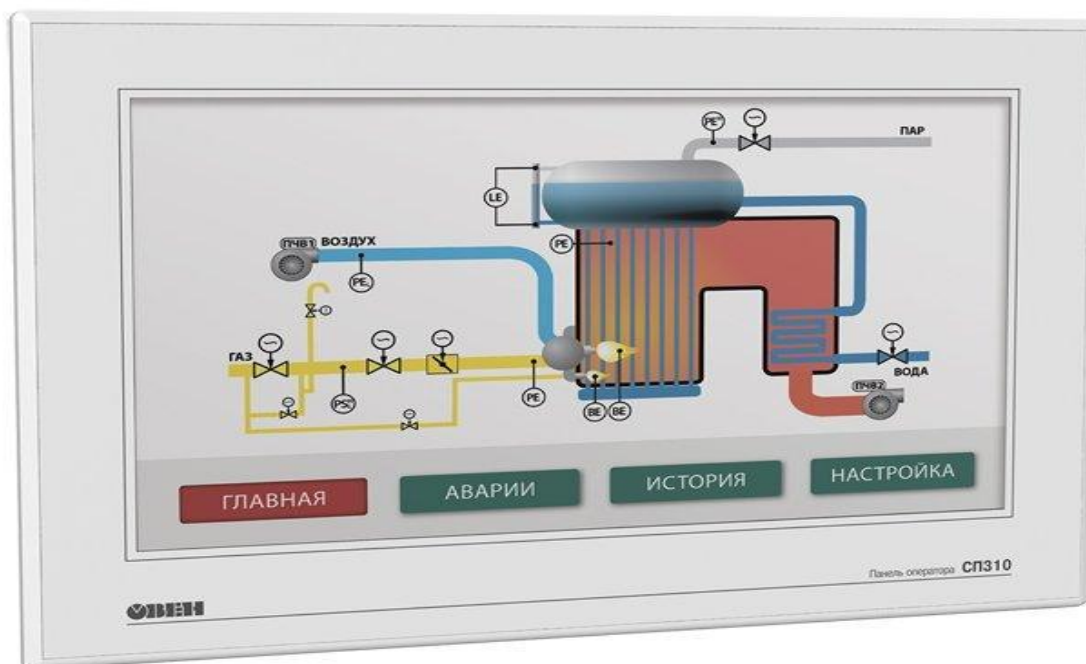


Рисунок 10 – Сенсорная НМІ панель ОВЕН СП310–Р

Таблица 3 – Основные технические характеристики ОВЕН СП310–Р

Наименование характеристики	Значение, описание
Размер дисплея	10 дюймов
Количество цветов дисплея	16.7 миллионов (TrueColor)
Питание	Внешний источник
Частота процессора	400 МГц
Яркость	Настраивается программным обеспечением
Номинальное напряжение питания, $U_{ном}$	24 В
Пределы напряжения питания	В диапазоне 23 – 27В
Потребляемая мощность, Вт	20 Вт
Оперативная память	128 Мб

Продолжение таблицы 3.

СОМ–порты	1 × Download–порт/COM1 (RS – 232/RS – 485) – для подключения устройств + загрузки проектов 1 × PLC–порт/COM2 (RS – 232/RS – 485) – для подключения устройств Тип разъема DB9M, гальваническая изоляция отсутствует Сигналы RS – 232 – Rx, Tx, GND; сигналы RS – 485 – А, В Интерфейсы RS – 232 и RS – 485 являются аппаратно–независимыми Поддерживаемые протоколы: Modbus RTU (Master/Slave), Modbus ASCII (Master)
-----------	---

Модуль расширения PMU 2000 для «Delta Control 2000 MF» позволяет расширить функциональные возможности Delta Control 2000 MF. Блок расширения представлен на рисунке 11. Блок PMU 2000 позволяет: Реализовать различные функции цифрового дистанционного управления:

- Включение/выключение насосной станции;
- Режим эксплуатации с пониженной подачей;
- Двухпозиционное управление по заданным значениями;
- Трехпозиционное значение по заданным значениям;
- Вводить альтернативное заданное значение;
- Функции контроля для насосов и насосной станции;

– Минимальные и максимальные допустимые значения, защита электродвигателя;

Функция связи через шину GRUNDFOS (Modbus)

Блок связи PCU 2000

Блок связи PCU 2000 имеет возможность подключаться на выход шины связи системы управления Delta control 2000. Блок связи PCU 2000 служит для передачи внешних сигналов эксплуатации и неисправностей для каждого насоса.



PMU 2000, PCU 2000

Рисунок 11 – PMU 2000

Блок питания ОВЕН БП60Б–Д4–24 предназначен для преобразования переменного напряжения 220 вольт в постоянное напряжение 24 вольта. Блок питания представлен на рисунке 12. Технические блока питания характеристики представлены в таблице 4.

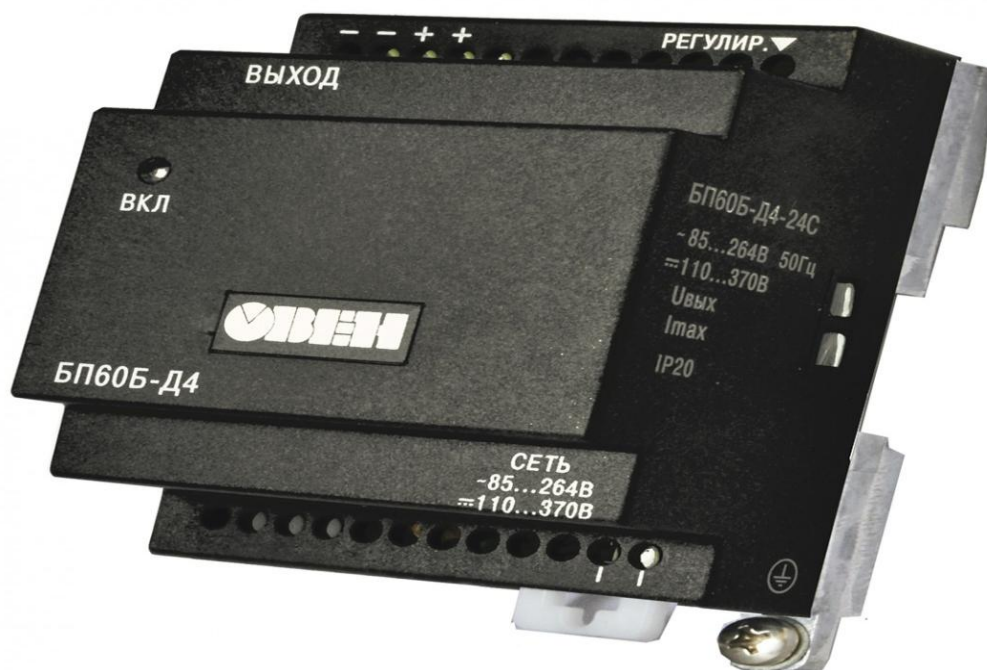


Рисунок 12 – Блок питания ОВЕН БП60Б–Д4–24

Таблица 4 – Технические характеристики блока питания ОВЕН" БП60Б–Д4–24

Наименование характеристики	Значение, описание
Входное напряжение:	
– переменного тока	90...264 В
– постоянного тока	110...370 В
Коррекция выходного напряжения	22...26 В
Электрическая прочность изоляции:	
– вход – выход (действующее значение)	3 кВ
– вход – корпус (действующее значение)	1,5 кВ
Коэффициент полезного действия	85%

Преобразователь оптоволоконного интерфейса – FL MC EF 1300 MM SC – 2902853 или медиа конвертер предназначен для сопряжения с оптоволоконным разъемом SC–Duplex (1300 нм) для сопряжения интерфейса

10/100Base-T(X) с многомодовым стекловолоконным кабелем (50/125 нм). Преобразователь оптоволоконного интерфейса представлен на рисунке 13. Технические данные представлены в таблице 5.



Рисунок 13 – Преобразователь оптоволоконного интерфейса

Таблица 5 – Технические характеристики преобразователя оптоволоконного интерфейса

Наименование характеристики	Значение, описание
Дальность передачи	До 10 километров
Скорость передачи данных	10/100 Мбит/с
Диапазон напряжения питания	18 В DC ... 30 В DC (Винтовой зажим)

Автоматический выключатель ВА47–29 2Р 5А 4,5кА показан на рисунке 14. Технические характеристики представлены в таблице 6.



Рисунок 14 – Автоматический выключатель ВА47–29 2Р 5А 4,5кА

Таблица 5 – технические характеристики автоматического выключателя ВА47–29 2Р 5А 4,5кА

Наименование характеристики	Значение, описание
Количество полюсов	2
Номинальное импульсное выдерживаемое напряжение	4,5 кВ
Отключающая способность по EN 60898	4,5 кА
Номинальное рабочее напряжение	400 В

6. Разработка схемы электрических соединений

Разработанная схема электрических соединений представлена на рисунке 15.

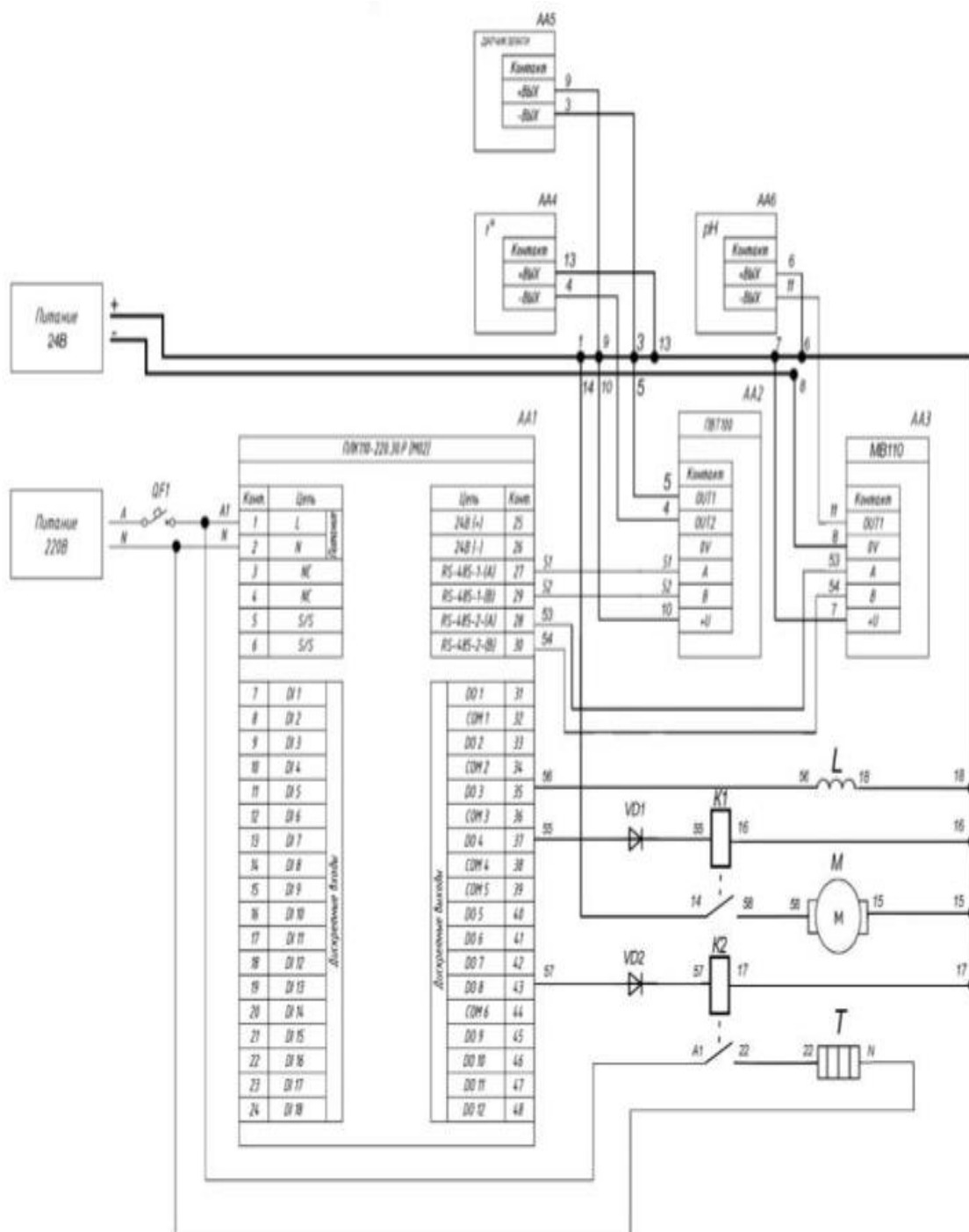


Рисунок 15 – схема электрических соединений

Блок PMU 2000 через протокол Modbus по стандарту RS 485 подключается к контроллеру через контакты А и В Цепь 485. Далее контроллер

через разъем RJ – 45(F) подключается к порту RS 232 на НМІ панели. Контроллер и панель через разъем Ethernet подключаются к оптоволоконным преобразователям витой парой категории 5е. Так же через разъемы аналоговых входов (контакты 25 – 32) подключаются аналоговые датчики давления МИДА – ДИ – 13П.

Питание управляющего шкафа осуществляется с Распределительного шкафа переменным напряжением в 220 вольт. ~ 220 В подается на автоматический выключатель, блок расширения PMU 2000 и контроллер ОВЕН ПЛК 150. Так же ~ 220 В с автоматического выключателя подается на три блока питания которые преобразуют ~ 220 В в 24 В постоянного напряжения. С блоков питания напряжение подается на НМІ панель и два медиа конвертера.

7. Проектирование программного обеспечения НМІ панели

7.1 Выбор среды проектирования

Сбор необходимой первичной информации, а также ее обработка, формирование сигналов управления на основе собранной информации, доказывает необходимость применения и использования SCADA – систем.

Термин «SCADA» является аббревиатурой от английского Supervisory Control and Data Acquisition, что переводится как диспетчерское управление и сбор данных. SCADA – это программный пакет, предназначенный для разработки или обеспечения работы в реальном времени систем сбора, обработки, отображения и архивирования информации об объекте мониторинга или управления.

SCADA – системы созданы помогать повышать точность обработки значений, получаемых с различных датчиков, контроллеров и приборов, отвечать за передачу сигналов от одного объекта к другому, предупреждать о возможности аварийных ситуаций или о самой аварии, контролировать весь или часть процесса в реальном времени. В силу описанных возможностей, SCADA – системы широко применяются на мировом рынке, а потому выбор наиболее подходящей системы для разработки представляет собой не простую задачу.

Для проектирования интерфейса автоматизированной системы диспетчеризации насосной станции я буду использовать Codesys v 2.3.

Основой выбранного комплекса CODESYS является среда для разработки прикладных программ используемых для программируемых логических контроллеров (ПЛК). Используемая программа распространяется бесплатно и её можно без ограничений устанавливать на нескольких рабочих местах.

В CODESYS для выполнения этапа программирования доступны все пять определяемых стандартом IEC 61131-3 (МЭК 61131-3) языков:

IL (Instruction List) — ассемблер-подобный язык

ST (Structured Text) — Pascal-подобный язык

LD (Ladder Diagram) — язык релейных схем

FBD (Function Block Diagram) — язык функциональных блоков

SFC (Sequential Function Chart) — язык диаграмм состояний

Как дополнение к FBD поддерживается язык программирования CFC (Continuous Function Chart) с произвольным размещением блоков и расстановкой порядка их выполнения.

В CODESYS реализовано множество других расширений стандарта IEC 61131 – 3. Самым важным в данном стандарте является поддержка Объектно-ориентированного программирования (ООП).

В среде разработки присутствуют все необходимые инструменты для представления графики, текстов, используемых данных, необходимые для создания понятного графического интерфейса.

7.2 Проектирование программного обеспечения панели оператора

Основными требованиями при проектировании программного обеспечения НМІ являются:

– Вывод показаний значений с четырех датчиков давления МИДА – ДИ – 13П

– Вывод давления нагнетания с блока расширения PMU 2000

– Графическое отображение значений с четырех датчиков давления МИДА – ДИ – 13П

– Отображение статуса состояния восьми насосов

– Интерфейс должен быть простым и интуитивно – понятным





7.3 Цветовая политика

При изображении графического интерфейса следует придерживаться определенных правил.



Используемые графические символы, используемые на экранных формах, могут быть статичными и анимированными.

В таблице 6 представлены цвета для обозначения статуса оборудования или процесса.

Таблица 6 – цветовая политика.

Цвет R:G:B в десятичной и шестнадцатеричной форме	Наименования	Цвет	Применение
0:255:0 00:FF:00	Зеленый		Нормальное состояние измеряемого параметра. Состояние оборудования включено
255:0:0 FF:00:00	Красный		Аварийное состояние измеряемого параметра. Состояние оборудования выключено
255:255:0 FF:FF:00	Желтый		Цвет линии параметра давление ХПВ на вводе-1
255:0:255 FF:00:FF	Розовый		Давление ХПВ на вводе-2
128:0:0 80:00:00	Коричневый		Давление ХПВ на выходе - 1

Продолжение таблицы 6.

0:128:128 00:80:80	Изумрудный		Давление ХПВ на выходе – 2
0:0:255 00:00:FF	Синий		Давление нагнетания

При выходе значений параметра из заданного диапазона фон параметра становится красным. Пример индикации параметра, вышедшего из заданного диапазона представлен на рисунке 16.



Рисунок 16 – Аварийное значение параметра

Параметр находящийся в рамках заданного диапазона имеет белый фон.

Окно настройки конфигурирования элемента, цветов показано на рисунке 17.

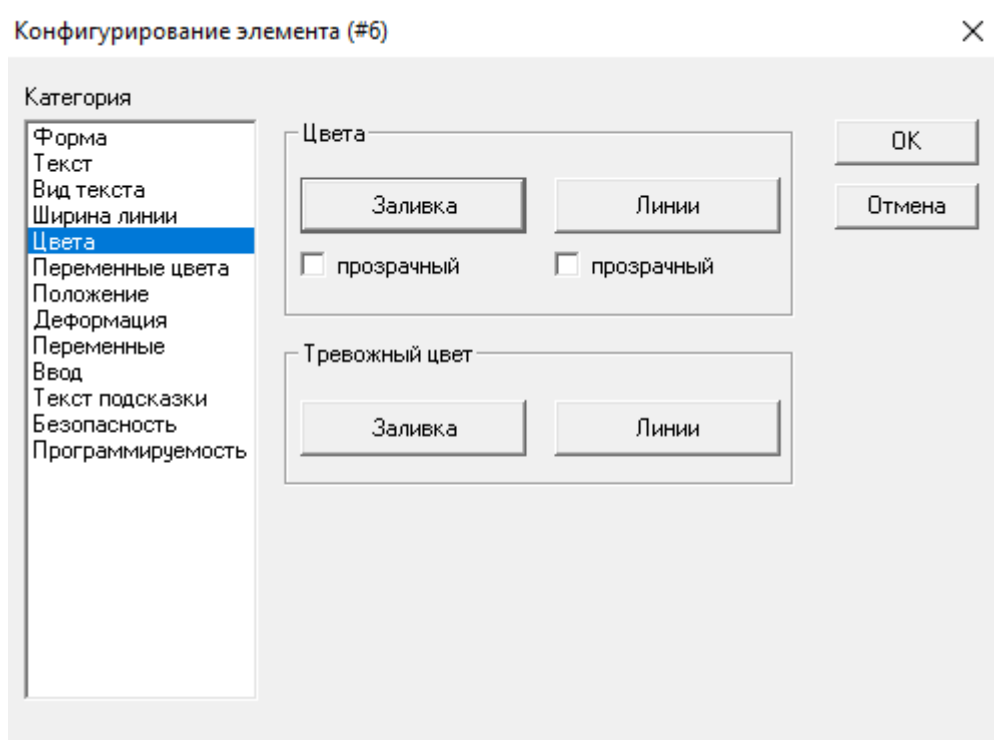


Рисунок 17 – конфигурирование элемента.

Цветовая политика насосов показана на рисунке 18.

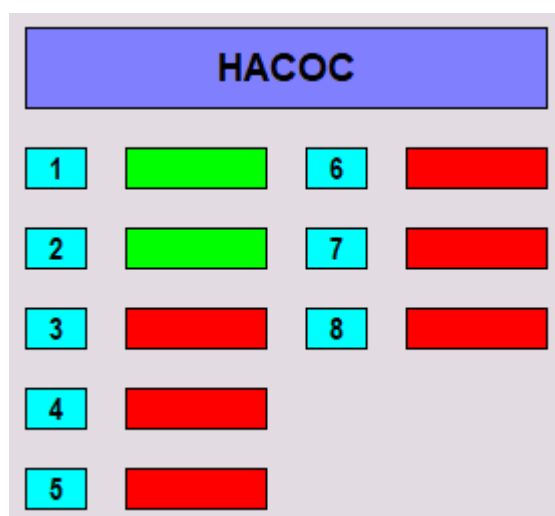


Рисунок 18 – цветовая политика насосов

7.4 Авария

В разделе авария описывается структура таблицы произошедших неисправностей, аварий или ошибок. В первом столбце указывается порядковый номер аварии, во втором состоянии ошибки, в третьем столбце

указывается время возникновения аварии. В четвертом столбце содержится сообщение об аварии. Таблица блока аварии представлена на рисунке 19.

АВАРИЯ			
Состояние	Дата	Время	Сообщение

Рисунок 19 – Блок аварии

Благодаря связи блока расширения PMU 2000 с частотным регулятором «Delta Control 2000 MF» и мягкими пускателями MSF 2.0 Emotron он может считывать и передавать ошибки из их баз данных, информацию неисправности и конфликты на ОВЕН ПЛК 150 и НМІ панель. Это позволяет практически сразу определить неисправность работы повышающей насосной станции и принять необходимые меры для восстановления штатного режима работы.

В таблице 7 представлен список переменных измерения (чтения).

Таблица 7 – список переменных

Название	Описание	Адрес	Доступ	Тип данных
Input_1	Давление на вводе 1	1000	read	Float32
Input_2	Давление на вводе 2	1002	read	Float32
Output_1	Давление на выходе 1	1004	read	Float32
Output_2	Давление на выходе 2	1006	read	Float32
P_injection	Давление нагнетания	1008	read	Float32
Pump_1	Статус насоса 1	1010	read	Bool
Pump_2	Статус насоса 2	1012	read	Bool
Pump_3	Статус насоса 3	1014	read	Bool
Pump_4	Статус насоса 4	1016	read	Bool
Pump_5	Статус насоса 5	1018	read	Bool
Pump_6	Статус насоса 6	1020	read	Bool
Pump_7	Статус насоса 7	1022	read	Bool
Pump_8	Статус насоса 8	1024	read	Bool
	Резерв	1026-1098	---	Float32, Bool

В таблице 8 представлен список переменных статуса системы.

Название	Описание	Адрес	Доступ	Тип данных
Err_code1.stop	Общий стоп системы. Вырабатывается от ПЛК	2002	read	Bool

Продолжение таблицы 8.

Err_code2.stop	Давление на вводе 1 ниже 2,5 КГС/КВ.СМ	2004	read	Bool
Err_code3.stop	Давление на вводе 2 ниже 2,5 КГС/КВ.СМ	2006	read	Bool
Err_code4.stop	Давление на выводе 1 выше 7,0 КГС/КВ.СМ	2008	read	Bool
Err_code5.stop	Давление на выводе 2 выше 7,0 КГС/КВ.СМ	2010	read	Bool
	Резерв	2012-2098	---	Bool

7.6 Описание принципа работы разработанного программного обеспечения

Интерфейс отображает получаемые с контроллера показания датчиков давления МИДА – ДИ – 13П на вводе и выходе с повышающей насосной станции, а также статус работы каждого из восьми насосов, давление нагнетания и историю ошибок, аварий. При выходе значений из заданных параметров происходит индикация и занесение информации в таблицу аварии.

Пример выполненного графического интерфейса представлен на рисунке 20.

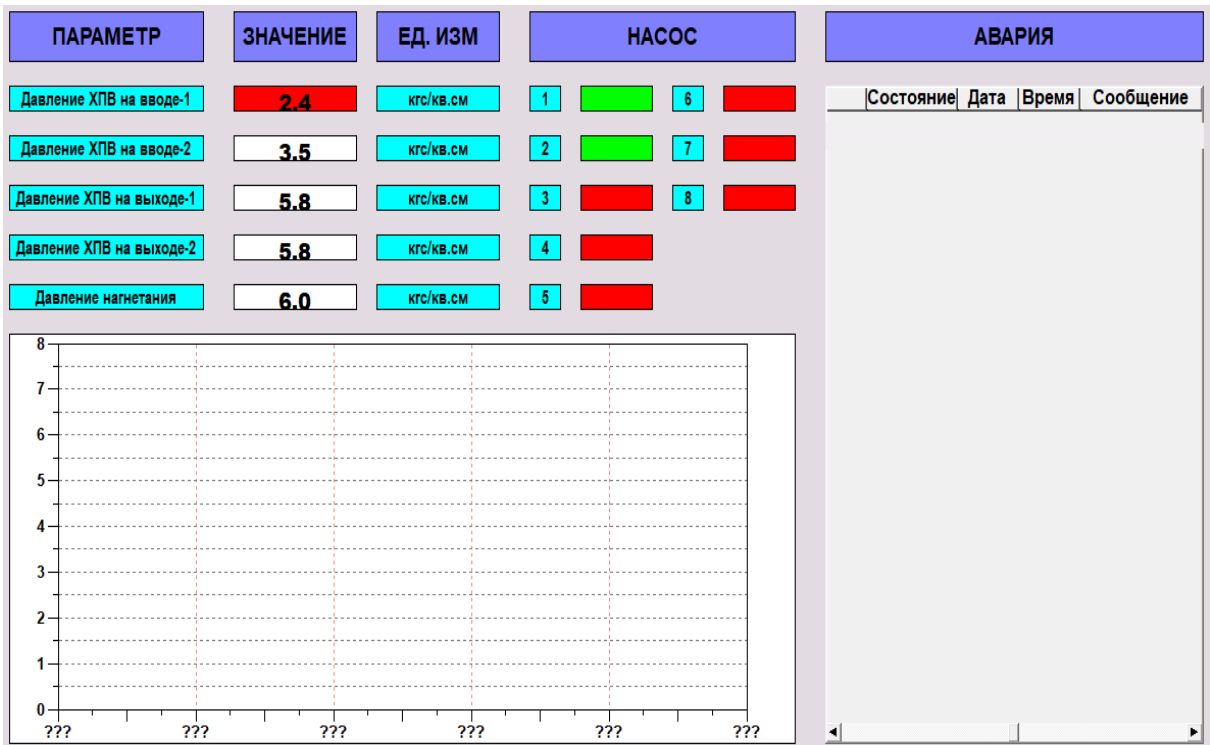


Рисунок 20 – разработанный графический интерфейс

Заключение

В процессе выполнения бакалаврской работы были достигнуты следующие результаты:

– Рассмотрен технологический процесс повышения давления холодной питьевой воды на водопроводной и повышающей насосной станции;

– Проведен анализ основных причин возникновения аварий и остановок на объектах водопроводного комплекса, который позволил получить необходимые данные о природе аварий на объектах водопроводного комплекса;

– Проведен анализ схемы повышающей насосной станции, применяемых датчиков, используемых промышленных сетей и устройства насосной станции на основании, которого осуществлен выбор электронных компонентов и разработана структура автоматизированной системы диспетчеризации. Расширен функционал управляющего шкафа;

– Разработан графический интерфейс, формы и алгоритмы работы программы при выполнении, которого все необходимые данные состояния системы выводятся на НМІ панель и сервер.

Результатом данной бакалаврской работы является разработанная автоматизированная система диспетчеризации повышающей насосной станции, которая в дальнейшем может найти применение на различных объектах водопроводного комплекса путем её модернизации под конкретную станцию.

Список используемой литературы

1 Ileana Wald. Modeling Flow Rate to Estimate Hydraulic Conductivity in a Parabolic Ceramic Water Filter. Undergraduate Journal of Mathematical Modeling: One + Two, 2012.

2 S. Angraа, A. K. Chandab, V. K. Chawlaa. 2. Comparison and evaluation of job selection dispatching rules for integrated scheduling of multi-load automatic guided vehicles serving in variable sized flexible manufacturing system layouts: A simulation study. GrowingScience, 2018.

3 Dan R. Lipsa, Richard C. Roberts, Robert S. Laramее. 3. FoamVis, A Visualization System for Foam Research: Design and Implementation. ResearchGate, 2015.

4 Y.M. Chiang, L.C. Chang, M.J. Tsai, Y.F. Wang, F.J. Chang. 4. Auto-control of pumping operations in sewerage systems by rule-based fuzzy neural networks. Hydrology and Earth System Sciences, 2010.

5 James H. Thorne, Patrick R. Huber, Evan H. Girvetz, Jim Quinn, Michael C. McCoy. Integration of Regional Mitigation Assessment and Conservation Planning. Ecology and Society, 2009.

6 The RS232 Standard [Электронный ресурс]: Режим доступа: https://www.camiresearch.com/Data_Com_Basics/RS232_standard.html

7 Modbus Specifications and Implementation Guides (ModBus TCP/IP) [Электронный ресурс]: Режим доступа: <http://www.modbus.org/specs.php>

8 Delta Control 2000 [Электронный ресурс]: Режим доступа: http://proftechservice.ru/download/DeltaControl_2000_964219191198.pdf

9 Ethernet [Электронный ресурс]: Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Ethernet>

10 Барашко, О.Г. Проектирование систем автоматизации: учеб. пособие. / О. Г. Барашко, А. В. Овсянников. – «Белорусский государственный технологический университет», 2006 – 57с.

11 Андреев. Е.Б., Куцевич Н.А., Синенко О.В. SCADA–системы: взгляд изнутри / Е.Б. Андреев, Н.А. Куцевич, О.В. Синенко – М.: Издательство «РТСофт», 2004. – 176 с.:ил.

12 Елизаров. И.А., Интегрированные системы проектирования и управления: SCADA–системы : учебное пособие / И. А. Елизаров, А. А. Третьяков, А. Н. Пчелинцев и др. – Тамбов : Изд–во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2015. – 160 с.

13 RS-232. Рекомендованный стандарт 232. Интерфейс между терминалом данных и передающим оборудованием линии связи, применяющий последовательный обмен двоичными данными [Электронный ресурс]: Режим доступа: <http://www.softelectro.ru/rs232.html>

14 RS-485 рекомендованный стандарт электрических характеристик генераторов и приемников для использования в балансных многоточечных системах [Электронный ресурс]: Режим доступа: <http://www.softelectro.ru/rs232.html>

15 ДАТЧИКИ ДАВЛЕНИЯ МИДА-13П [Электронный ресурс]: Режим доступа: <http://www.midaus.com/images/docs/13p.pdf>

16 НАСОСЫ ЦЕНТРОБЕЖНЫЕ ДВУСТОРОННЕГО ВХОДА ТИПА Д И АГРЕГАТЫ ЭЛЕКТРОНАСОСНЫЕ НА ИХ ОСНОВЕ Руководство по эксплуатации Н03.3.302.00.00.000 РЭ [Электронный ресурс]: Режим доступа: http://www.hms-livgidromash.ru/upload/iblock/1b9/pasport_rukovodstvo_Pump_d_n03.3.302.00.00.00.pdf

17 Насосная станция [Электронный ресурс]: https://ru.wikipedia.org/wiki/Насосная_станция

18 Операторская панель [Электронный ресурс]:
https://ru.wikipedia.org/wiki/Операторская_панель

19 Автоматизированное рабочее место [Электронный ресурс]:
https://ru.wikipedia.org/wiki/Автоматизированное_рабочее_место

20 SCADA [Электронный ресурс]: <https://ru.wikipedia.org/wiki/SCADA>