

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования

«Южно-Уральский государственный университет»

(национально исследовательский университет)

Политехнический институт

Факультет «Энергетический»

Кафедра «Теоретические основы электротехники»

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ  
Заведующий кафедрой, доктор  
технических наук

\_\_\_\_\_ С.А. Ганджа  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 г.

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ  
ДИСПЕТЧЕРСКОГО КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ  
НАСОСНОЙ СТАНЦИЕЙ

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА  
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ  
ЮУрГУ – 13.03.02.2019.163. ПЗ ВКР

Руководитель работы доц., к.т.н  
\_\_\_\_\_ Д.В. Топольский  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 г.

Автор работы  
студент группы П-473  
\_\_\_\_\_ Э.Р. Акмурзин  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 г.

Нормоконтролер, доц., к.т.н  
\_\_\_\_\_ Д.В. Топольский  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 г.

## АННОТАЦИЯ

Э.Р. Акмурзин, Разработка автоматизированной системы диспетчерского контроля и управления насосной станции.- Челябинск: Южно-Уральский государственный университет, Политехнический институт, 102с., 53 ил., 4 табл.

Целью выпускной квалификационной работы является разработка автоматизированной системы диспетчерского контроля и управления насосной станцией.

Задача работы заключается в оптимизации насосных станций, путем автоматизации и диспетчеризации системы.

В результате было выбрано насосное оборудование, контрольно-измерительные приборы, способ регулирования производительностью насосной станции, базовый расчет для насосной установки, разработка структурной и функциональной схемы АСУ ТП насосной станции в программе КОМПАС-3D, разработана и спроектирована мнемосхема в системе диспетчерского контроля и управления, сделана оценка энергосбережения в программе-калькуляторе от компании ОВЕН.

					<i>130302.2019.163.ПЗ.КР</i>		
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			
Разраб.		Акмурзин			<i>Разработка автоматизированной системы диспетчерского контроля и управления насосной станцией</i>		
Провер.		Топольский					
Н.контр.		Топольский			Лит	Лист	Листов
Утв.						4	102
					<i>ЮУрГУ Кафедра ТОЭ</i>		

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	8
1 АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР.....	10
1.1 Область применения насосных станций .....	10
1.2 Виды насосных станций и их назначение .....	11
1.3 Принцип работы и устройство насосной станции.....	13
1.4 Насосы.....	15
1.5 Электродвигатели .....	23
1.6 Частотные преобразователи.....	29
1.7 Датчики .....	37
1.8 Контроллеры.....	41
1.9 Автоматизация насосной станции.....	45
1.10 Основные элементы систем автоматизации.....	47
1.11 Принцип работы диспетчерского контроля и управления .....	49
1.12 Способы регулирования насосной станции .....	51
1.13 Общая функциональная схема АСУ ТП насосной станции .....	54
1.14 Общая структурная схема АСУ ТП насосной станции.....	56
1.15 SCADA-системы .....	58
2 АППАРАТНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СИСТЕМЫ .....	70
2.1 Выбор насосной установки.....	74
2.2 Выбор частотного преобразователя.....	78
2.3 Выбор контроллера.....	81
2.4 Выбор датчиков.....	84
3 РАЗРАБОТКА СХЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ НАСОСНОЙ СТАНЦИИ..	92
3.1 Разработка структурной схемы АСУ ТП насосной станции.....	92
3.2 Разработка функциональной схемы АСУ ТП насосной станции ....	93

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

130302.2019.163.ПЗ.КР

Лист

6

4 ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СИСТЕМЫ.....	96
4.1 Специальные возможности MasterSCADA.....	96
4.2 Разработка мнемосхемы в <i>MasterSCADA</i> .....	96
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	99
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....	100

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

*130302.2019.163.ПЗ.КР*

## ВВЕДЕНИЕ

Современный мир не стоит на месте, он движется в ногу со временем, так как движение – это жизнь, а жизнь – это прогресс, а прогресс в наше время – это развитие новых технологий и методов уменьшения энергозатратности, где все это можно добиться путем автоматизации, увеличения энергосбережения и энергоэффективности.

Принято считать, что первая промышленная революция случилась после внедрения механизации на производстве. Символом второй стала конвейерная сборка на заводах Ford. Третья прошла под лозунгом смещения центра формирования добавленной стоимости из производства в сферу продаж и дизайна. Отныне больше ресурсов требовалось на то, чтобы придумать и продать новый продукт, чем его произвести. Но в 2019 году идет полным ходом революция энергетической и автоматизированной цифровой промышленности.

Благодаря такому быстрому темпу развития технологий, можно с большой долей уверенности считать, что разрабатываемые технологии полностью преобразят наш мир в течение каких-то десятков лет [2]. Благодаря прорыву в технологиях мир стоит на пороге новой промышленной революции, или «Индустрии 4.0»

Четвертая индустриальная революция (Индустрия 4.0) – это грамотный переход от механического и ручного управления на полностью автоматизированное, с внедрением цифровых технологий, производство, которое управляется умными системами в режиме реального времени в постоянном взаимодействии со всеми элементами глобальной системы, даже которые выходят за ее пределы (одного предприятия), превращаясь в глобальную сеть, так называемую интернет паутину. Также «Индустрия 4.0» стремится к тому, чтобы повысить энергосбережение и энергоэффективность, используя рационально все источники ресурсов, природные или какие-либо другие, при этом защищая природную среду и экологию. [3].

Исходя из концепций и тенденций «Индустрии 4.0», а также отталкиваясь от федерального закона от 23.11.2009 N 261-ФЗ (ред. от 27.12.2018) "Об

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

*130302.2019.163.ПЗ.КР*

Лист

8

энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации" (с изм. и доп., вступ. в силу с 16.01.2019), большое внимание следует уделить оптимизации в сфере ЖКХ, а именно насосным станциям.

Практическая значимость будет заключаться в том, что применение систем автоматизации, контроля и управления насосными установками позволяет снизить энергозатраты насосных станций до 50%, повысить надёжность, точность заявленным требованиям, а так же значительно снизить износ оборудования, тем самым снижая в целом затраты на эксплуатацию насосных установок и станций.

									Лист
									9
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	<i>130302.2019.163.ПЗ.КР</i>				

# 1 АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР

## 1.1 Область применения насосных станций

Разновидностей насосных станций довольно много, которые можно разделить по разным параметрам, но изучив их более подробно, можно разделить их на 2 категории в зависимости от объёмов и целей:

### 1. Промышленные

Важнейшая особенность промышленных насосных станций заключается в возможности перекачивания жидкости в большом объеме, в связи, с чем происходит серьезная нагрузка на систему. Промышленные установки, насосы применяются во многих сферах, приведем несколько из них:

- Легкая промышленность
- Химическая промышленность
- Строительство
- Машиностроение
- Добыча полезных ископаемых
- Жилищно-коммунальное хозяйство

Промышленные насосные станции также можно разделить по виду перекачиваемой жидкости, приведем несколько из них:

Жидкие металлы

Агрессивные жидкости

Смеси газов и жидкостей

Чистые жидкости и жидкости малой загрязненности

### 2. Бытовые

Обычно бытовые насосные станции применяются в частных домах, коттеджах, где не требуется перекачивания жидкости в больших объёмах, также их можно разделить на несколько видов:

- Поверхностные
- Погружные

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

*130302.2019.163.ПЗ.КР*

Лист

10

Проанализировав разные отрасли, где используются насосные станции и установки, которые могли бы быть объектами автоматизации и диспетчеризации, сильно выделилась сфера жилищно-коммунального хозяйства (ЖКХ), которая достаточно сильно нуждается в технической оптимизации. Потому что ЖКХ показало себя как одно из самых энергозатратных и энергоемких отраслей в стране, и которую можно считать самой отсталой сферой в плане энергосбережения, энергоэффективности и внедрения новых технологических разработок. Если в наши дни пытаются обеспечить всевозможными системами контроля и управления энергии современные новые дома, то забытые старые жилые дома используют такие системы и технологии за которые ,хочется признать их непригодными к эксплуатации.

Практика показывает, что для эффективного регулирования напора и подачи воды, которые зависят от фактов эксплуатации ( потребления и потребителя), в многоэтажных и многоквартирных домах необходимо использовать автоматизированные насосные станции повышения давления, которые благодаря системе управления с высокой точностью контролируют поток воды. Применение в ЖКХ систем автоматизированного контроля и управления насосными агрегатами показывает срок окупаемости оборудования не больше года [4].

## 1.2 Виды насосных станций и их назначение

Насосная станция, являясь достаточно универсальным насосным оборудованием, нашла применение в самых различных областях, в настоящее время существуют самые различные виды насосных станций. В самых общих чертах насосные станции можно разделить на два крупных класса: бытовые и промышленные насосные станции. Промышленные насосные станции отличаются большой мощностью, повышенной производительностью и прочностью. Применяются для водоснабжения и теплоснабжения различных зданий, крупных объектов сельского хозяйства, в установках пожаротушения и т.д [5]. Рассмотрим подробнее сферы применения насосных станций.

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

*130302.2019.163.ПЗ.КР*

Лист

11



Водоснабжение. Эта опция – самое первое и важное, что приходит в голову. Насосы для воды нужны везде, от загородного дома до предприятий разного профиля. В них поддерживается нужный уровень давления, за счёт чего обеспечена бесперебойная подача воды. Как правило, сначала она поступает из источника в гидроаккумулятор, и вытекает из него, когда с другой стороны открывают кран. В это время меняется давление и в резервуар набирается новая порция воды.

Пожаротушение. Порой наличие хороших насосов играет решающую роль в скорости и качестве тушения неконтролируемого огня. Без них это было бы гораздо дольше.

Работа с автомобилями. При помощи насосных станций перекачивают разные виды топлива и смазок.

Лакокрасочная промышленность. Для работы с красками, клеями, смолами, герметиками нужны особые условия.

Производство косметики. Кремы, мази, зубная паста, шампуни также производятся в огромных количествах и требуют специальной техники.

Пищевая промышленность. Здесь существует очень большое количество разных жидкостей, так что без насосов никуда.

Одним из важных элементов практически каждого производства являются насосные станции. Это высокопрочное оборудование с хорошими показателями производительности и мощности. Оно позволяет снабжать водой целые заводы, дома и даже посёлки. А ещё используется для перекачки самых разных жидкостей, с которыми имеет дело современная промышленность [6].

Так как было выбрана область деятельности ЖКХ, то рассмотрим подробнее насосные станции водоснабжения. Виды насосных станций водоснабжения классифицируются по нескольким параметрам в соответствии с выполняемыми функциями и характером установки. Общее назначение всех насосных станций – это увеличение давления воды, подающейся в системы водоснабжения частных потребителей и промышленных объектов [7]. Существует пять категорий насосных станций, которые можно увидеть в таблице 1.

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
-----	------	----------	---------	------

*130302.2019.163.ПЗ.КР*

Лист

12

Таблица 1 – Виды насосных станций водоснабжения

Вид насосных станций водоснабжения	Задача
Станции 1-го подъема	Управление, расположенных в скважинах, глубинных насосов. Поддержание заданного уровня воды в накопительном резервуаре. Применяется в составе водоподъемных технологических сооружений совместно со станциями управления насосами 2-го и 3-го подъема.
Станции 2-го подъема	Создание давления в водопроводной сети, с забором воды из аккумулирующей емкости. Давление создается из расчета обеспечения застройки малой и средней этажности. Поддержание постоянного значения давления согласно суточному и недельному графику.
Станции 3-го подъема и последующих подъемов	Создание и поддержание необходимого давления в трубопроводе с забором воды из станции 2-го подъема для зданий средней и высокой этажности. Поддержание постоянного значения давления или согласно суточному или недельному графику
Станции подкачки НСП	При необходимости обеспечения повышенного уровня давления воды, как правило, требуемого на промышленных предприятиях и в зданиях большой этажности, используются станции подкачки. Режим работы таких станций неразрывно связан с графиком водопотребления объектов.
Станции циркуляционные ЦНС	Устанавливаются в цепи оборотного водоснабжения для перекачки отработанной в процессе производственного использования воды на охлаждающие устройства и очистные сооружения с целью дальнейшего возврата на предприятие.

Изучив насосные станции водоснабжения, было решено взять в качестве объекта оптимизации насосные станции подкачки или по-другому станции повышенного давления. Так как без технологического вмешательства в них довольно сильно изнашивается оборудование, что приводит к сокращению эксплуатации.

### 1.3 Принцип работы и устройство насосной станции

Станции повышения давления являются насосными установками, служащими для увеличения давления воды в водопроводе. Применяются для автомати-

ческого водоснабжения и повышения давления в жилых, административных зданиях, гостиницах, больницах, торговых комплексах, на промышленных объектах и в системах пожаротушения. Задача установки повышения давления – поддержание заданного давления в напорном коллекторе.

Принцип работы этого комплекса довольно несложный. Это агрегат, состоящий из двух и более насосов, управляемых автоматикой. Основная задача которого — поддержание постоянного давления в трубопроводе водоснабжения. На входе и выходе насосной станции установлены датчики давления, как только давление на выходе падает до определенного значения, включается один насос, если этого будет недостаточно, включиться второй. Как только давление на выходе превысит заданное значение, насосы отключатся. Могут быть и другие алгоритмы действия, например, насос, будет менять частоту вращения рабочего колеса, для поддержания нужного давления на выходе, зависимо от потребления воды.

В стандартную современную автоматизированную повышающую насосную станцию (ПНС) должны входить такие основные устройства как: насос для перекачки воды, гидроаккумулятор для защиты от гидроударов, электродвигатель, реле давления для управления насосной установкой, манометр для измерения и контроля давления в системе, управляющая автоматика для автоматизированного контроля и управления работой, частотно-регулирующий преобразователь для изменения скорости вращения электродвигателя. Также в общей системе водоснабжения должны использоваться: обратный клапан, чтобы в случае чего, вода не могла пойти в обратную сторону, шаровой кран и задвижки для перекрытия трубопровода для монтажа и других случаев, обычно после них сразу и ставят манометры, чтобы следить за давлением, так как в этих местах обычно случаются протечки, также чтобы разместить все датчики используемые в водоснабжении используется пятивыводной штуцер. В зависимости от того как нужно оптимизировать систему можно дополнить этот набор самыми различными устройствами. Увидеть устройство стандартной насосной станции повышения давления можно на рисунке 1 [8].

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

*130302.2019.163.ПЗ.КР*

Лист

14

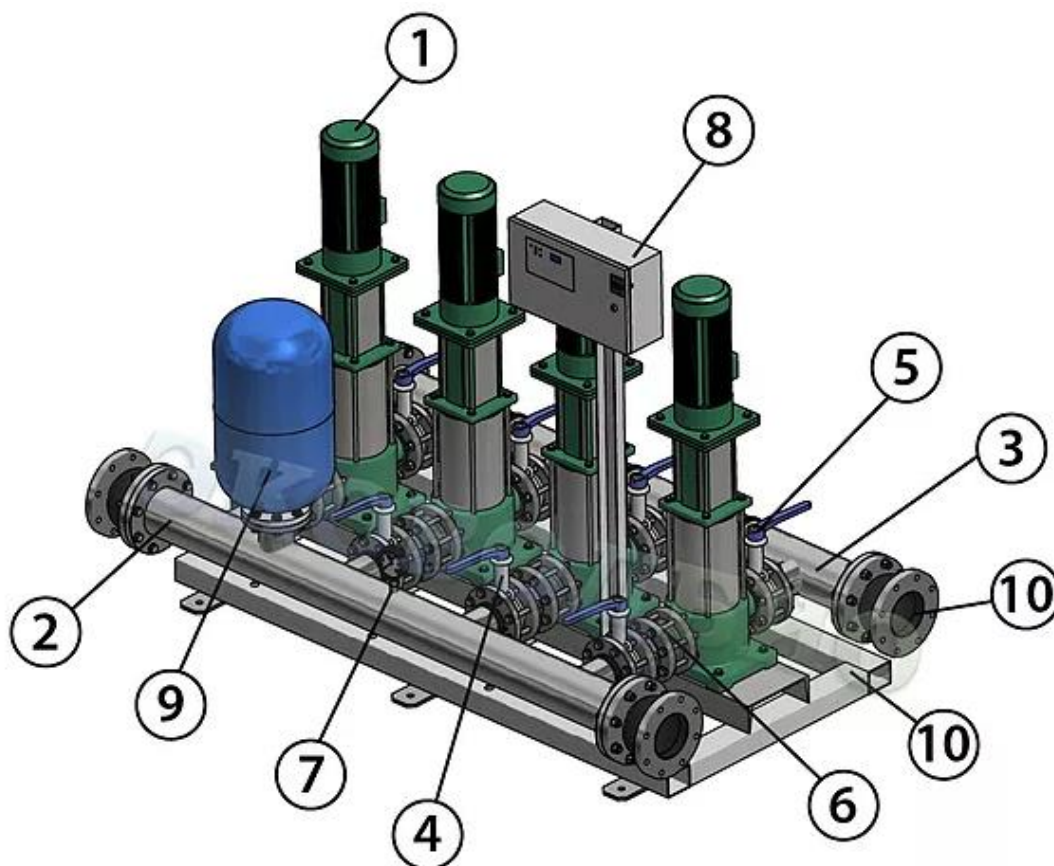


Рисунок 1 – Устройство стандартной насосной станции повышения давления

Цифрами указаны (рисунок 1) элементы насосной станции [9]:

- 1 – Насос вертикальный
- 2 – Напорный коллектор
- 3 – Всасывающий коллектор
- 4 – Затвор на всасывающей линии
- 5 – Обратный клапан на напорной линии
- 6 – Манометр на напорной линии
- 7 – Муфта виброкомпенсационная
- 8 – Шкаф управления
- 9 – Гидроаккумулятор
- 10 – Рама

#### 1.4 Насосы

Существует большое количество насосов ,предназначенных для самых различных жидкостей ,разных поверхностей, разных конструкций, но мы

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

130302.2019.163.ПЗ.КР

Лист

15

рассмотрим только насосы ,которые применяются для повышения давления водоснабжения.

Существуют универсальные насосы, которые можно устанавливать и для горячей, и для холодной воды. Также существуют насосы, которые можно устанавливать только на холодную или только на горячую воду. Как правило, насосы устанавливают на холодную воду, поскольку обычно техника забирает воду именно оттуда. Обычно применяются для повышения давления центробежные насосы.

Центробежные насосы являются одним из наиболее популярных видов насосного оборудования, используемого как в различных отраслях промышленности, так и для оснащения систем бытового водоснабжения, является насос центробежного типа. Используя такое оборудование, представленное на современном рынке множеством разных моделей, можно успешно откачивать жидкую среду из скважин и колодцев даже большой глубины и затем транспортировать ее по трубопроводу на значительные расстояния. Благодаря отличным показателям эффективности и надежности, центробежные насосы стали универсальными во многих отраслях. Основное устройство насосной части можно увидеть на рисунке 2.

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

*130302.2019.163.ПЗ.КР*

Лист

16

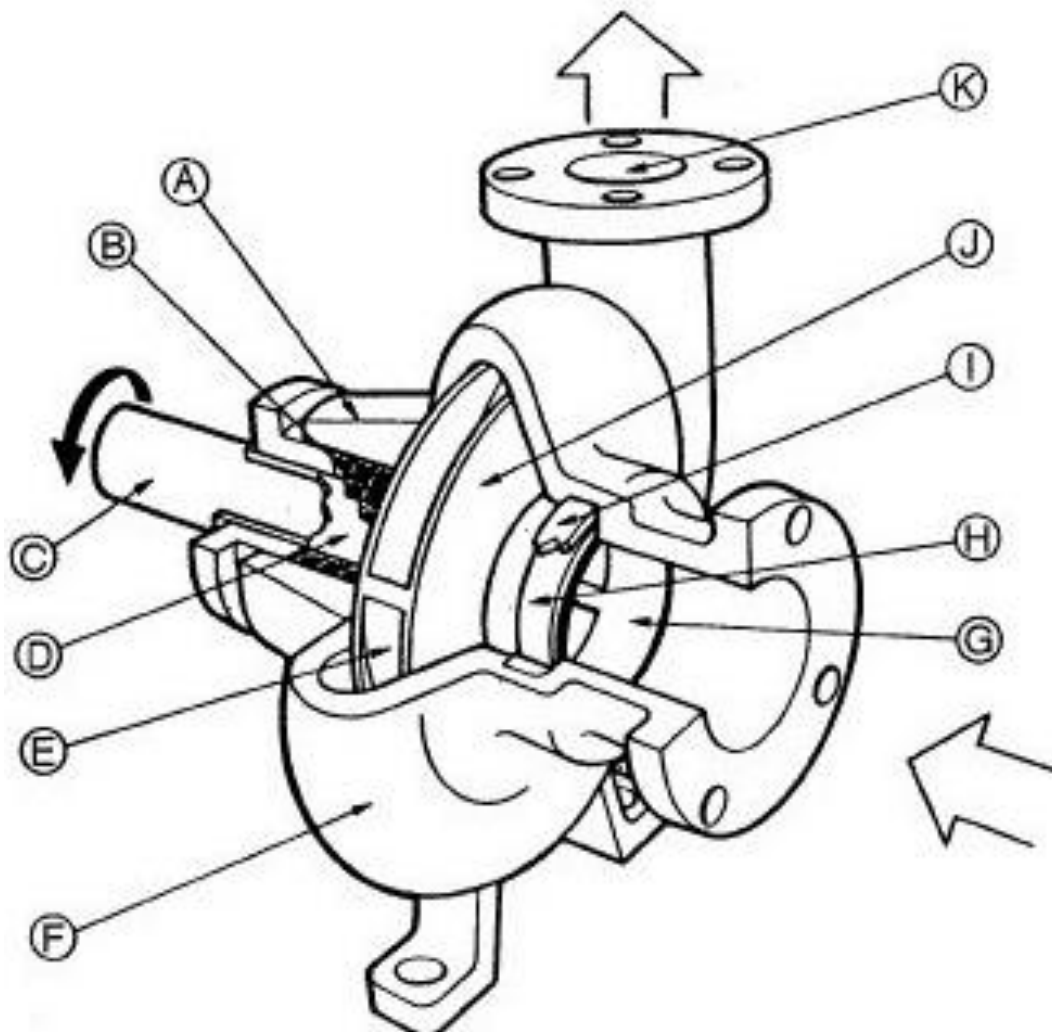


Рисунок 2 – Устройство насосной части оборудования центробежного типа

Буквами обозначены:

А – сальник

В – набивка

С – Вал

Д – Втулка вала

Е – Лопасть

Ф – Корпус

Г – Приемное пространство лопостного колеса

Н – Рабочее колесо

И – Уплотнительное кольцо

Ж – Рабочее колесо

К – Выпускной патрубок

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

130302.2019.163.ПЗ.КР

Лист

17

Устройство центробежного насоса простое, как и его принцип действия.

Жидкая среда, попадающая во внутреннюю рабочую камеру, захватывается лопатками рабочего колеса и начинает перемещаться вместе с ними. Под воздействием центробежной силы жидкая среда отбрасывается к стенкам рабочей камеры, где создается избыточное давление. Находясь под избыточным давлением, жидкая среда выталкивается через напорный патрубок. В тот момент, когда жидкая среда из центральной части рабочей камеры отбрасывается к стенкам, создается разрежение воздуха, что и обеспечивает всасывание новой порции жидкости через входной патрубок. Принцип действия отображен на рисунке 3.

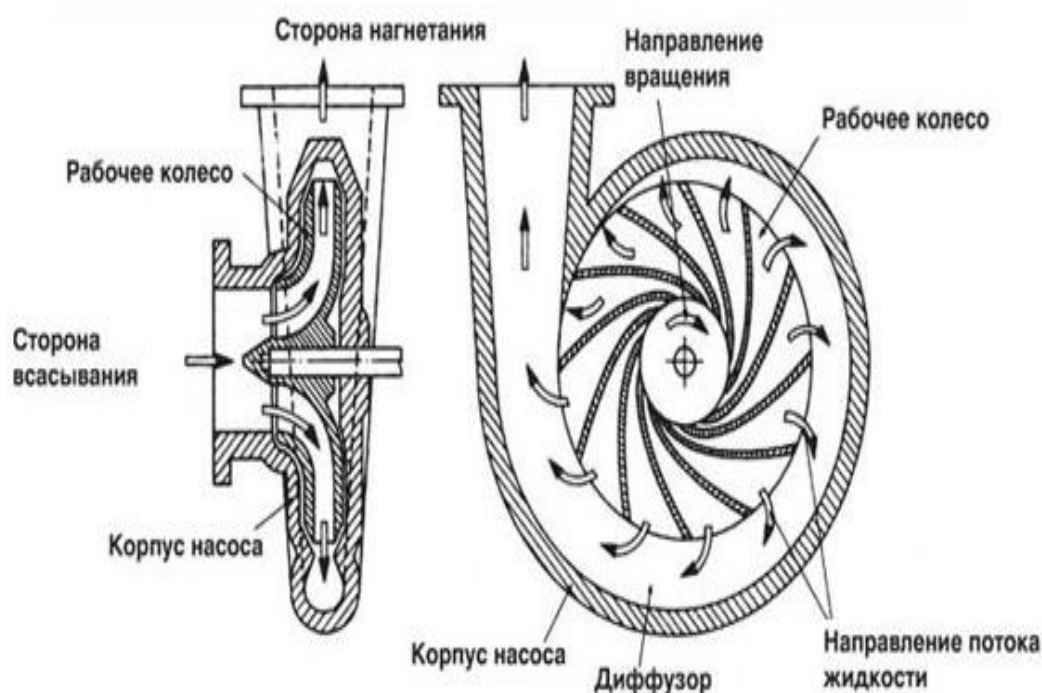


Рисунок 3 – Принцип действия центробежного насоса

В наше время на современном рынке достаточно много предлагается различных видов центробежных насосов, отличающихся конструкций, параметрами, по типу двигателя и др. Классификацию центробежных насосов (ЦН) можно увидеть на рисунке 4.

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

130302.2019.163.ПЗ.КР

Лист

18



Рисунок 4 – классификация ЦН

Также они делятся на оборудование с «мокрым» и «сухим» ротором.

В насосах первого типа как рабочее колесо, так и ротор постоянно находятся в контакте с перекачиваемой жидкой средой, которая обеспечивает смазывание и охлаждение движущихся частей насоса. За счет такой конструктивной особенности сделать элементы внутренней конструкции насосов с «мокрым» ротором большими не представляется возможным, поэтому оборудование данного типа, как правило, характеризуется невысокой мощностью.

В центробежных насосах с «сухим» ротором, принцип действия которых практически ничем не отличается от особенностей функционирования любого другого центробежного насосного оборудования, с перекачиваемой жидкой средой контактирует только рабочее колесо, вращение на которое передается от ротора и приводного электродвигателя, расположенных в герметичном отсеке. Центробежное насосное оборудование с «сухим» ротором отличается более высокой мощностью и, соответственно, потребляет значительно больше электроэнергии, чем устройства, оснащенные «мокрым» ротором.

Преимущества и недостатки. К наиболее значимым преимуществам гидромашин данного типа следует отнести:

- высокую производительность, которую обеспечивают конструктивные особенности и принцип действия таких устройств;



- стабильность параметров потока жидкой среды, создаваемого насосным оборудованием данного типа;
- компактные габариты и небольшой вес;
- простоту технического обслуживания, для чего можно не привлекать сторонних специалистов, выполняя все необходимые процедуры самостоятельно при помощи набора простейших инструментов;
- длительный эксплуатационный срок.

Естественно, следует рассмотреть и недостатки подобных устройств, такие как:

- Насосное оборудование данного типа нельзя использовать, пока его внутренняя рабочая камера не будет заполнена жидкой средой. Если пренебречь этим требованием, то гидромашина достаточно быстро выйдет из строя.
- При использовании одноступенчатых центробежных насосов создать высокий напор в обслуживаемой такими устройствами трубопроводной системе не получится: для этого следует применять оборудование, оснащенное несколькими рабочими колесами.

ЦН можно разделить на одноступенчатые и многоступенчатые, по сути принцип остается таким же, но увеличивается количество рабочих колес. Одноступенчатый центробежный насос, в отличие от многоступенчатых моделей, оснащается одним рабочим колесом. Центробежный многоступенчатый насос может иметь в своем оснащении два и более рабочих колеса с лопатками, что позволяет значительно повысить эффективность такого оборудования. Увидеть многоступенчатый центробежный насос можно на рисунке 5.

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

*130302.2019.163.ПЗ.КР*

Лист

20

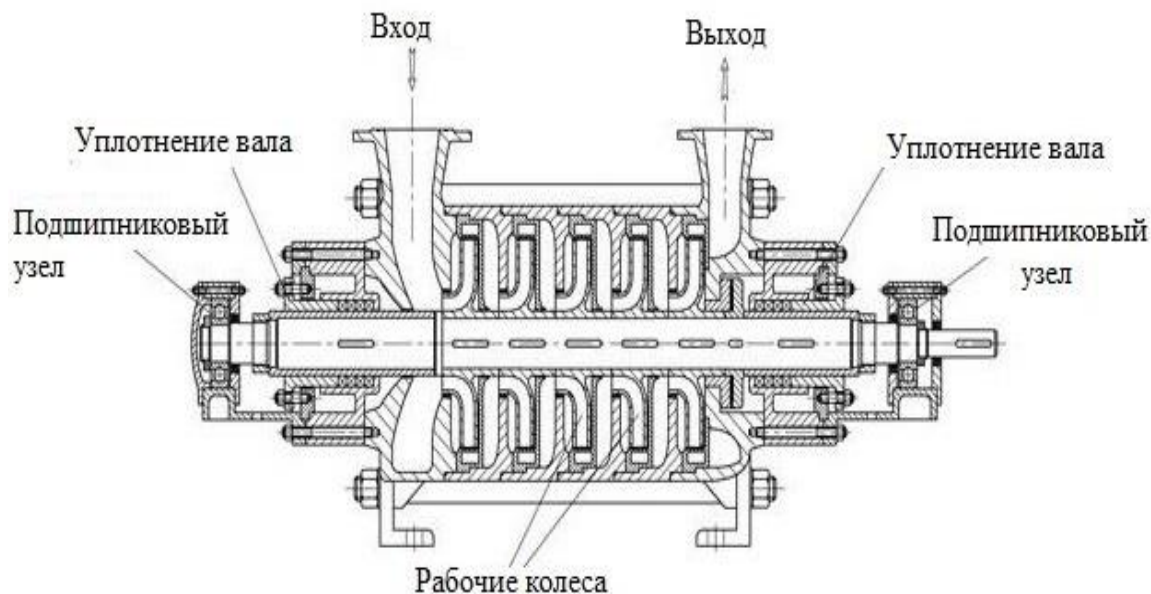


Рисунок 5 – Многоступенчатый центробежный насос

Благодаря большому количеству колес, многоступенчатые имеют некоторые преимущества, такие как:

- Благодаря большому количеству колес в многоступенчатом центробежном насосе, можно повысить производительность перекачиваемой среды, которая определяется, как объем количества воды перекачиваемой в единицу времени в этом насосе.
- Из-за того что, многоступенчатые центробежные насосы имеют большее количество колес в конструкции, они могут увеличить напор перекачиваемой воды, так общий напор складывается и суммы каждого напора, создаваемого отдельным колесом, поэтому это может улучшить давление в водопроводных магистралях.

Как многоступенчатый, так и одноступенчатый насос отличается целым рядом достоинств, которые и делают данные устройства такими популярными среди потребителей. К преимуществам рассматриваемых гидромашин относятся:

- компактные габариты и небольшой вес (поскольку рабочий вал насосного оборудования напрямую соединен с приводным электродвигателем, что исключает необходимость использования дополнительных передаточных механизмов);

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

130302.2019.163.ПЗ.КР

Лист

21

- высокая надежность и длительный эксплуатационный срок, отсутствие необходимости в осуществлении регулярного технического обслуживания;
- минимизация риска возникновения скачков давления (жидкая среда, перекачиваемая насосами данного типа, подается в напорную магистраль в плавном режиме);
- отсутствие клапанных элементов (это дает возможность перекачивать загрязненные жидкие среды, содержащие в своем составе нерастворимые твердые включения);
- простота конструкции (именно поэтому любой многоступенчатый или одноступенчатый насос доступен по цене).

Также присутствуют и недостатки, такие как:

- достаточно низкий КПД при работе в режиме малой производительности (это становится проблемой в том случае, когда требуется под высоким давлением перекачать маленький объем жидкой среды);
- невозможность быстрого запуска (чтобы такие устройства начали работать, их рабочую камеру необходимо предварительно заполнить жидкостью).

И последняя группа, на которую мы можем разделить ЦН – это пространственное расположение, то есть на вертикальные и горизонтальные.

Горизонтальное расположение, считается традиционным, как и у многих видов электрических машин. Ничего особенного в этом способе исполнения нет, но в таком положении они занимает достаточно много места, становясь довольно габаритной установкой.

Вертикальное расположение используется в водопроводных и канализационных магистралях, да и вообще много в каких отраслях. Так как могут перекачивать чистые и грязные жидкости или вязкие. Вся установка получается довольно компактной и негабаритной, показывая невысокие показатели шума. Благодаря вертикальному расположению, насосы могут быть поверхностными, погружными и полупогружными.

Таким образом можно наблюдать, что недостатки присутствуют у ЦН, но их не так много и они перекрываются достоинствами этого типа насосов,

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

*130302.2019.163.ПЗ.КР*

Лист

22

показывая высокие результаты в эффективности, распространенности и удобности эксплуатации, благодаря своей конструкции. В зависимости от того какие мы преследуем цели, мы будем выбирать одноступенчатые или многоступенчатые ЦН, вертикальные или горизонтальные ,с «мокрым» или «сухим» ротором. Поэтому они та популярны и универсальны во многих сферах [10].

### 1.5 Электродвигатели

Для систем водоснабжения наиболее подходящим электроприводом является двигатели переменного тока, а точнее асинхронные, знаменитые своей простотой конструкции, простотой в эксплуатации, простотой в управлении и низкими энергетическими и экономическими затратами. Именно они определили привод в насосных установках водоснабжения. Электродвигатели являются важным элементом насосных установок и станций, ведь в зависимости какая у них конструкция, как легко ими управлять, насколько проста эксплуатация и конечно же экономический фактор – это их стоимость, насколько выгодно их использовать .Поэтому к их выбору в электрический привод надо подходить, с большой ответственностью ,чтобы система была максимально надежной и производительной.

К электрическому приводу насосных установок и станции предъявляется ряд требований . Первым из которых является требование – пуск привода под нагрузкой. Если в работе будет осуществляться продолжительное реверсивное движение, из-за вызываемого сливом воды из напорных трубопроводов после отключения электродвигателя от сети при плановой или аварийной остановке агрегата, то конструкция машины должна этому располагать. Также , если электрическая машина используется в режиме повторных пусков , то к приписывают дополнительные требования к консрукциям обмотки статора и пусковой обмотки электродвигателя, нагревание которых определяет продолжительность требуемой паузы между пусками и допустимое число пусков за рассматриваемый период.

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

*130302.2019.163.ПЗ.КР*

Лист

23

Асинхронные электродвигатели. При работе этих двигателей частота вращения магнитного поля статора постоянна и зависит от частоты питающей сети (стандартная частота 50 Гц) и от числа пар полюсов, а частота вращения ротора отличается на величину скольжения, составляющую 0,012-0,06 скорости магнитного поля статора. Но в насосных установках и станциях они нашли достаточно широкое применение и остаются до сих пор популярными в эксплуатации, за счет простоты конструкции, вполне удобного обслуживания и невысокой цены.

Смотря какие обмотки используются в роторе асинхронной машины переменного тока, можно разделить на короткозамкнутые и фазные асинхронные электродвигатели. Для насосных установок или станций наиболее лучше подходит асинхронный короткозамкнутый двигатель, если суммарная мощность находится до 100 кВт. Так как они являются наиболее простым типом электродвигателей в обслуживании, они просты в управлении, так как пуск у них прямой асинхронный, то для них не нужно приобретать дополнительные устройств, что позволяет нам упростить схему для управления исполнительным механизмом. За счет его простоты конструкции и эксплуатации, он является наиболее подходящим электроприводом (см.рис 6-7).

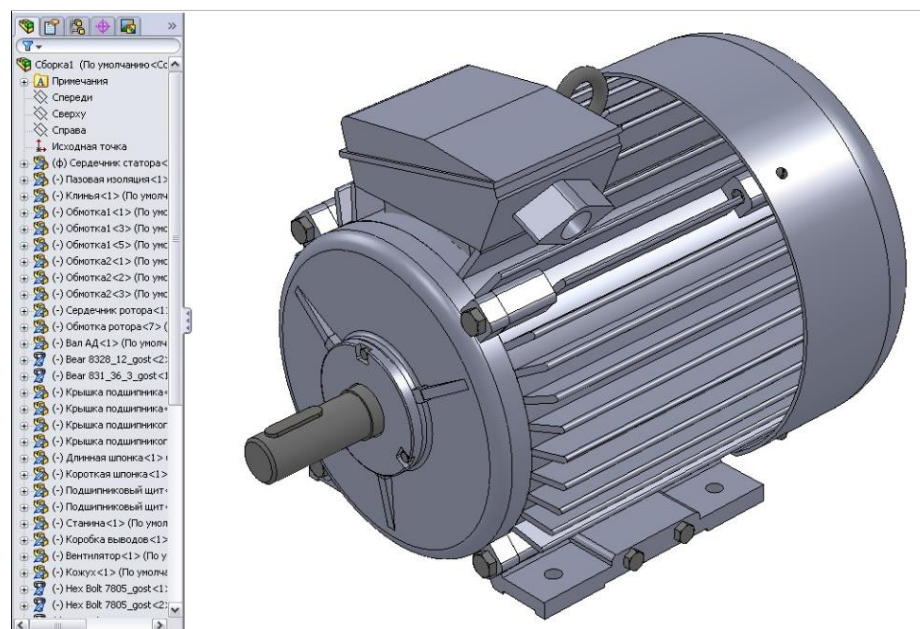


Рисунок 6 – Пример асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором, выполненного в программе SolidWorks

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

130302.2019.163.ПЗ.КР

Лист

24

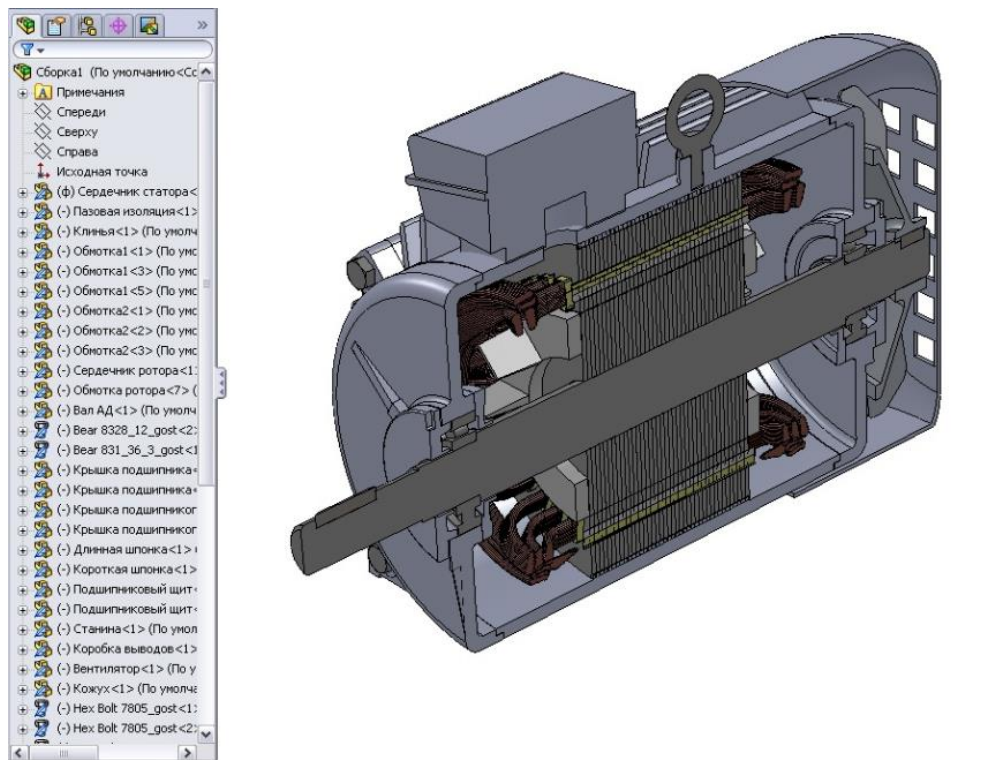


Рисунок 7 – Пример асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором, выполненного в программе SolidWorks

Однако при прямом включении короткозамкнутых асинхронных электродвигателей очень высока кратность пускового тока, который для двигателей мощностью 0,6 - 100 кВт в 5-7 раз выше номинального тока. Такой кратковременный толчок пускового тока относительно безопасен для двигателя, но вызывает резкое снижение напряжения в сети, что может неблагоприятно сказаться на других потребителях энергии, присоединенных к той же распределительной сети. По этим причинам допустимая номинальная мощность асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым ротором, пускаемым прямым включением, зависит от мощности сети и в большинстве случаев ограничивается 100 кВт.

Асинхронные электродвигатели с фазным ротором имеют более сложную и дорогую конструкцию, так как обмотки ротора у них соединяются с наружным пусковым реостатом через три контактных кольца со скользящими по ним щетками. Перед пуском такого электродвигателя в цепь ротора с помощью реостата вводят дополнительное сопротивление, благодаря чему при включении электродвигателя уменьшается сила пускового тока. По мере увеличения частоты

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

130302.2019.163.ПЗ.КР

Лист

25

вращения двигателя сопротивление постепенно уменьшается, а после того как электродвигатель достигнет частоты вращения, "близкой к нормальной, сопротивление пускового реостата целиком выводят, обмотки закорачивают и двигатель продолжает работать как короткозамкнутый. Для насосов с горизонтальным валом отечественной промышленностью в настоящее время выпускаются асинхронные электродвигатели с короткозамкнутым ротором единой серии 4А мощностью 0,06-400 кВт.

Изготавливаются электродвигатели серии ВАН в вертикальном подвесном исполнении с подпятником и двумя направляющими подшипниками (один из которых расположен в верхней крестовине, другой — в нижней), с фланцевым концом вала для присоединения к насосу. Вентиляция электродвигателя осуществляется по разомкнутому циклу напором воздуха, создаваемым вращающимся ротором и вентиляторами. Холодный воздух поступает в машину снизу из фундаментной ямы через нижнюю крестовину и сверху через окна в верхней крестовине. Нагретый воздух выбрасывается через отверстия в корпусе статора. Асинхронные электродвигатели основного исполнения имеют различные модификации, в частности: с повышенным пусковым моментом; с повышенными энергетическими показателями для насосных агрегатов с круглосуточной работой, при которой особое значение имеет повышение КПД; с фазным ротором, облегчающим условия пуска и т. п.

Отечественной промышленностью также выпускаются многоскоростные асинхронные электродвигатели, позволяющие изменением частоты вращения регулировать подачу и напор насоса, улучшая, тем самым, технико-экономические показатели насосной станции в целом. Так, например, двухскоростные электродвигатели серии ДВДА имеют интервал значений мощности от 500/315 до 1600/1000 кВт. Эти электродвигатели переводятся с одной частоты вращения на другое отключение одной обмотки статора с последующим включением другой.

Синхронные электродвигатели переменного тока применяются для привода мощных насосов, характеризующихся большой продолжительностью

работы. Частота вращения синхронных электродвигателей связана постоянным отношением с частотой сети переменного тока, в которую эта машина включена. Ротор синхронной машины отличается от ротора асинхронной наличием рабочей обмотки для создания постоянного магнитного поля, взаимодействующего с вращающимся магнитным полем статора. Рабочая обмотка ротора запитывается постоянным током от возбудителя, которым может служить либо генератор постоянного тока, либо тиристорный возбудитель. Генератор постоянного тока может располагаться отдельно от электродвигателя или крепиться на валу ротора. Во втором случае генератор выполняется с самовозбуждением, тиристорный возбудитель всегда располагается отдельно от электродвигателя.

Основные преимущества синхронного электродвигателя перед асинхронным следующие:

- синхронный электродвигатель может работать с коэффициентом мощности ( $\cos\varphi$ ), равным единице и даже опережающим, что улучшает коэффициент мощности сети и, следовательно,
- экономит электроэнергию,
- при колебаниях напряжения в сети синхронный электродвигатель работает более устойчиво, допуская кратковременное снижение напряжения до 0,6 номинального.

Основным недостатком синхронных электродвигателей является то, что момент на их валу при пуске равен нулю, поэтому их необходимо раскручивать тем или иным способом до скорости, близкой к синхронной для этой цели большинство современных синхронных электродвигателей имеет в роторе дополнительную пусковую короткозамкнутую обмотку, аналогичную обмотке ротора асинхронного двигателя.

Серийно выпускаемый вертикальный синхронный электродвигатель серии ВДС имеет статор цилиндрической формы, активная сталь которого набрана пакетами из листового стали и закреплена в станине стяжными шпильками. Ротор двигателя выполнен из литой стали. Полюсы прикреплены к ободу болтами. В верхней крестовине размещены подпятник, верхний направляющий подшипник и



маслоохладитель. Эта крестовина является грузонесущей и воспринимает вес всех вращающихся частей агрегата и давление воды на рабочее колесо насоса. В нижней крестовине двигателя установлен нижний направляющий подшипник. Возбудитель двигателя (в данном случае генератор постоянного тока с самовозбуждением) вместе с контактными кольцами насажен на отдельный вал, который имеет фланцевое соединение с валом двигателя. В случае отдельно стоящих возбудителей на валу электродвигателя устанавливаются кольца, с помощью которых возбудитель соединяется с обмотками ротора. Двигатель имеет проточную вентиляцию. Двигатели этого типа мощностью свыше 4000 кВт выполняются с замкнутой системой вентиляции и охлаждением воздуха с помощью охладителей.

Обозначение электродвигателей этого типа включает данные об их габаритах. Напряжение приводного двигателя принимают в зависимости от его мощности и напряжения сети энергосистемы, к которой подключена насосная станция. Если питание насосной станции осуществляется от энергосети напряжением 3,6 или 10 кВ и мощность электродвигателей превышает 250 кВт, то следует устанавливать двигатели на том же напряжении. В этом случае отпадает необходимость сооружения понизительной трансформаторной подстанции и, следовательно, уменьшаются затраты по сооружению насосной станции. Напряжение электродвигателей мощностью 200-250 кВт определяется схемой электропитания и условиями перспективного увеличения их мощности. Электродвигатели мощностью до 200 кВт следует принимать низковольтными, напряжением 220, 380 и реже 500 В.

В зависимости от особенностей среды производственных помещений водопроводных и канализационных насосных станций в них устанавливают электродвигатели в том или ином конструктивном исполнении. Исполнение электродвигателей, устанавливаемых во взрывоопасных помещениях, должно приниматься в соответствии с Правилами устройств электроустановок (ПУЭ) [11].

Так как автоматизация происходит в отрасли ЖКХ и объектом является насосная станция повышения давления жилого дома, нам нужны мощности до 100

					<i>130302.2019.163.ПЗ.КР</i>	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		28

кВт, поэтому мы будем использовать асинхронные двигатели для простоты и удобства работы, но также в соответствии с требованиями СНиП 2.04.02-84: Насосные станции [12].

### 1.6 Частотные преобразователи

В системах водоснабжения обычно используют самый простой, но не самый эффективный метод регулирования – дросселирование. Хотя самым эффективным, но и самым дорогим считается частотное регулирование, которое, если внедрить в систему окупается в течение года. Частотный преобразователь в совокупности с асинхронным двигателем может заменить электропривод постоянного тока, который достаточно прост, но имеет свой недостаток, который проявляется в электродвигателе. Управление асинхронным электродвигателем в частотном режиме до недавнего времени было большой проблемой. Развитие частотно-регулируемого электропривода сдерживалось высокой стоимостью преобразователей частоты. Появление силовых схем с IGBT-транзисторами, разработка высокопроизводительных микропроцессорных систем управления позволило различным фирмам Европы, США и Японии создать современные преобразователи частоты доступной стоимости. Так узнаем подробнее, что такое частотный преобразователь (ЧП) и какой ЧП нас лучше использовать в нашей автоматизированной системе насосной станции (НС) [13].

Частотный преобразователь – электротехническое устройство (система управления), используемое для контроля скорости и/или момента двигателей переменного тока путем таких величин, как: частоты и напряжения питания электродвигателя. Согласно ГОСТ 23414-84 полупроводниковый преобразователь частоты – полупроводниковый преобразователь переменного тока, осуществляющий преобразование переменного тока одной частоты в переменный ток другой частоты. ЧП служит для постоянного управления процессом. В наше время ПЧ находят широкое применение в различных сферах. Из-за развития силовых полупроводниковых элементов, инверторы напряжения и инверторы тока с ШИМ управлением получают все более широкое применение. Устройства, которые преобразуют постоянный сигнал в переменный, с желаемым

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

*130302.2019.163.ПЗ.КР*

Лист

29

напряжением и частотой, называются инверторами. Такое преобразование может быть осуществлено с помощью электронных ключей (BJT, MOSFET, IGBT, MCT, SIT, GTO) и тиристоров в зависимости от задачи. Сейчас, популярность набирают биполярные транзисторы с изолированным затвором IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) [14]. Частотные преобразователи, используемые в регулируемом электроприводе, в зависимости от структуры и принципа работы силовой и управляющей части можно разбить на 2 вида:

- С явно выраженным промежуточным звеном постоянного тока.
- С непосредственной связью (без промежуточного звена постоянного тока)

ЧП с непосредственной связью состоят из управляемого выпрямителя и выполнены на не запираемых тиристорах. Стоимость такого ЧП сразу вырастает в цене, потому что требуется сложная управляющая система, если использовать не запираемые тиристоры. Но главный недостаток – это достаточно малый диапазон управления частоты вращения двигателя (не более 1:10), поэтому в современных частотно-регулируемых приводах, у которых широкий диапазон регулирования технологических параметров, нет возможности их применять из-за такого ограничения. Поэтому так подробно не стоит их рассматривать, так как они не подходят для нашей системы.

ЧП с явно выраженным промежуточным звеном постоянного тока.

Помимо частотных преобразователей с непосредственной связью, большую популярность приобрели частотные преобразователи с явно выраженным промежуточным звеном постоянного тока. В частотных преобразователях этого класса используется двойное преобразование электрической энергии: входное синусоидальное напряжение с постоянной амплитудой и частотой выпрямляется в выпрямителе (В), фильтруется фильтром (Ф), сглаживается, а затем вновь преобразуется инвертором (И) в переменное напряжение изменяемой частоты и амплитуды. Двойное преобразование энергии приводит к снижению к.п.д. и к некоторому ухудшению массогабаритных

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

130302.2019.163.ПЗ.КР

Лист

30

показателей по отношению к преобразователям с непосредственной связью (см.рис.8).

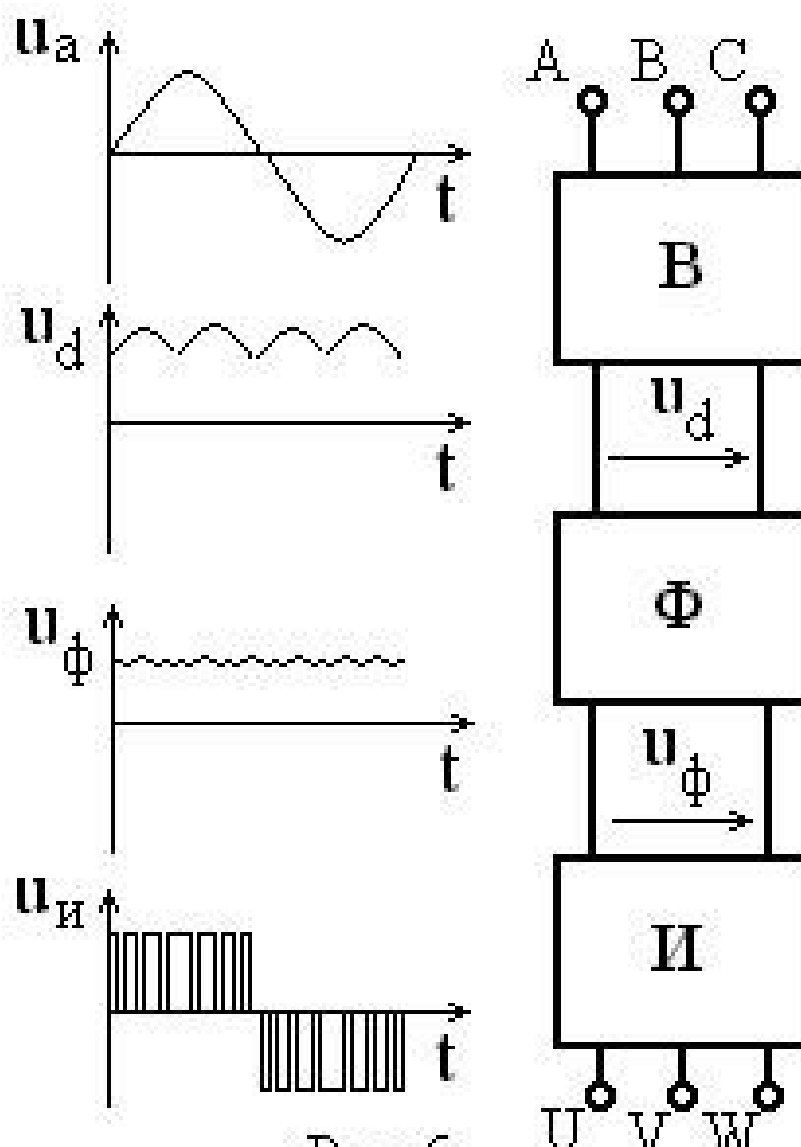


Рисунок 8 – ЧП с явно выраженным промежуточным звеном постоянного тока

Для формирования синусоидального переменного напряжения используются автономные инверторы напряжения и автономные инверторы тока.

В качестве электронных ключей в инверторах применяются запираемые тиристоры GTO и их усовершенствованные модификации GCT, IGCT, SGCT, и биполярные транзисторы с изолированным затвором IGBT.

Главным достоинством тиристорных преобразователей частоты, как и в схеме с непосредственной связью, является способность работать

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

с большими токами и напряжениями, выдерживая при этом продолжительную нагрузку и импульсные воздействия. Они имеют более высокий КПД (до 98%) по отношению к преобразователям на IGBT транзисторах (95 – 98%). Преобразователи частоты на тиристорах в настоящее время занимают доминирующее положение в высоковольтном приводе в диапазоне мощностей от сотен киловатт и до десятков мегаватт с выходным напряжением 3 — 10 кВ и выше. Однако их цена на один кВт выходной мощности самая большая в классе высоковольтных преобразователей. До недавнего прошлого преобразователи частоты на GTO составляли основную долю и в низковольтном частотно регулируемом приводе. Но с появлением IGBT транзисторов произошел «естественный отбор» и сегодня преобразователи на их базе общепризнанные лидеры в области низковольтного частотно регулируемого привода. Тиристор является полупроводниковым прибором: для его включения достаточно подать короткий импульс на управляющий вывод, но для выключения необходимо либо приложить к нему обратное напряжение, либо снизить коммутируемый ток до нуля. Для этого в тиристорном преобразователе частоты требуется сложная и громоздкая система управления.

Биполярные транзисторы с изолированным затвором IGBT отличают от тиристоров полная управляемость, простая неэнергоёмкая система управления, самая высокая рабочая частота. Вследствие этого преобразователи частоты на IGBT позволяют расширить диапазон управления скорости вращения двигателя, повысить быстродействие привода в целом.

Для асинхронного электропривода с векторным управлением преобразователи на IGBT позволяют работать на низких скоростях без датчика обратной связи. Применение IGBT с более высокой частотой переключения в совокупности с микропроцессорной системой управления в частотных преобразователях снижает уровень высших гармоник, характерных для тиристорных преобразователей. Как следствие меньшие добавочные потери в обмотках и магнитопроводе электродвигателя, уменьшение нагрева электрической машины, снижение пульсаций момента и исключение

так называемого «шагания» ротора в области малых частот. Снижаются потери в трансформаторах, конденсаторных батареях, увеличивается их срок службы и изоляции проводов, уменьшаются количество ложных срабатываний устройств защиты и погрешности индукционных измерительных приборов.

Частотные преобразователи на транзисторах IGBT по сравнению с тиристорными преобразователями при одинаковой выходной мощности отличаются меньшими габаритами, массой, повышенной надежностью в силу модульного исполнения электронных ключей, лучшего теплоотвода с поверхности модуля и меньшего количества конструктивных элементов.

Они позволяют реализовать более полную защиту от бросков тока и от перенапряжения, что существенно снижает вероятность отказов и повреждений электропривода.

На настоящий момент низковольтные преобразователи на IGBT имеют более высокую цену на единицу выходной мощности, вследствие относительной сложности производства транзисторных модулей. Однако по соотношению цена/качество, исходя из перечисленных достоинств, они явно выигрывают у тиристорных, кроме того, на протяжении последних лет наблюдается неуклонное снижение цен на IGBT модули.

Структура и принцип работы низковольтного преобразователя частоты на IGBT транзисторах. Типовая схема низковольтного преобразователя частоты представлена на рисунке 8. В нижней части рисунка изображены графики напряжений и токов на выходе каждого элемента инвертора. Переменное напряжение питающей сети ( $u_{вх}$ ) с постоянной амплитудой и частотой ( $U_{вх} = \text{const}, f_{вх} = \text{const}$ ) поступает на управляемый или неуправляемый выпрямитель (1). Для сглаживания пульсаций выпрямленного напряжения ( $u_{выпр.}$ ) используется фильтр (2). Выпрямитель и емкостный фильтр (2) образуют звено постоянного тока. С выхода фильтра постоянное напряжение ( $u_d$ ) поступает на вход автономного импульсного инвертора (3). Автономный инвертор современных низковольтных преобразователей, как было отмечено, выполняется на основе силовых биполярных транзисторов с изолированным

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

130302.2019.163.ПЗ.КР

Лист

33

затвором IGBT. На рассматриваемом рисунке изображена схема преобразователя частоты с автономным инвертором напряжения как получившая наибольшее распространение [15].

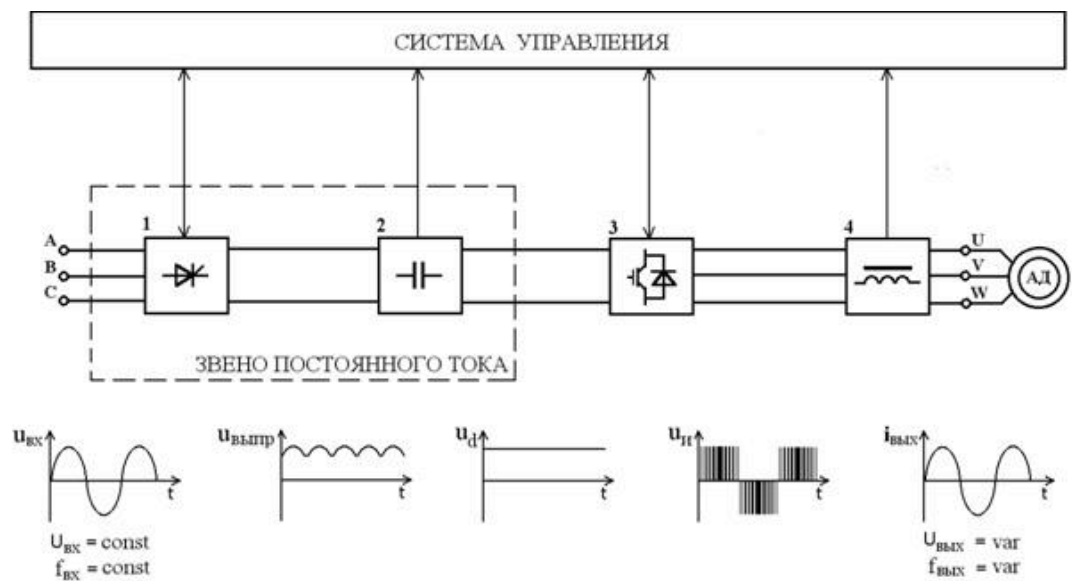


Рисунок 8 – Типовая схема низковольтного преобразователя частоты на IGBT транзисторах

Схема включения транзисторных ключей представлена на рисунке 9.

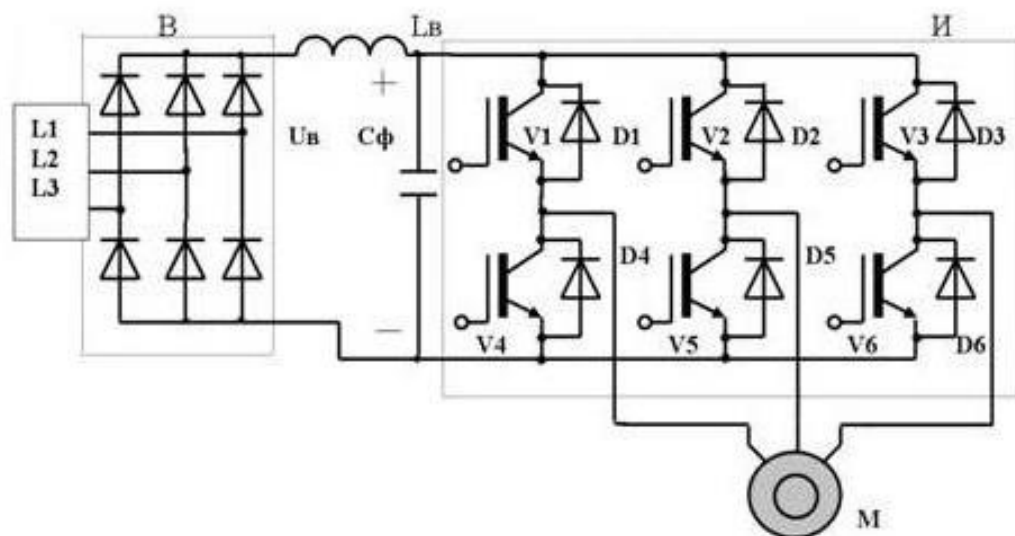


Рисунок 9 – Схема включения транзисторных ключей

где И – трехфазный мостовой инвертор;

В – трехфазный мостовой выпрямитель;

Сф – конденсатор фильтра.

Принцип работы частотных преобразователей для насосов. Преобразователь частоты для насосов преобразует входное силовое напряжение в

оптимальное для выбранного режима работы насоса выходное. При этом в системе формируется контур управления с обратной связью по выбранному параметру (например, по давлению воды в системе водоснабжения). Датчик давления передает информацию в электронный блок ПЧ, а преобразователь, в свою очередь, изменяет выход (частоту, напряжение) в ту или иную сторону для поддержания постоянного давления воды в трубопроводе (см.рис.10) [16].

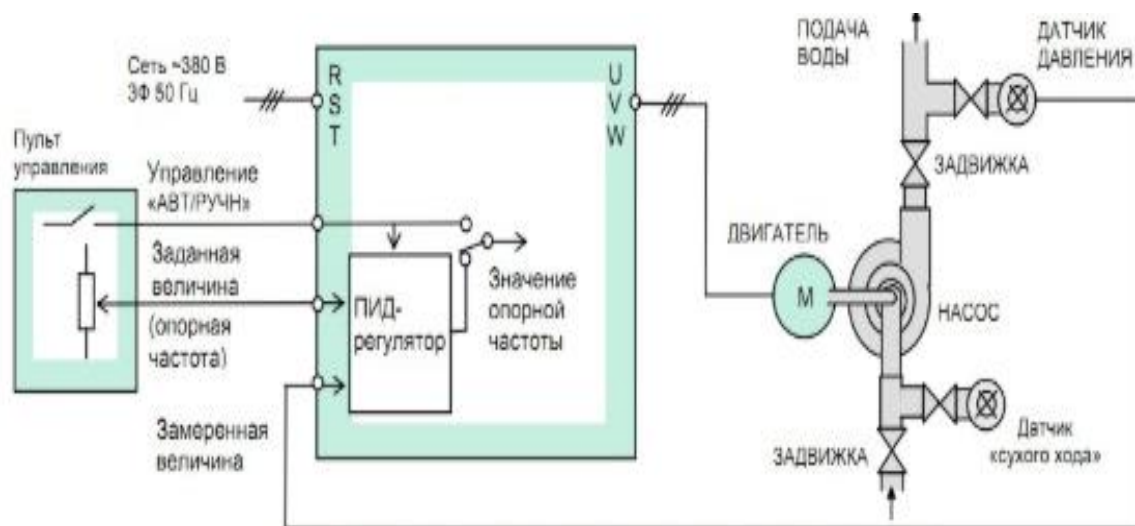


Рисунок 10 – Управление насосом частотным преобразователем

Частотные преобразователи с явно выраженным промежуточным звеном постоянного тока имеют 2 типа управления: векторное и скалярное.

Первый метод управления – скалярный. Особенность скалярного управления заключается в его распространенности, а область применения связана с приводами насосов и вентиляторов. Кроме этого, частотные преобразователи со скалярным методом управления используют там, где важно поддерживать определенный технологический параметр. Им может быть, например, давление в трубопроводе. Изменение амплитуды, а также частоты питающего напряжения выступает в качестве основного принципа, на котором основывается данный метод. При этом используется закон  $U/f$ . Наибольший диапазон для регулирования скорости составляет 1:10. Дополнительные особенности скалярного метода заключаются в свойственной ему легкости при реализации. Существует также и недостаток, который заключается в том, что нет возможности точно регулировать скорость вращения



вала. Еще одна особенность – на валу двигателя частотный преобразователь со скалярным управлением не дает возможности контролировать момент.

Второй метод, используемый в частотных преобразователях – векторный. Это такой метод управления синхронными и асинхронными двигателями, при котором формируются не только гармонические токи (напряжения) фаз, но и обеспечивается управление магнитным потоком ротора, а именно, моментом на валу электродвигателя. Векторное управление применяется в случае, когда в процессе эксплуатации нагрузка может меняться на одной и той же частоте, т.е. нет четкой зависимости между моментом нагрузки и скоростью вращения, а также в случаях, когда необходимо получить расширенный диапазон регулирования частоты при номинальных моментах.

Первый и второй методы управления частотным преобразователем имеют свои достоинства и недостатки. В векторном управлении мы можем контролировать величину и частоту напряжения питания и фазу, большая точность регулирования, быстрая реакция на изменение нагрузки, но основным недостатком является невозможность управления несколькими насосами, что требуется в нашей системе. В скалярном управлении мы можем контролировать несколько групп насосов, и этот метод достаточно прост в реализации, но имеет недостатки такие как: нельзя управлять моментом, нельзя управлять скоростью вращения вала, если не установлен датчик скорости [14].

Каждый из этих методов можно разделить 2 типа: система с датчиком (обратной связью) и система без датчика.

Исходя из наших целей, мы выберем частотник с вольт-частотным управлением (скалярным) с ШИМ модификацией и реализацией каскадного режима. Но, если использовать контрольно-измерительные приборы от компании ОВЕН, которая сотрудничает с компанией ИнСАТ, у которой мы используем ПО MASTERSCADA (см.раздел 1.15), то можно использовать векторный частотный преобразователь в комбинации с каскадным контроллером, что даст надо улучшенное регулирование и управление группой насосов.

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

*130302.2019.163.ПЗ.КР*

Лист

36

## 1.7 Датчики

Довольно много разновидностей датчиков давления присутствует на рынке, которые выбирают по виду давления, по виду материала и др. Так как мы работаем с водоснабжением, и жидкостью является вода, то рассмотрим датчики только в этой области. Для контроля автоматизированной системы насосной станции обычно используют датчики: манометры, реле давления, датчик уровня, датчик давления.

Реле давления – это устройство для определения давления воды в водоснабжении, которое помогает управлять работой насосной установки. Реле давления делятся на механические (электромеханические) и электронные. В зависимости от того, где вы их будете использовать, следует выбирать вид датчика давления.

Механическое (электромеханическое) реле. Они популярны и используются очень давно, потому что они просты, довольно надежны и удобны в эксплуатации, а также довольно небольшая стоимость. Внутри прибора имеется гибкая пластина, положение которой изменяется под воздействием потока воды. Чем активнее поток, тем большим будет ее изгиб. Этот элемент соединен с двумя пружинами, которые реагируют на изменение позиции пластины. В результате замыкаются и размыкаются контакты пары электрических цепей, срабатывающих на заданные пользователем пределы давления. Одна пружина настроена на максимальное значение давления в автономной сети, вторая — на разницу между верхним и нижним пределами давления. Устройство подключают к гидроаккумулятору. Когда давление достигает минимального показателя, установленного для реле, мембрана внутри гидробака ослабевает, контакт под второй пружиной срабатывает, и насос включается. Постепенно давление нарастает, доходит до верхнего предела, после этого размыкается контакт под первой пружиной, что выключает насос. Как выглядит в общем виде механическое (электромеханическое) реле, можно наблюдать на рисунке 11.

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

*130302.2019.163.ПЗ.КР*

Лист

37

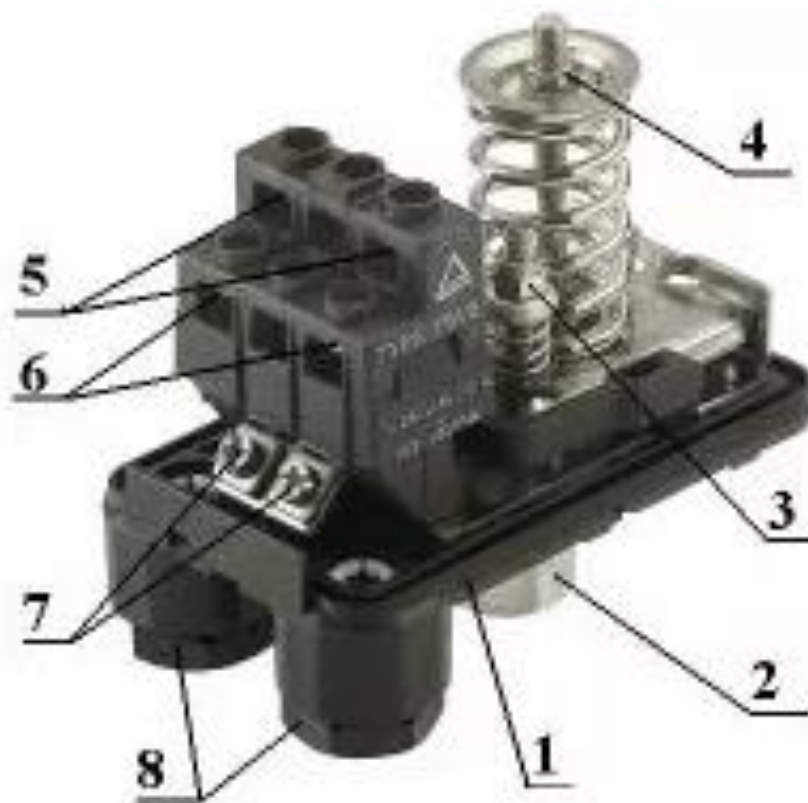


Рисунок 11 – Общий вид механического (электромеханического)  
реле давления

Цифрами обозначены элементы устройства:

- 1 – Корпус
- 2 – Подсоединительный флянец
- 3 – Гайка регулировки разницы давления
- 4 – Гайка регулировки давления отклонения
- 5,6 – Клеммы для электрических подключений
- 7 – Клеммы для подключения «заземления»
- 8 – Муфты для зажима кабеля

Электронное реле. Наряду с механическими реле используют электронные реле давления. Электронные модели реле давления на порядок дороже электромеханических аналогов, но эти затраты вполне окупаются. Такие устройства настраивать проще, а значения пределов можно выставить гораздо точнее. Каждая такая модель снабжена контроллером потока, который моментально отключает насос, когда нет воды. Это надежно защищает насос от работы в опасном режиме “сухого хода”. Электронные модели реле давления

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

130302.2019.163.ПЗ.КР

Лист

38

более точны, надежны и проще в эксплуатации, чем механические устройства, но они значительно дороже. Обычно электронное реле давления снабжено небольшим гидробаком, объем которого составляет всего 400 мл. Это немного, но таким образом система надежно защищена от возможных гидроударов. Если для скважины используется дорогой насос высокого качества, имеет смысл потратиться и на хорошее электронное реле давления. Выглядят такие модели достаточно привлекательно, отличаются высокой надежностью и длительным сроком эксплуатации. Но они могут быть чувствительны к качеству воды, поступающей в водопроводную систему. Чтобы предохранить реле от поломки, нужно позаботиться об установке необходимых фильтров. Суть электронных реле не так сильно отличается от механических реле, лишь добавляется интерфейс для значений и микроконтроллер, отвечающий за разные функции. В общем итоге у всех реле давления главной задачей является управление насосной установкой, но функции многих также входит защита от «сухого хода» [17]

. Манометры – это прибор для измерения давления воды в системе водоснабжения. В основном он служит для контроля, с его помощью получают точные показатели рабочей среды на любом участке трубопровода. В зависимости от условий эксплуатации различают несколько видов таких датчиков.

Манометр имеет простую конструкцию. В приборе различают корпус и шкалу, на которой отмечены измеряемые величины. В корпусе находится трубчатая пружина. Она может быть заменена двухпластинчатой мембраной. Манометр имеет держатель, чувствительный элемент и трибно-секторный механизм. Стрелка прибора является индикатором. Она может совершать один оборот вокруг своей оси. Для передачи вращения стрелке используются шестеренки. В конструкции прибора находится зубчатый сектор и поводок. Между шестеренками и зубьями устройства находится специальная пружина, исключая вероятность мертвого хода. Стандартное устройство манометра можно посмотреть на рисунке 12 [17].

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

*130302.2019.163.ПЗ.КР*

Лист

39

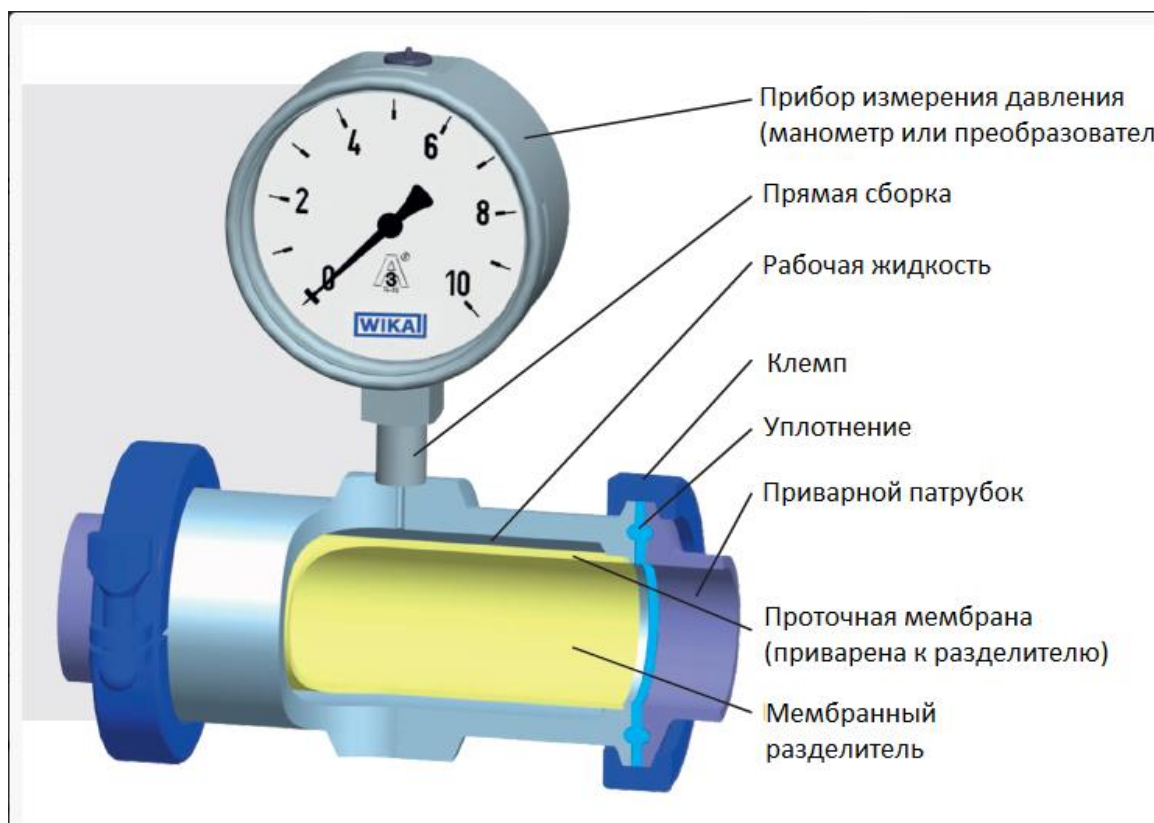


Рисунок 12 – общее устройство манометра

Но наша цель автоматизировать систему, поэтому нас больше интересуют электронные манометры, которые могут передавать сигнал на диспетчерский пункт для контроля. В настоящее время на рынке представлены электронные манометры со встроенными преобразователями, что существенно упрощает процесс автоматизации технологического процесса. В случаях, когда результат показаний планируется передавать на расстояние, создавать систему автономного управления, а так же включать в общую сеть автоматизации, выбирается электронный манометр с аналоговым или цифровым выходным сигналом. Аналоговые типы сигналов бывают токовыми, от 4 до 20 мА, либо по напряжению, от 0 до 5 В или от 0 до 10 В. Если требуется выводить показания на ПК, минуя все другие системы приёма и обработки, используется цифровой выходной сигнал RS-232, RS-485. При условии наличия требований прямого управления исполнительным механизмом, таким как компрессор, водяной или масляный насос используются манометры с сухими контактами, которые подключаются к электрической цепи совместно с исполнительным механизмом, и

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

130302.2019.163.ПЗ.КР

Лист

40

исполняют роль ключа. Увидеть электронный манометр можно на рисунке 13 [17].



Рисунок 13 – электронный манометр

Так как у нас вся система автоматизирована, то манометр и реле давления будут электронные, чтобы передавать сигнал диспетчеру, но в качестве дублирующих датчиков будут использоваться электромеханические.

### 1.8 Контроллеры

Программируемый логический контроллер (ПЛК), представляют собой микропроцессорное устройство, предназначенное для сбора, преобразования, обработки, хранения информации и выработки команд управления, имеющий конечное количество входов и выходов, подключенных к ним датчиков, ключей, исполнительных механизмов к объекту управления, и предназначенный для работы в режимах реального времени.

Принцип работы ПЛК несколько отличается от «обычных» микропроцессорных устройств (см.рис.14). Программное обеспечение универсальных контроллеров состоит из двух частей. Первая часть это системное программное обеспечение. Проводя аналогию с компьютером можно сказать, что это операционная система, т.е. управляет работой узлов контроллера, взаимосвязи составляющих частей, внутренней диагностикой. Системное программное обеспечение ПЛК расположено в постоянной памяти центрального процессора и всегда готово к работе. По включению питания, ПЛК готов взять на себя управление системой уже через несколько миллисекунд. ПЛК работают

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

130302.2019.163.ПЗ.КР

Лист

41

циклически по методу периодического опроса входных данных. Рабочий цикл ПЛК включает 4 фазы:

1. Опрос входов
2. Выполнение пользовательской программы
3. Установку значений выходов
4. Некоторые вспомогательные операции (диагностика, подготовка данных для отладчика, визуализации и т. д.).



Рисунок 14 – Рабочий цикл ПЛК

Если рассматривать входы и выходы ПЛК, то существует 3 вида: аналоговые, дискретные и специальные.

Аналоговый электрический сигнал отражает уровень напряжения или тока, соответствующий некоторой физической величине, в каждый момент времени. Это может быть температура, давление, вес, положение, скорость, частота и т. д. Поскольку ПЛК является цифровой вычислительной машиной, аналоговые входные сигналы обязательно подвергаются аналого-цифровому преобразованию (АЦП). В результате, образуется дискретная переменная определенной разрядности. Как правило, в ПЛК применяются 8 - 12 разрядные преобразователи, что в большинстве случаев, исходя из современных требований по точности управления технологическими процессами, является достаточным. Кроме этого АЦП более высокой разрядности не оправдывают себя, в первую очередь из-за высокого уровня промышленных помех, характерных для условий работы контроллеров. Практически все модули аналогового ввода являются многоканальными. Входной коммутатор подключает вход АЦП к необходимому входу модуля. Стандартные дискретные и аналоговые входы ПЛК способны

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

130302.2019.163.ПЗ.КР

Лист

42

удовлетворить большинство потребностей систем промышленной автоматике. Необходимость применения специализированных входов возникает в случаях, когда непосредственная обработка некоторого сигнала программно затруднена, например, требует много времени.

Наиболее часто ПЛК оснащаются специализированными счетными входами для измерения длительности, фиксации фронтов и подсчета импульсов. Например, при измерении положения и скорости вращения вала очень распространены устройства, формирующие определенное количество импульсов за один оборот – поворотные шифраторы. Частота следования импульсов может достигать нескольких мегагерц. Даже если процессор ПЛК обладает достаточным быстродействием, непосредственный подсчет импульсов в пользовательской программе будет весьма расточительным по времени. Здесь желательно иметь специализированный аппаратный входной блок, способный провести первичную обработку и сформировать, необходимые для прикладной задачи величины. Вторым распространенным типом специализированных входов являются входы способные очень быстро запускать заданные пользовательские задачи с прерыванием выполнения основной программы – входы прерываний.

Дискретный выход также имеет два состояния – включен и выключен. Они нужны для управления: электромагнитных клапанов, катушек, пускателей, световые сигнализаторы и т.д. В общем сфера их применения огромна, и охватывает почти всю промышленную автоматику.

По конструкции ПЛК разделяются на 3 вида: моноблочные, модульные и распределенные. Каждый из которых довольно просто описать. Моноблочные имеют фиксированный набор входов выходов ,пример такого ПЛК можно увидеть на рисунке 15.





Рисунок 15 – Моноблочный ПЛК

В модульных контроллерах модули входов – выходов устанавливаются в разном составе и количестве в зависимости от предстоящей задачи (см.рис.16).



Рисунок 16 – Модульный ПЛК

В распределенных системах модули или даже отдельные входа-выхода, образующие единую систему управления, могут быть разнесены на значительные расстояния. Чтобы контроллеры и силовое оборудование с измерительными приборами могли функционировать между собой нам понадобятся : сенсорные панели, модули ввода и вывода аналоговые и цифровые, преобразователь интерфейсов ,который позволяет подключать к промышленной информационной

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

130302.2019.163.ПЗ.КР

сети RS-485 устройство с интерфейсом RS-232. И для связи с автоматизированным рабочим местом диспетчера с системой нужны радиомодемы с рабочим диапазоном 433МГц. Так как мы будем использовать Scada-систему от компании ИнСАТ, то ПЛК возьмем от их партнера – компания ОВЕН [18].

### 1.9 Автоматизация насосной станции

Автоматизация и диспетчеризация насосной станции хозяйства актуальна с точки зрения безопасности, энергосбережения и эффективного управления. Чаще всего система автоматизации представляет трех-уровневый аппаратно-программный комплекс.

На верхнем уровне находятся диспетчерские и операторские станции, где за всем наблюдает человек (диспетчер, оператор) через предназначенные интерфейсы, тем самым осуществляет мониторинг технологического процесса.

На среднем уровне находится связующее звено между верхним и нижним уровнем, так называемый блок управления, запрограммируемый на конкретные алгоритмы, и который осуществляет контроль и, как видно из названия, осуществляет управление исполнительными органами.

На нижнем уровне находятся исполнительные механизмы, которые исполняют сигнал управления от среднего уровня, также здесь находятся контрольно-измерительные приборы, осуществляющие сбор данных и передающие для анализа на средний и верхний уровень.

Связь между уровнями системы осуществляется по различным каналам связи выделенным линиям, радио, телефонным, через сеть Internet. Аппаратная часть таких систем, в зависимости от реализуемых функций строится как на малобюджетном оборудовании (системы охраны небольших помещений, простой автоматизации, видеонаблюдение), так и на основе продукции мировых лидеров в области промышленной автоматике (Fastwell, Siemens VIPA ABB,...) для сложных систем автоматизации. Оборудование размещается в шкафах необходимой защиты IP20-IP65. Программное обеспечение может использоваться собственной разработки или промышленных SCADA-систем. Диспетчеризация

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

*130302.2019.163.ПЗ.КР*

Лист

45

объектов ЖКХ особенно актуальна в связи с необходимостью анализировать затраты и обеспечить оптимальное управление и энергосбережение на объектах. Одна из реализаций системы диспетчеризации, является АСКУЭ - автоматизированная система контроля и учета энергоресурсов, предназначена для сбора и обработки информации о потребленных или отпущенных энергоресурсах, таких как, электроэнергия, тепло, вода, пар, и обеспечения их автоматизированного учёта [19].

Система выполняет следующие функции:

1. Измерение и обработка текущих параметров потребления
2. энергоресурсов;
3. Представление измеряемых параметров в виде таблиц, мнемосхем и графиков;
4. Оперативное отслеживание превышения нагрузки и выдача сообщений диспетчеру;
5. Отслеживание соблюдения удельных норм расхода энергоносителей (электроэнергия, газ, вода, пар);
6. Визуализация подконтрольного процесса;
7. Оперативный контроль над функционированием объекта;
8. Формирование сигналов тревоги при выходе контролируемых параметров за допустимые пределы

Насосные станции различного назначения (ВНС, КНС) являются неизменным атрибутом, как ЖКХ, так и различных производств ( водооборотных циклов предприятий). Зачастую «человеческий фактор» играет очень большую роль на эффективность и безопасность работы для таких объектов. Грамотно построенная система автоматизации станций позволяет не только уменьшить этот фактор, но и иногда его практически исключить из технологического цикла, что положительно влияет на качество работы и экономию ресурсов [19].

Основные функции, выполняемые системой:

1. Дистанционное и ручное управление работой насосов, задвижек;

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
-----	------	----------	---------	------

*130302.2019.163.ПЗ.КР*

Лист

46

2. Автоматическое поддержание заданного давления в выходных водоводах;
3. Автоматический контроль и управление оборудованием станции (насосами, задвижками и т.д.) по заданным алгоритмам;
4. Отработка и реакция на аварийные ситуации;
5. Передача в реальном масштабе времени сообщений об авариях ответственным лицам;
6. Вывод текущих параметров системы и задание необходимых уставок;
7. Визуализация и управление технологическим процессом на рабочем месте оператора;
8. Сбор, обработка и архивация необходимых статистических данных;
9. Продление ресурса электродвигателей насосов;
10. Повышение надежности оборудования насосной станции;

Увеличение эффективности работы и снижение затрат на электроэнергию.

#### 1.10 Основные элементы систем автоматизации

Комплекс технических средств включает средства получения информации о значениях технологических параметров (датчики), аппаратуру сбора и передачи информации (устройства телемеханики), средства вычислительной техники (ЭВМ и дополнительные устройства к ним), аппаратуру представления информации оперативному персоналу (видео-терминалы, печатающие устройства и др.), средства связи, исполнительные механизмы. Состав и характеристики технических средств определяется такими факторами, как функциональная и организационная (структурная) схема АСУ ТП [20].

На насосных станциях автоматизируются: пуск и остановка насосных агрегатов и вспомогательных насосных установок; контроль и поддержание заданных параметров (например, уровня воды, подачи, напора и т. д.); прием импульсов параметров и передача сигналов в диспетчерский пункт. Для наблюдения за параметрами работы насосной станции служат различные датчики,

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

*130302.2019.163.ПЗ.КР*

Лист

47

которые преобразуют контролируемую величину в электрический сигнал, поступающий в исполнительный механизм.

Одним из основных элементов контроля являются датчики. Датчиком называется элемент автоматического устройства, контролирующей колебания той или иной физической величины и преобразующий эти колебания в изменения другой величины, удобной для передачи на расстояние и воздействия на последующие элементы автоматических устройств. Одним из примеров является манометр.

Реле называют устройства, которые состоят из трех основных органов: воспринимающего, промежуточного и исполнительного. Воспринимающий орган принимает управляющий импульс и преобразует его в физическую величину, воздействующую на промежуточный орган. Промежуточный орган, принимая сигнал, воздействует на исполнительный орган, который скачкообразно изменяет выходной сигнал и передает его электрическим цепям управления. Достаточно много различных реле применяется в автоматизации насосной станции [20]:

- Реле давления, которые управляют узлами и цепями автоматики в зависимости от изменения давления в трубопроводе или емкости;
- Реле уровня, дающие импульсы на включение или выключение агрегатов в зависимости от уровня жидкости в резервуарах, баках, приемках;
- Струйное реле, дающее импульсы в зависимости от наличия и направления потока жидкости в трубопроводе;
- Вакуум-реле, поддерживающие заданное разрежение во всасывающем трубопроводе или вакуум-котле;
- Реле времени, дающие импульсы через определенные, заранее заданные промежутки времени;
- Термореле для контроля и сигнализации температуры подшипников, сальников и других деталей;
- Промежуточное реле преобразования и распределения слабых сигналов в сигналы, достаточные для управления электрическими цепями;

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

*130302.2019.163.ПЗ.КР*

Лист

48

- Реле напряжения для обеспечения работы агрегатов при заданном напряжении.

К устройствам телемеханики относятся приемники сигналов, контроллеры, средства диспетчерского контроля, электромагнитное реле, магнитные пускатели.

### 1.11 Принцип работы диспетчерского контроля и управления

Рассмотрим общий принцип работы диспетчерского контроля и управления на примере объектов ЖКХ. В общем виде архитектуру функционирования системы диспетчеризации объектов ЖКХ можно увидеть на рисунке 17.

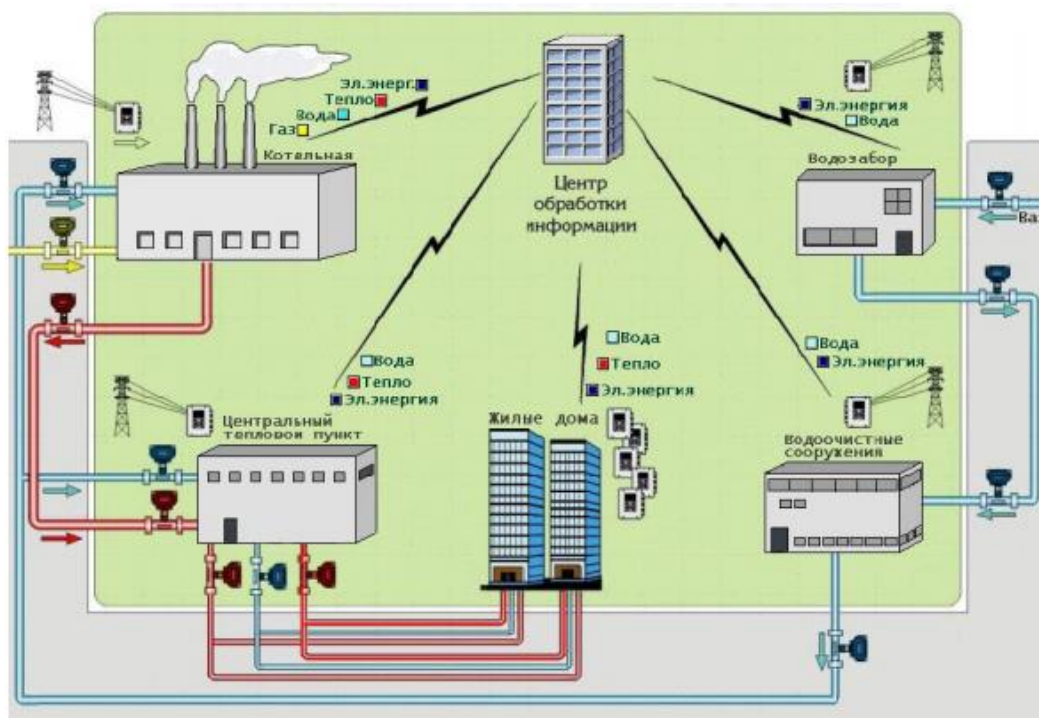


Рисунок 17 – Архитектура единой автоматизированной системы ЖКХ

Где общий алгоритм автоматизированной системы выглядит следующим образом.

#### 1. Функции контроля.

Управление всей системы осуществляется из верхнего уровня, где располагается автоматизированное рабочее место, с помощью SCADA-системы, установленной на компьютере диспетчера или оператора. С заданным интервалом по времени, то есть периодом, она осуществляет, так называемый опрос среднего уровня, где располагается блок управления, в состав которого входят контроллеры, которые опрашивают контрольно-измерительные приборы нижнего уровня, обрабатывают и проанализировав пришедшую информацию. Далее

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

130302.2019.163.ПЗ.КР

преобразует полученные сигналы в другие физические величины, тем самым контролируя предельные значения параметров системы. Оператор системы на своем месте может вывести все параметры, значения, характеристики, контролируемой системы на экран монитора в виде различных отчетов, мнемосхем, графиков, графических значений [18].

## 2. Функции управления

Реализуются на объектах по командам управления, подаваемым с компьютера диспетчера на исполнительные устройства: насосы, выключатели, регуляторы и пр. Информация, поступающая на пульт в диспетчерскую, возвращается на объект в виде управляющей команды:

1. перевести объект в тот или иной режим;
2. сменить параметры;
3. остановить работу (до приезда аварийной службы).

При диспетчеризации объектов водоснабжения ЖКХ, видно, что оптимизировать систему возможно только, внедрением современного и качественного оборудования, которые способны осуществить максимальную автоматизацию технологического процесса водоснабжения.

При этом решающее значение будет иметь возможность его интеграции в единую систему управления предприятия ЖКХ. Прежде всего, это требование относится к насосному оборудованию, поскольку оно играет базовую роль в функционировании практически всех объектов ЖКХ. Опыт, накопленный отечественными коммунальщиками, свидетельствует: применение современных насосов с возможностью электронного регулирования может стать основой для создания эффективных диспетчерских систем, позволяющих оптимизировать как энергопотребление, так и трудозатраты. Жилищно-коммунальное хозяйство города является одним из крупнейших потребителей энергоресурсов. В настоящее время деятельность жилищно-коммунального хозяйства сопровождается весьма большими потерями энергоресурсов, как самими коммунальными предприятиями, так и другими потребителями [18].

## 1.12 Способы регулирования насосной станции

Принципиально возможно применение трех основных способов регулирования насосов: это регулирование дросселированием части развиваемого напора, регулирование перепуском части воды с нагнетания на всас насосов (регулирование рециркуляцией) и регулирование изменением частоты вращения вала насосного агрегата. В качестве последнего в дальнейшем будет рассматриваться в основном частотное регулирование электродвигателя насоса (ЧРП).

Дросселирование – самый простой и самый неэффективный способ регулирования подачи центробежного насоса. Чтобы дросселировать поток, увеличивают гидравлическое сопротивление на общем для всей системы напорном участке трубопровода, например, сразу за насосом.

Для дросселирования потока можно применить автоматическую или ручную регулируемую арматуру, либо установить дроссельную шайбу. Во время дросселирования подачи насоса, рабочая точка перемещается по напорно-расходной характеристике вверх, при этом увеличивается напор, а подача и КПД уменьшаются. Характеристика этого метода показана на рисунке 18 [21].

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

*130302.2019.163.ПЗ.КР*

Лист

51



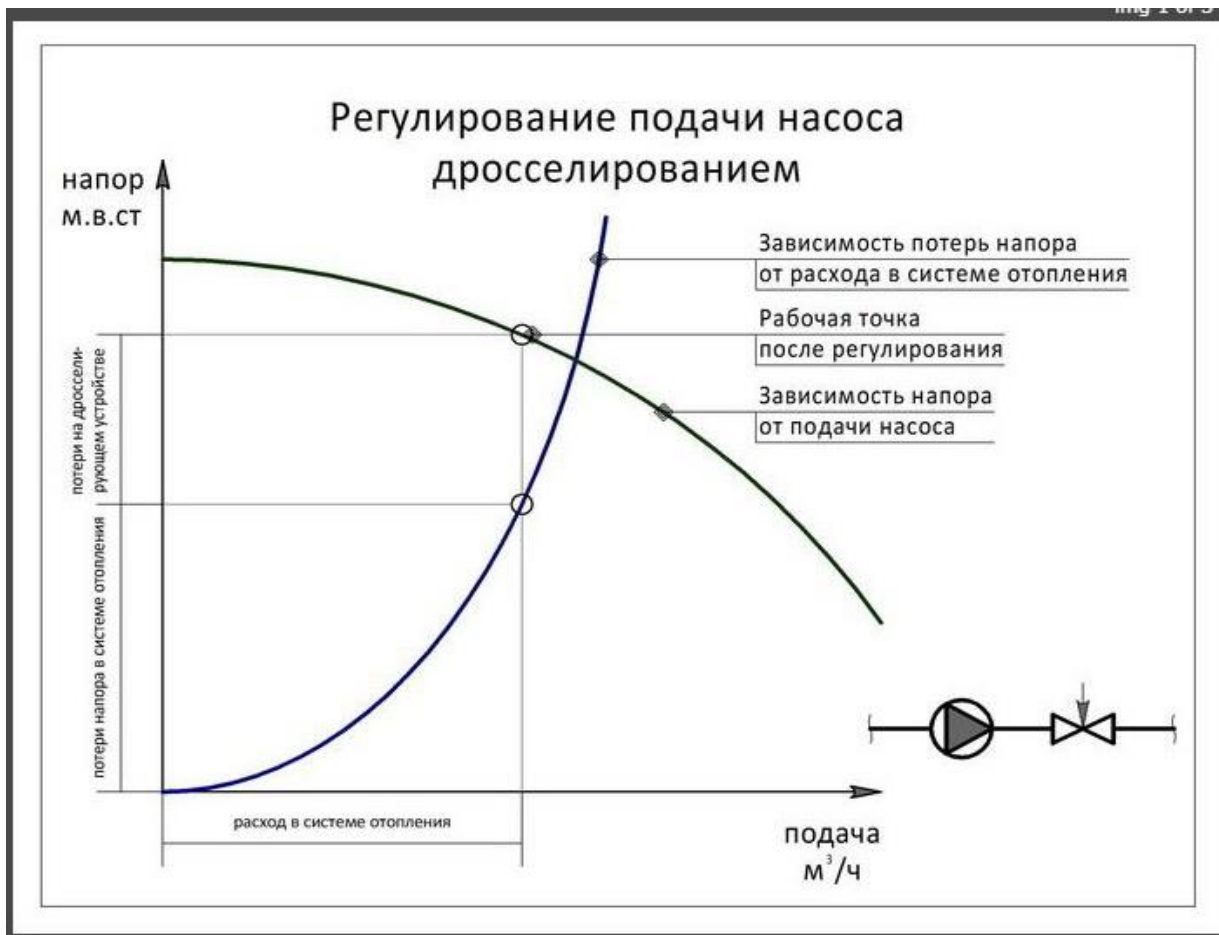


Рисунок 18- Регулирование подачи насоса дросселированием

Перепуск – для регулирования производительности насоса на перемычке между его входным и выходным патрубком устанавливают регулятор поддерживающий постоянный перепад давлений на насосе (постоянный напор насоса). При уменьшении подачи насоса возрастает создаваемый им напор — регулятор реагирует на отклонение перепада от заданной отметки и открывается перепуская воду из напорного патрубка во всасывающий. Таким образом, подача насоса остаётся неизменной, а расход воды в сети может колебаться в широких пределах. Преимуществом данного метода регулирования является то, что насос всегда работает с постоянной подачей и напором в зоне оптимального КПД, а недостатком, является то, что со снижением нагрузки в сети потребление электроэнергии остаётся прежним. Регулирование подачи насоса перепуском применяют в системах отопления с автоматическими регулирующими клапанами, изменяющими расход в зависимости от потребности здания в тепле, а также для включения насосов, которые не допускают сильных колебаний подачи, в системы

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

130302.2019.163.ПЗ.КР

Лист

52

с динамическим гидравлическим режимом. Характеристика этого метода показана на рисунке 19.

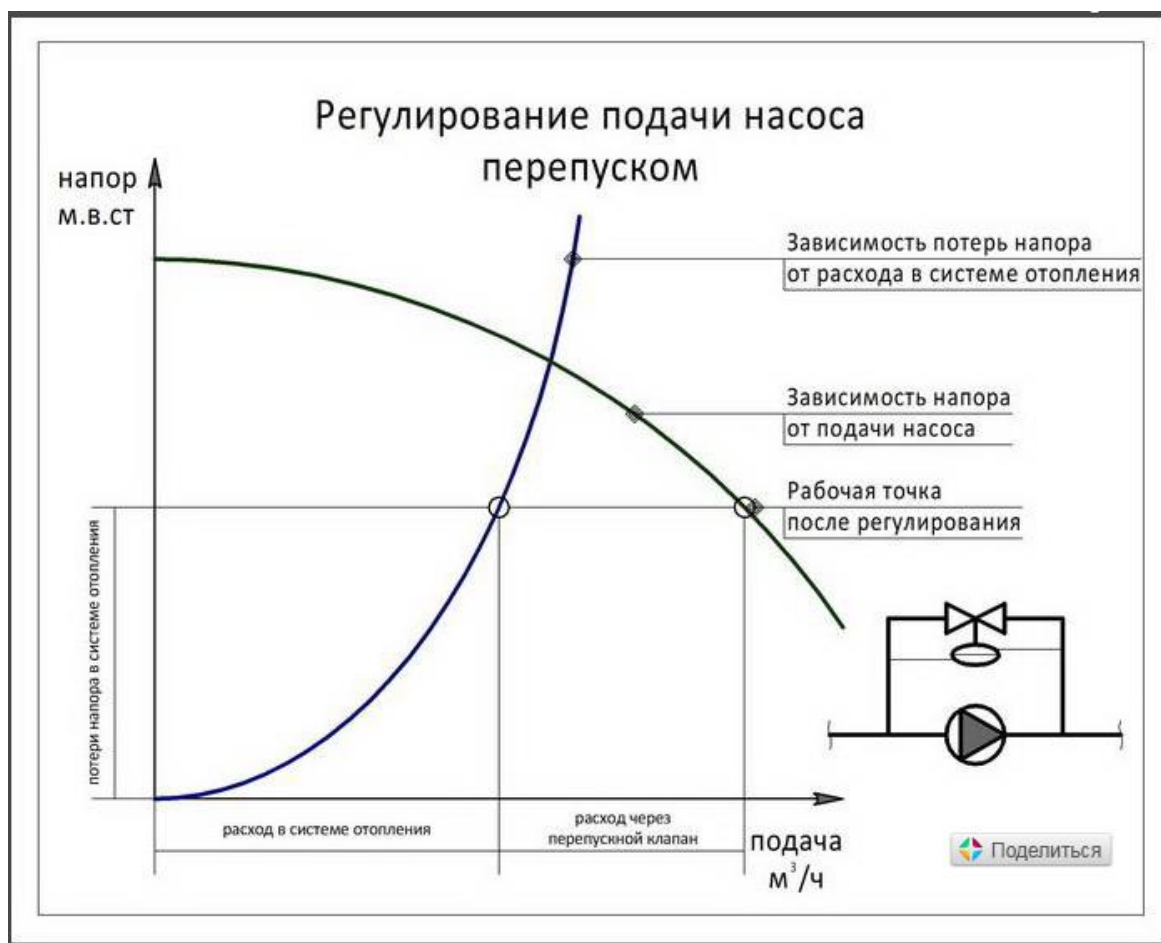


Рисунок 19- Регулирование подачи насоса перепуском

Частотное управление – установка регулятора частоты вращения рабочего колеса, является наиболее эффективным и наиболее дорогим методом управления подачей насоса, так как стоимость регулятора частоты соизмерима со стоимостью насоса. Физика данного метода проста: снизив в двое частоту вращения рабочего колеса насоса, в два раза уменьшается его подача, в четыре раза уменьшается напор и в восемь раз уменьшается потребление электроэнергии. Современные регуляторы частоты вращения могут поддерживать постоянную подачу, или напор насоса, а могут изменять их в зависимости от потребности системы в разное время суток или дни недели. Программное изменение частоты вращения рабочего колеса, не только обеспечит работу насоса с максимальным КПД, но и позволит снизить шумы возникающие во время работы, осуществлять мягкий пуск, снижать пусковые токи и исключить гидравлические удары. Регулирование

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

130302.2019.163.ПЗ.КР

Лист

53

подачи центробежного насоса изменением частоты вращения двигателя целесообразно в системах с частыми и сильными колебаниями расхода воды, а также в случае высокой стоимости электроэнергии. В таких системах затраты на регулятор частоты вращения могут окупиться за несколько месяцев. Характеристика этого метода показана на рисунке 20.

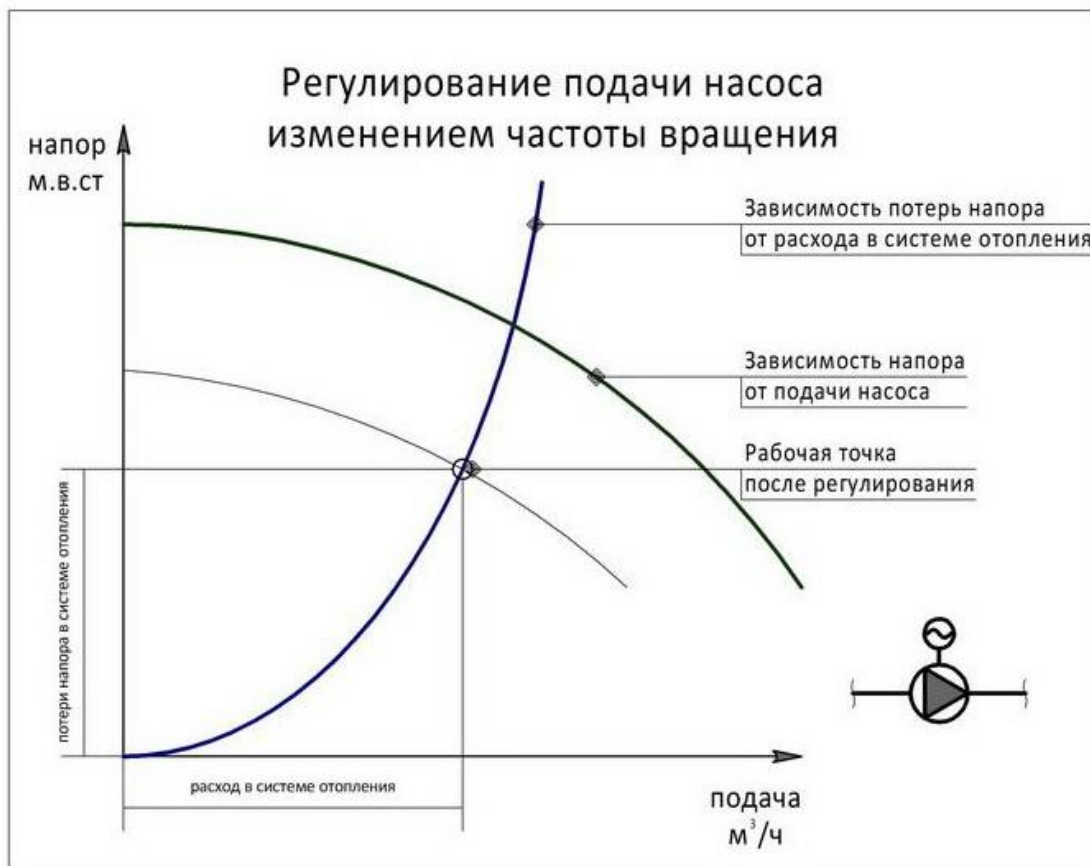


Рисунок 20 – Регулирование подачи насоса изменением частоты вращения

Проанализировав возможности, плюсы и минусы каждого способа регулирования, выбор пал на ЧРП, хоть он и является самым дорогим, но при этом он самый энергоэффективный.

### 1.13 Общая функциональная схема АСУ ТП насосной станции

Функциональная схема служит для того, чтобы наглядно понять, как функционируют элементы системы между собой, какие сигналы передаются, по каким каналам связи все осуществляется. Поэтому такие схемы распространены в системах автоматизации. Реализация функций оперативно-диспетчерского управления и соответствующих им информационных и управляющих функций АСУ ТП

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

130302.2019.163.ПЗ.КР

водоснабжения осуществляется путем решения с помощью устройств сбора и обработки информации целого ряда задач.

Централизованный контроль технологических параметров и состояния оборудования. В этот пункт входит через какой-то промежуток времен, а точнее период ,сбор информации с контрольно-измерительных приборов и датчиками состояния оборудования.

Оперативный учет. Производится с заданной периодичностью регистрация измеряемых технологических параметров и состояния оборудования. Расчет технико-экономических показателей. Один раз в сутки выполняются расчеты показателей,характеризующих работу водопроводных сооружений , подсчитываются сводные показатели за сутки.Определение рационального режима ведения технологических процессов. Производятся расчеты коррекции режима работы технологических объектов, т.е. внесения изменений в оперативный план работы в соответствии с выявившимися отклонениями. Оперативное планирование хода технологических процессов. Производятся расчеты оптимальных режимов работы на предстоящий период. Передача информации в смежные системы управлени. Производится формирование массивов информации для передачи в АСУ ТП верхнего уровня [22].Все это можно увидеть на общей функциональной схеме АСУ ТП НС на рисунке 21.

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

*130302.2019.163.ПЗ.КР*

Лист

55

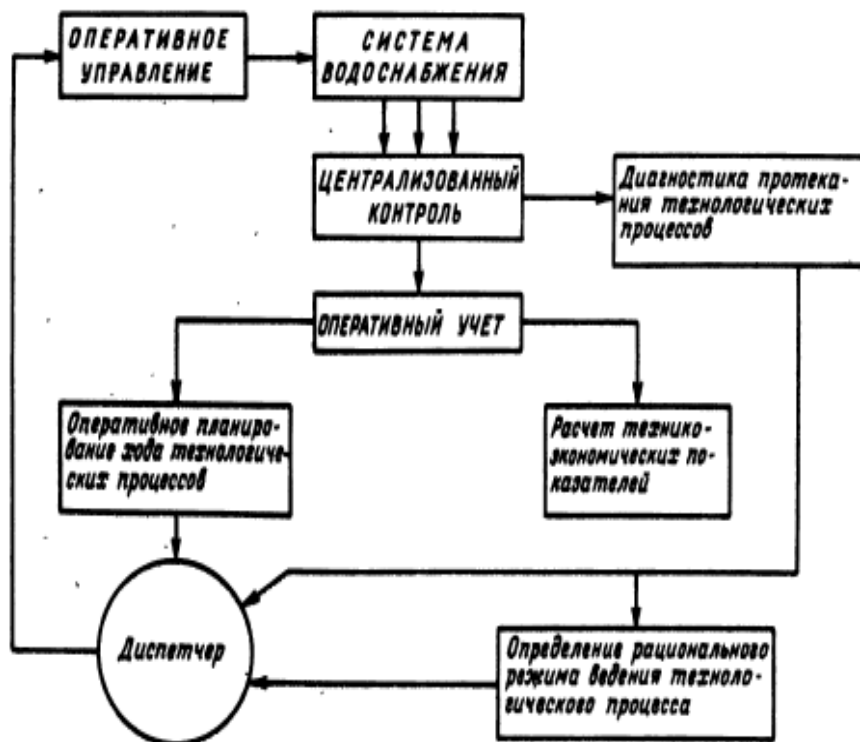


Рисунок 21 – Общая функциональная схема АСУ ТП НС

#### 1.14 Общая структурная схема АСУ ТП насосной станции

Структурная схема – один из вариантов проектной разработки, который является первичным для рассмотрения какой-либо системы. Все элементы выполняются и отображаются в виде различных графических фигур, но в основном используются прямоугольники, соединенные между собой, показывая взаимодействие между объектами.

Эта схема нужна, чтобы показать нам иерархию нашей системы, для понимания, как связаны элементы между собой. Выбор структуры управления объектом автоматизации оказывает существенное влияние на эффективность его работы, снижение относительной стоимости системы управления, ее надежности, ремонтоспособности и т.д. Структурная схема может быть одноуровневая, но она в недостаточной мере отображает сложную архитектуру управления, и поэтому мы будем использовать многоуровневую систему [22]. Основными функциями диспетчерского управления и контроля насосной станции водоснабжения являются: выполнение дистанционного управления полевыми устройствами, выполнение системы мониторинга и диагностики и принятие соответствующих мер; представление данных о технологическом процессе через понятный

графический интерфейс пользователя, сигналы тревоги, тренды и отчеты; передача инженерных данных в реальном времени непосредственно в систему моделирования и из нее, например, водопроводных сооружений; сокращение рабочего персонала. Диспетчерский контроль осуществляется за счет средств автоматизации и телемеханизации, то есть при введении диспетчерского контроля [22]. Как выглядит общая структурная схема АСУ ТП НС можно увидеть на рисунке 22.

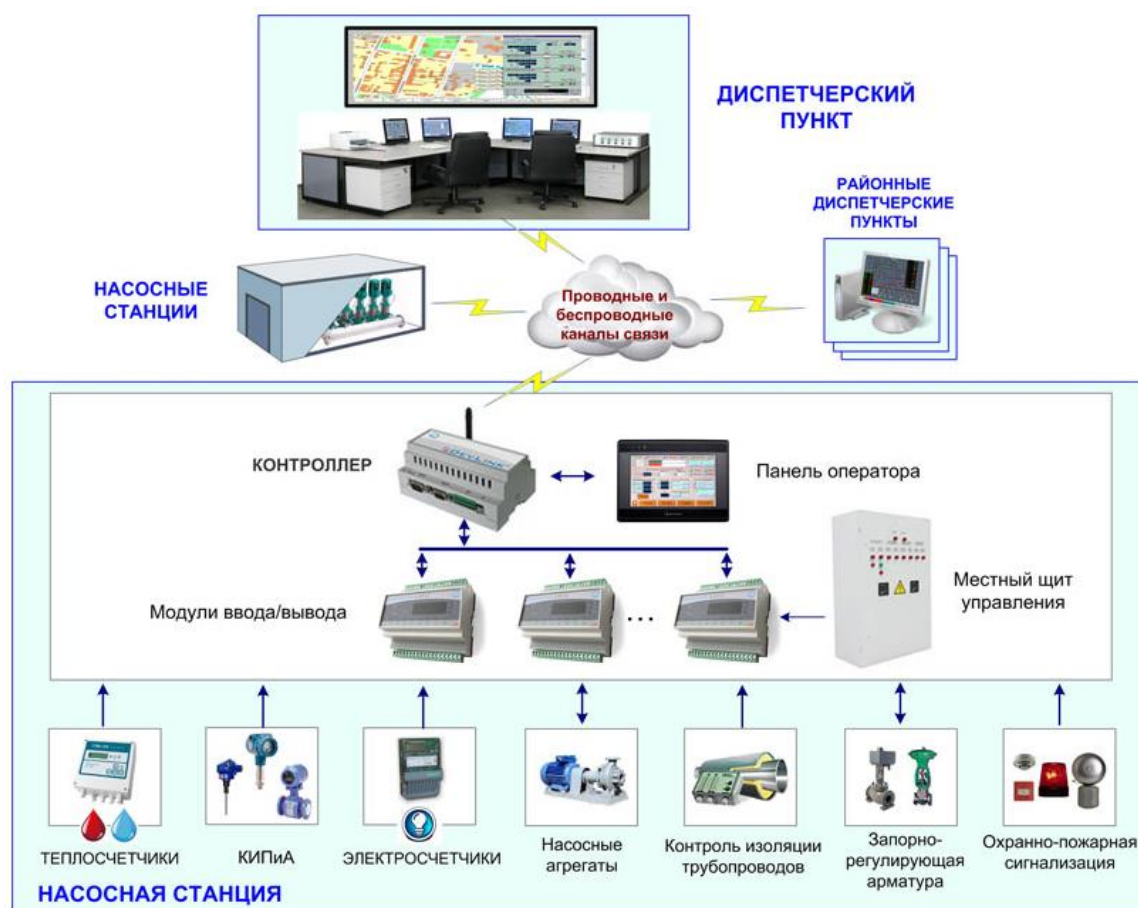


Рисунок 22 – Общая структурная схема АСУ ТП насосной станции

Здесь система разделена на 3 уровня управления, самый главный уровень это верхний, где находится автоматизированное рабочее место диспетчера в котором он следит за технологическим процессом и контролирует его правильную работу, где в случае необходимости он поможет системе. На среднем уровне расположилась система автоматики: контроллеры, модули ввода/вывода, местный щит управления. Этот уровень управляет исполнительными механизмами, он является связующим звеном между диспетчером и объектами управления. На нижнем уровне находятся контрольно-

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

измерительные приборы, запорно-регулирующая арматура, насосы, электродвигатели, электросчетчики [22].

### 1.15 SCADA-системы

Системы диспетчерского контроля и сбора данных (SCADA) широко используются для мониторинга и удаленного доступа, чтобы контролировать процессы в коммунальных отраслях, таких как передача и распределение электроэнергии, водораспределение, а также магистральные трубопроводы для жидкости и газа. Система SCADA позволяет оператору находиться в центре технологического процесса, чтобы например, изменить уставку на удаленных контроллерах процесса, для открытия или закрытия клапанов или переключателей, для мониторинга аварийных сигналов, и собирать информацию об измерениях. Преимущества систем SCADA лучше всего оцениваются, когда процесс очень велик – сотни или даже тысячи километров от одного конца до другого, с точки зрения снижения затрат на регулярные посещения для мониторинга работы объекта. Значение этих преимуществ растет даже больше, если объекты очень отдаленные и требуют особых усилий для посещения. В России сегодня используют многие зарубежные и отечественные Scada-системы, но рассмотрим только несколько из них [23]. Основное назначение системы SCADA – дистанционное измерение и управление географически распределенных процессов, оборудования. Система SCADA включает в себя несколько устройств связи с объектом, физически размещенных в поле в ключевых точках измерения и контроля. Устройства связи с объектом начинались как аппаратные, с фиксированной функцией электронные устройства, которые могут реагировать на простые команды, полученные в виде последовательно передаваемых числовых кодов. Ранние устройства связи с объектом использовались для целей удаленной телеметрии, даже до создания систем SCADA, благодаря интеграции центрального компьютера. устройства связи с объектом были подключены через последовательные каналы связи к ведущим оконечным устройствам – электронным устройствам, обеспечивающим интерфейс пользователя.

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
-----	------	----------	---------	------

*130302.2019.163.ПЗ.КР*

Лист

58

Зарубежные популярные Scada-системы:

1. In Touch (Wonderware, США);
2. iFIX (GE Fanuc, США);
3. SIMATIC WinCC (Siemens, Германия);
4. Citect (Ci technologies, Австралия);
5. RTAP/plus (HP, Канада);

Отечественные популярные Scada-системы:

1. TRACE MODE (AdAstra, Москва);
2. СКАТ (Центрпрограммсистем, Тверь);
3. САРГОН (НВТ-Автоматика);
4. VNS, GARDEN, Vis-a-Vis, Masterscada (ИнСАТ);
5. VIORD («Фиорд»);

Требования, предъявляемые к Scada-системам. К SCADA-системам предъявляются следующие основные требования [23]:

1. Надежность системы;
2. Безопасность управления;
3. Открытость, как с точки зрения подключения различного контроллерного оборудования, так и коммуникации с другими программами;
4. Точность обработки и представления данных, создание богатых возможностей для реализации графического интерфейса;
5. Простота расширения системы;
6. Использование новых технологий.

Требования безопасности и надежности управления в SCADA-системах включают [23]:

1. Никакой единичный отказ оборудования не должен вызвать выдачу ложного выходного воздействия (команды) на объект управления;
2. Никакая единичная ошибка оператора не должна вызвать выдачу ложного выходного воздействия (команды) на объект управления;

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

*130302.2019.163.ПЗ.КР*

Лист

59



3. Все операции по управлению должны быть интуитивно-понятными и удобными для оператора (диспетчера).

Исходя из требований, которые предъявляются к SCADA-системам, большинству современных пакетов присущи следующие основные возможности [23]:

1. Автоматизированная разработка, позволяющая создавать программное обеспечение системы автоматизации без реального программирования;
2. Средства сбора и хранения первичной информации от устройств нижнего уровня;
3. Средства обработки первичной информации;
4. Средства управления и регистрации сигналов об аварийных ситуациях;
5. Средства хранения информации с возможностью ее постобработки (как правило, реализуется через интерфейсы к наиболее популярным базам данных);
6. Средства визуализации информации в виде графиков, гистограмм и т.п.

Для включения обновления данных в режиме реального времени оборудования, центральные системы нуждаются в удаленных электронных устройствах ввода / вывода (I / O) с вычислениями и коммуникационными возможностями. Устройства связи используются для вышеуказанных целей и физически расположены рядом с технологическим оборудованием, где проводятся измерения или предусмотрены меры контроля. Центральная система контроля непрерывно отправляет сообщения запроса в эти устройства связи и собирает сообщения и выводит информацию. Сообщение содержит информацию о конфигурации, команды для станции оператора, обновленные значения периода измерений процесса и т. Д.

Так как существуют огромное количество SCADA-систем, то встает вопрос выбора, какой же системой воспользоваться. Поэтому рассмотрим 3 самые популярные Scada-системы и выберем одну из них для дальнейшего пользования.

SCADA-система InTouch.

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
-----	------	----------	---------	------

130302.2019.163.ПЗ.КР

Лист

60

InTouch - это приложение-генератор человеко-машинного интерфейса (HMI) для систем SCADA и других систем автоматизации производства. InTouch дает возможность пользователям создавать операторские интерфейсы под Windows, которые тесно взаимодействуют с другими компонентами программного обеспечения фирмы Wonderware, например FactorySuite (интегрированный пакет программного обеспечения для полной автоматизации производства) и стандартными приложениями Microsoft Office. Это седьмое поколение программных продуктов фирмы Wonderware, лидирующей в своей отрасли и являющейся пионером в использовании Windows для автоматизации производства. InTouch это программный пакет для быстрой и эффективной разработки и внедрения систем управления производственным процессом.

Типичная система SCADA представляет собой комбинацию из четырех разных подсистем. Первым является подсистема – центральный компьютер. Второй системой является расположение на месте оборудование для удаленного измерения и управления, называемое удаленным конечным устройством. Третьей является глобальная система связи (телефонная связь, Интернет или интрасеть) для подключения всего оборудования. Как правило, волоконно-оптическая сеть связь используется для интеграции нескольких трубопроводов и связанного с ними оборудования, так как он является наиболее надежным средством передачи данных. И последней подсистемой является интерфейс оператора, обеспечивающий доступ к системе для пользователя. Для того чтобы приложение могло обмениваться данными с аппаратурой, необходимо использование третьего компонента — отдельной программы, называемой сервером ввода-вывода. Как правило, сервер ввода-вывода ориентирован на использование с конкретным видом оборудования, таким как промышленные контроллеры. InTouch имеет большое число готовых серверов ввода-вывода — более 600. При необходимости можно также разработать новый сервер ввода-вывода с помощью инструментального средства Device Integration Toolkit. Вместе с тем, используются также серверы ввода-вывода, рассчитанные на обмен данными согласно определенным промышленным стандартам, и которые могут работать со

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

*130302.2019.163.ПЗ.КР*

Лист

61

всеми контроллерами, удовлетворяющими этому стандарту (например, Modbus, ProfiBus, DeviceNet и др.).

Графический интерфейс. InTouch позволяет пользователям быстро создавать и развертывать графические представления промышленных процессов реального времени. Пользователь может создавать изображения в графическом редакторе Wonderware WindowMaker™ при помощи разнообразных инструментов: стандартных графических компонентов, растровых изображений (bitmap), элементов управления ActiveX, улучшенной графической библиотеки Symbol Factory, которая включает тысячи уже созданных изображений для промышленности и новой библиотеки графических символов SmartSymbols. Таким образом InTouch предоставляет мощный набор инструментов для графического отображения состояния процесса. Сам интерфейс можно увидеть на рисунке 23

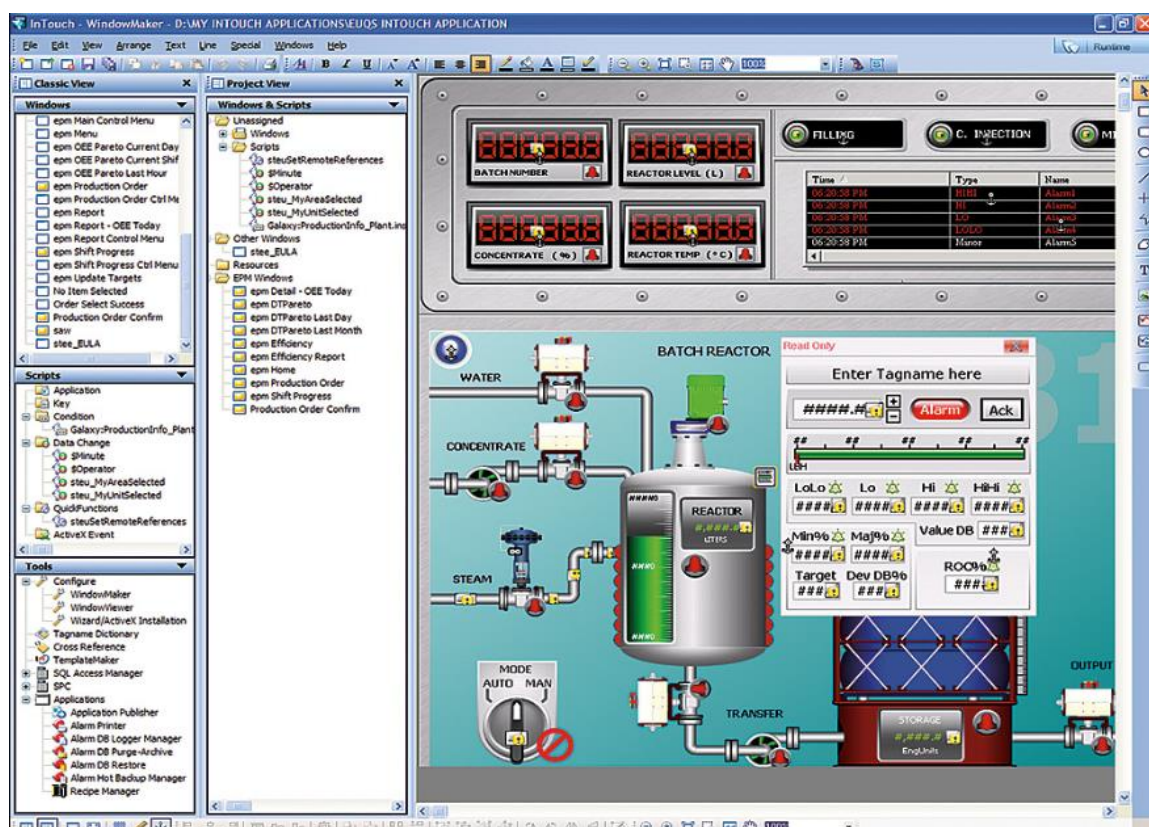


Рисунок 23 – Интерфейс SCADA-системы InTouch

Свойства и преимущества InTouch. Wonderware InTouch для FactorySuite поможет сохранить время и деньги, обеспечив гибким, легким в использовании средством разработки для создания распределенных приложений с операторским

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

интерфейсом для пользователя в среде Microsoft Windows. Wonderware InTouch предлагает расширенный набор готовых Мастер-объектов с индустриальной графикой, которые позволяют разработчику создавать сложные и мощные экраны операторского интерфейса быстро и легко. InTouch также имеет мощный язык сценариев. Основные задачи, решаемые с помощью InTouch. Сбор сигналов (определяющих состояние производственного процесса в текущий момент времени - температура, давление, положение и т.д.) с промышленной аппаратуры (контроллеры, датчики и т.д.). Графическое отображение собранных данных на экране компьютера в удобной для оператора форме (на мнемосхемах, индикаторах, сигнальных элементах, в виде текстовых сообщений и т.д.). Автоматический контроль за состоянием контролируемых параметров и генерация сигналов тревоги и выдача сообщений оператору в графической и текстовой форме в случае выхода их за пределы заданного диапазона. Разработка и выполнение (автоматическое или по команде оператора) алгоритмов управления производственным процессом. Для выполнения функций дистанционного управления с немой в системах устройств связи, SCADA часто используется последовательность сообщений «выбор-проверка-управление». Сообщения, передаваемые между главным компьютером и RTU, подвергались помехам и искажениям от любого количества источники окружающей среды или системы связи. Сообщения протокола в реальном виде являются просто строкой двоичных чисел, представленных 1 и 0. Если сообщение было электрически искажено (то есть, если одно или несколько биты были изменены), это может означать, что команда, которая должна была управлять устройством X, появляются в устройств связи как команда для управления устройством Y. Возможности проверки и обнаружения ошибок. Премикропроцессорные устройств связи были очень ограничены и не всегда надежны. Ранние протоколы устройств связи называются для строгой последовательности нескольких сообщений (называемых проверкой перед работой или выборочной проверкой работы последовательность), чтобы произвести управляющий выход. Это обеспечило предотвращение ошибки связи от вызывая неправильное или опасное контрольное действие. Человек-оператор

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

*130302.2019.163.ПЗ.КР*

Лист

63

был неотъемлемой частью процесса проверки сообщений. В протоколе выбор-проверка-работа несколько сообщений и ответов обмен в определенной последовательности. Автоматическое ведение журнала событий в котором регистрируется изменение производственных параметров с возможностью просмотра в графическом виде записанных данных а также ведение журнала аварийных сообщений. Соблюдение регламента производственного процесса путем динамической загрузки (автоматически или по команде оператора) набора параметров из заготовленных шаблонов (рецептур) в технологическое оборудование. Контроль за качеством выпускаемой продукции путем статистической обработки регистрируемых параметров. Генерация отчетов и оперативных сводок. [23],[24].

SCADA-система TRACE MODE – это российский SCADA-продукт, разработанный фирмой AdAstra Ltd. В настоящее время актуальна шестая версия продукта. Недавно вышел релиз TRACE MODE 6.09. SCADA TRACE MODE 6 состоит из инструментальной системы - Интегрированной среды разработки и из набора исполнительных модулей. Инструментальная система используется на рабочем месте разработчика АСУ. В ней создается набор файлов, который называется проектом TRACE MODE. С помощью исполнительных модулей TRACE MODE® проект АСУ запускается на исполнение в реальном времени. SCADA TRACE MODE позволяет создавать проект сразу для нескольких исполнительных модулей - узлов проекта. Каждому узлу проекта соответствует одна инсталляция исполнительного модуля. Самая простая система, которую можно сделать при помощи TRACE MODE - это одноузловой автономный АРМ. Подобные системы применяются повсеместно и обычно не имеют большого числа контролируемых параметров. Минимальное число каналов для подобной АСУ равно 15. Автономные системы в TRACE MODE обладают развитым функционалом. Они способны работать в условиях плохой связи (телемеханика) и выполнять различные функции. Система разработки TRACE MODE содержит ряд новых технологий проектирования АСУ ТП, отличающих ее от других SCADA-систем. Среди них следующие:

- подключиться к более чем к 2588 ПЛК, счетчикам и устройствам через бесплатные драйверы или OPC;
- разработать качественный графический операторский интерфейс (SCADA/HMI) в т.ч. и с web-доступом;
- создать базу систему записи истории процесса в собственной промышленной СУБД;
- написать программы управления на 5-и языках стандарта МЭК 6-1131/3, по расписаниям, статистическим данным, или с помощью рецептов;
- настроить систему безопасности SCADA, соответствующую современным требованиям;

Разработка графического интерфейса операторских станций осуществляется в объектно-ориентированном редакторе представления данных. Графические изображения создаются в векторном формате. Редактор дает возможность создания объемных изображений мнемосхем технологических объектов. Формы динамизации содержат все необходимые элементы, в том числе гистограммы, графические, цветовые и звуковые сигнализаторы, тренды, бегущие дорожки, мультипликацию. Предусмотрен также обширный набор библиотек технологических объектов. Интерфейс SCADA-системы TRACE MODE изображен на рисунке 24.

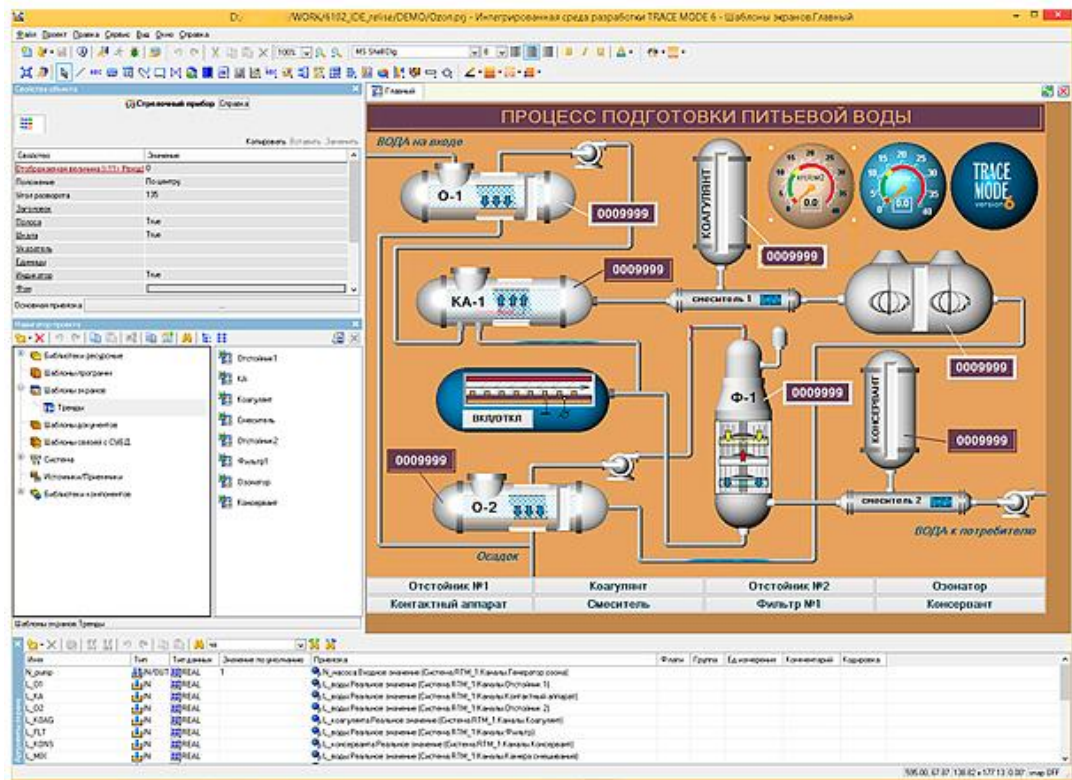


Рисунок 24 – Интерфейс SCADA-системы TRACE MODE

TRACE MODE позволяет создавать многоуровневые, иерархически организованные, резервированные АСУ ТП. Рассмотрим трехуровневую систему, включающую уровень контроллеров, диспетчерский уровень и административный уровень. TRACE MODE — одна из немногих на российском рынке SCADA-систем для операционных систем общего назначения, обладающих системой единого сетевого времени (кроме нее еще Citect). Все процессы в сетевых комплексах TRACE MODE автоматически синхронизируются, что позволяет однозначно привязывать технологические события к временной шкале, каким бы из сетевых ПК они не были зафиксированы [23].

SCADA-система MasterSCADA — это российская вертикально-интегрированная SCADA-система с многоуровневой клиент-серверной архитектурой. Система универсальна и используется для автоматизации и диспетчеризации объектов во всех отраслях промышленности.

Внесение MasterSCADA в Единый Реестр российских программ дало компании ИнСАТ немаловажное преимущество - возможность ее использования государственными организациями в системах управления любыми объектами, включая самые технологически сложные и важные для нашего государства.

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

130302.2019.163.ПЗ.КР

Популярность MasterSCADA подтверждена оценками многих экспертов и опросами на профильных порталах в Интернет. Так, например, MasterSCADA признана Продуктом Года по выбору русской редакции авторитетного международного журнала Control Engineering. На базе MasterSCADA 3.x реализовано более 10000 внедрений. Среди реализованных проектов - глобальные системы с более чем 100000 параметров, приходящих на один сервер опроса, и с более чем 300 местами операторов. Версия MasterSCADA 3 была выпущена в феврале 2009 года. С тех пор она постоянно развивалась, в нее внесено огромное количество улучшений и нового функционала. В 2018 году была выпущена версия 3.10. И в будущем, несмотря на выпуск принципиально новой системы MasterSCADA 4D, в связи с очень высокой популярностью версии MasterSCADA 3.X компания ИнСАТ планирует продолжить развитие этой линейки нашей продукции. Интерфейс MasterSCADA изображен на рисунке 25.

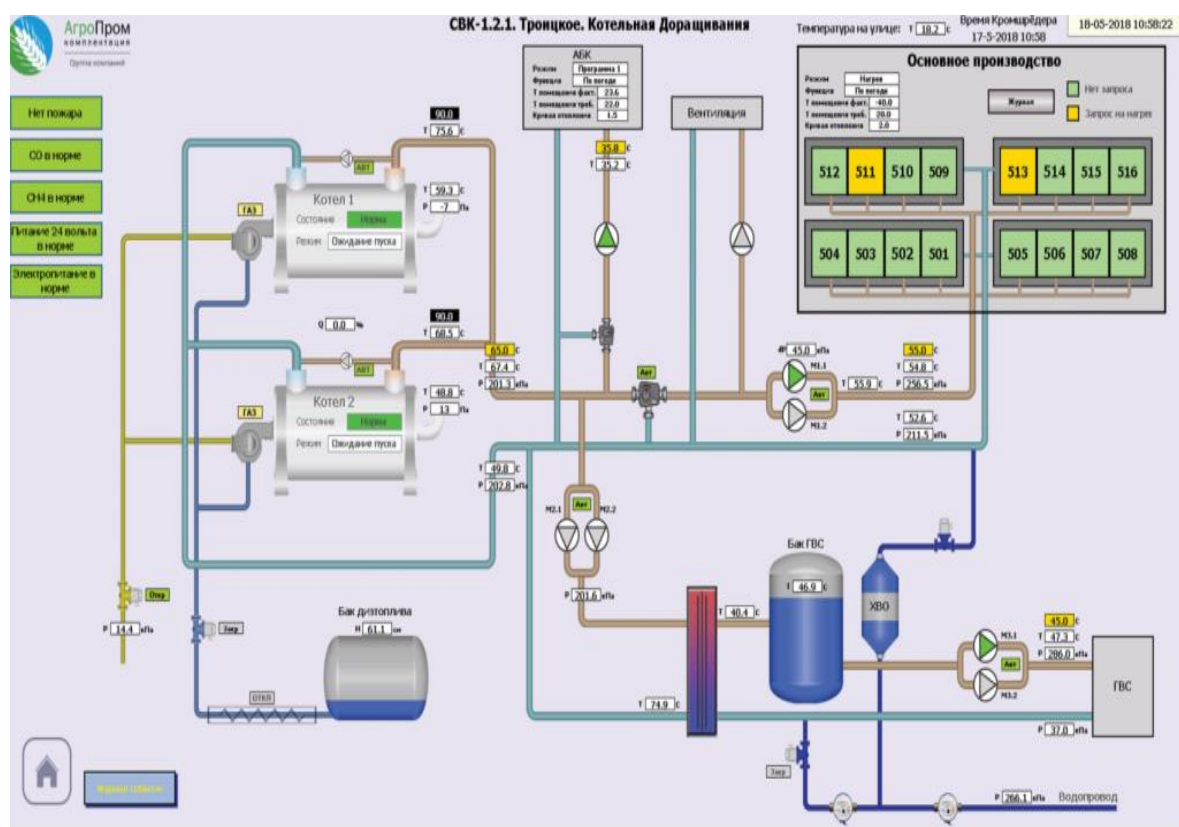


Рисунок 25– Интерфейс MasterSCADA

### Основные преимущества MasterSCADA 3.X

Открытость. Открытость программной платформы позволяет взаимодействовать с любыми видами оборудования и сторонними продуктами с

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

130302.2019.163.ПЗ.КР



помощью современных технологий, таких как: OPC DA/HDA/UA, OLE, DCOM, ActiveX, OLE DB, ODBC и других. Кроме того, открытый API позволяет осуществлять интеграцию со сторонними системами, например, ГИС-системами, MES или ERP. Вертикальная интеграция. MasterSCADA 3.x имеет мощные средства горячего резервирования как на уровне SoftLogic-системы для программируемых логических контроллеров, так и на уровне серверов опроса и обработки информации, и АРМ-операторов. Разработка всех уровней системы ведётся в единой интуитивно понятной среде, что позволяет выполнить настройку и полную отладку распределённого проекта на одном компьютере. Все модули расширения встроены в общую оболочку. Пользователь всегда работает с единым внешним видом программы, состоящим из древовидного проекта, палитры библиотечных элементов и окна редактирования документов и свойств. Полный набор инструментов. В стандартную комплектацию системы входят все необходимые проектировщику модули: среда разработки, среда исполнения, модули отчетов, трендов, журналов сообщений, разграничение прав доступа, архивирование, библиотеки объектов, изображений и алгоритмов. Мощные вычислительные возможности. В MasterSCADA 3.x предусмотрена возможность реализации алгоритмов с помощью встроенных редакторов различных языков: FBD, ST (стандарт МЭК 61131-3) и C#. Язык C# за счет доступа к внутренним функциям (API) MasterSCADA можно также использовать для автоматизации проектирования или создания сценариев работы в режиме исполнения. Развитая система архивов. Архивация данных в MasterSCADA 3.x может осуществляться в собственный файловый архив или в одну из распространенных СУБД (MS SQL, Oracle, Firebird, My SQL, Interbase, Sybase). Предоставление архивных данных оператору возможно в виде трендов, журналов и отчетов [23].

MasterSCADA 3.X обладает мощной системой сообщений: системные сообщения стандартные, а также пользовательские, формируемые по любым определённым в проекте событиям. Сообщения делятся на разные категории с разным уровнем приоритета, что позволяет наглядно выдавать оператору

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

*130302.2019.163.ПЗ.КР*

(диспетчеру) информацию через всплывающее окно сообщений, строку статуса, журнал сообщений, уведомления по SMS и E-Mail.

Встроенный генератор отчетов. Отчёты в MasterSCADA 3.X предоставляют возможность обработки полученных данных, как заданием формул с использованием больших библиотек функций, так и с использованием языка сценариев C#. Кроме того, благодаря возможности включения любой графической информации, включая графики, диаграммы, штрих-коды и прочее, отчёты предоставляют всю необходимую аналитическую информацию для оператора [25].

Все три SCADA-системы имеют свои индивидуальные разработки и технологии, дополнительные функции и др. Все они достаточно современные и показывают хорошие результаты. Но выбор был сделан в сторону MasterSCADA от компании ИнСАТ, одна из причин является то, что ЮУрГУ сотрудничает с этой компанией и предоставляет больше возможностей для студентов. Но также его интерфейс был более удобный, достаточно было просто ориентироваться в рабочей среде, также в нем достаточно много инструментов в Demo-версии.

#### Вывод по главе один

Сделав аналитический обзор про насосные станции, их автоматизацию и диспетчеризацию, техническое оборудование. Мы изучили принципы работы, конструкции, способы регулирования, системы автоматики, способы передачи данных, аппаратное обеспечение, программное обеспечение. Объектом изучения стала насосная станция повышения давления. Где в состав аппаратного обеспечения мы выбрали: насос центробежного типа, асинхронный электродвигатель, в качестве основных датчиков выступают электронные реле давления и манометр, а в качестве дублирующего электромеханические. Также используем векторный частотный преобразователь с каскадным контроллером и ПЛК от компании ОБЕН, с которой сотрудничает компания ИнСАТ, у которой мы выбрали Scada-систему MASTERSCADA для нашего ПО.

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
-----	------	----------	---------	------

*130302.2019.163.ПЗ.КР*

Лист

69

## 2 АППАРАТНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СИСТЕМЫ

Для того чтобы перейти к выбору нужного оборудования для автоматизированной системы насосной станции повышения давления в водоснабжении, нужно рассчитать первоначальные параметры: напор, потребление, производительность. Для разработки возьмем в качестве примера здание высотой в 10 этажей и произведем для него базовые расчеты. Напор системы рассчитывается по формуле (1) [12]:

$$H_0 = 10 \text{ (м в.с.)} + 4 \text{ (м)} * (N - 1) \quad (1)$$

где 10 (м в.с.) – Это минимальное давление, подаваемое на 1-ый этаж здания;  
4 (м) – Высота одного этажа;  
N – Количество этажей.

В формуле (1) мы вычитаем 1 этаж, потому что он уже учитывается в виде минимального давления.

Тогда, подставив количество этажей, найдем ориентировочный напор, формула (2):

$$H_0 = 10 + 4 * (10 - 1) = 46 \text{ (м в.с.)} \quad (2)$$

Перевести получившиеся значение в другие единицы измерения давления, можно при помощи таблицы 2.

Таблица 2 – Преобразование единиц измерения давления

	1 бар	1 атм	1 м в.с.
1 бар	1	1,019	10,19
1 атм	0,98	1	10
1 м в.с.	0,098	0,097	1

То есть, если мы переведем в единицы измерения (атм), то получим 4.6 (атм). Необходимо учесть потери в трубопроводе, которые примерно составляют 0,4 (атм).

Итоговый напор будет равен:

$$H = H_0 + \Delta H \quad (3)$$

где H – напор с учетом потерь;

$H_0$  – Напор без учета потерь;

$\Delta H$  – потери в трубопроводе.

Тогда ,получаем:

$$H = 4,6 + 0,4 = 5(\text{атм}) \quad (4)$$

Среднесуточное потребление на человека по нормативам СНиП 2.04.01-85 для Челябинска на 2019 год примерно составляет 230 л/сут – это потребление холодной воды.

Число жителей выберем ориентировочно, у нас имеется 10 этажей по 6 квартир, допустим, что в каждой из них живет среднестатистическая семья из 3 человек. Тогда суммарное количество у нас получится:

$$W = n * N * K \quad (5)$$

где  $W$  – общее количество жильцов;

$n$  – принятое количество людей в одной квартире;

$N$  – количество этажей;

$K$  – количество квартир.

Подставив значения, получим:

$$W = 3 * 10 * 6 = 180 (\text{чел}) \quad (6)$$

Получаем, что у нас 60 человек проживает в нашем подъезде.

Расчетный (средний за год) суточный расход воды на хозяйственные-питьевые нужды, рассчитаем по формуле (7).

$$Q_{\text{сут.рас}} = \frac{N * q_{\text{ж}}}{1000} \quad (7)$$

где  $Q_{\text{сут.рас}}$  – среднесуточный расход воды;

$N$  – расчетное число жителей, чел.,

$q_{\text{ж}}$  – удельное водопотребление ,определенное по нормативам СНиП 2.04.01-85, в качестве 230 л/сут.

Тогда, подставив наши значения, получим:

$$Q_{\text{сут.ср}} = \frac{230 * 180}{1000} = 41,4 (\text{м}^3/\text{сут}) \quad (8)$$

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

130302.2019.163.ПЗ.КР

Лист

71

Далее рассчитаем максимальный и минимальный расход воды в сутки наибольшего и наименьшего водопотребления, также посчитаем неучтенные расходы.

Максимальный расход воды в сутки наибольшего водопотребления будет равен:

$$Q_{\text{сут.макс}} = K_{\text{сут.макс}} * Q_{\text{сут.ср}} \quad (9)$$

где  $K_{\text{сут.макс}} = 1,1$  – коэффициент максимальной суточной неравномерности водопотребления.

Тогда, подставив наши значения, получим:

$$Q_{\text{сут.макс}} = 1,1 * 41,4 = 45,5 \text{ (м}^3\text{/сут)} \quad (10)$$

Неучтенные расходы принимаются по нормативам в размере 5% суммарного расхода воды на хозяйственно-питьевые нужды:

$$Q_{\text{неуч}} = \frac{Q_{\text{сут.макс}} * 5}{100} \quad (11)$$

Тогда, подставим наши значения, получим:

$$Q_{\text{неуч}} = \frac{45,5 * 5}{100} = 2,275 \text{ (м}^3\text{/сут)} \quad (12)$$

Тогда расчетный суточный расход на хозяйственно-питьевые нужды составит:

$$Q_{\text{макс.сут}} = Q_{\text{сут.макс}} + Q_{\text{неуч}} \quad (13)$$

Подставив значения, получим:

$$Q_{\text{макс.сут}} = 45,5 + 2,275 = 48 \text{ (м}^3\text{/сут)} \quad (14)$$

Минимальный расход воды в сутки наименьшего водопотребления будет равен:

$$Q_{\text{мин.сут}} = K_{\text{сут.мин}} * Q_{\text{сут.ср}} \quad (15)$$

где  $K_{\text{сут.мин}} = 0,7$  – коэффициент минимальной суточной неравномерности водопотребления.

Тогда, подставив наши значения, получим:

$$Q_{\text{сут.мин}} = 0,7 * 45,5 = 32 \text{ (м}^3\text{/сут)} \quad (16)$$

Определим максимальный расчетный часовой расход воды, который находится по формуле:

$$q_{\text{час.макс}} = \frac{K_{\text{час.макс}} * Q_{\text{макс.сут}}}{24} \quad (17)$$

где  $K_{\text{час.макс}}$  – коэффициент максимальной часовой неравномерности.

Найдем этот коэффициент:

$$K_{\text{час.макс}} = \alpha_{\text{макс}} * \beta_{\text{макс}} \quad (18)$$

где  $\alpha_{\text{макс}} = 1,2$  – коэффициент, учитывающий степень благоустройства зданий, режим работы предприятий и другие местные условия;

$\beta_{\text{макс}} = 3,5$  – коэффициент, учитывающий число жителей в населенном пункте, принимаемый по таблице 3.

Таблица 3 – коэффициенты, учитывающие число жителей

	Число жителей, тыс. чел.						
	До 0,1	0,15	0,2	0,3	0,5	0,75	1
$\beta_{\text{макс}}$	4,5	4	3,5	3	2,5	2,2	2
$\beta_{\text{мин}}$	0,01	0,01	0,02	0,03	0,05	0,07	0,1

Принятые коэффициенты подставим в формулу (18):

$$K_{\text{час.макс}} = 1,2 * 3,5 = 4,2 \quad (19)$$

Тогда, подставим получившийся коэффициент в формулу (17):

$$q_{\text{час.макс}} = \frac{4,2 * 48}{24} = 8,4 (\text{м}^3/\text{час}) \quad (20)$$

Найдем минимальный расчетный часовой расход воды, который находится по формуле:

Подставив наши значения, получим:

$$q_{\text{час.мин}} = \frac{K_{\text{час.мин}} * Q_{\text{мин.сут}}}{24} \quad (21)$$

Где  $K_{\text{час.мин}}$  – коэффициент минимальной часовой неравномерности

Найдем этот коэффициент:

$$K_{\text{час.мин}} = \alpha_{\text{мин}} * \beta_{\text{мин}} \quad (22)$$

Где  $\alpha_{\text{мин}} = 0,4$  – коэффициент, учитывающий степень благоустройства зданий, режим работы предприятий и другие местные условия;

$\beta_{\text{мин}} = 0,01$  – коэффициент, учитывающий число жителей в населенном пункте, принимаемый по таблице 3.

Принятые коэффициенты подставим в формулу (22):

$$K_{\text{час.мин}} = 0,4 * 0,01 = 0,04 \quad (23)$$

Тогда, подставим получившийся коэффициент в формулу (17):

$$q_{\text{час.мин}} = \frac{0,04 * 32}{24} = 0,05 \text{ (м}^3\text{/час)} \quad (24)$$

Мы определили базовые параметры, которые нам нужно знать, чтобы выбрать наше оборудование.

## 2.1 Выбор насосной установки

На рынке насосного оборудования показывают хорошие показатели качества и эффективности, такие популярные компании как Wilo и Grundfos. Сделав базовые расчеты и посмотрев каталог насосных установок обеих компаний, было решено выбрать компанию Wilo, также выбор основан на рекомендациях от инженерно-технического работника, специализирующегося в сфере водоснабжения. Разобрав более подробно ассортимент этой компании ,было решено взять насосную установку WILO HELIX V 603-1/16/E/S/400-50 (см.рис.26) [26]. Нормальновсасывающий высокоэффективный многоступенчатый высоконапорный центробежный насос вертикального исполнения с линейными подключениями, режим работы которого S1. Рабочие колеса, ведущие колеса, ступенчатый корпус из нержавеющей стали. 3-фазные, 2-полюсные моторы, уровень энергоэффективности IE2 по стандарту IEC. Реле мотора предоставляется по запросу. Клеммная коробка установлена на одной линии с всасывающим патрубком; это положение можно изменить по запросу в зависимости от установочного положения. Промежуточный подшипник в гидравлике обеспечивает надежность продукта. Варианты исполнения PN16 с овальным фланцем и PN25 с фланцами круглой формы DIN. Специальная встроенная транспортировочная скоба для простой установки насоса. Благодаря модульной структуре насосы Helix можно приспособить к имеющимся установкам по соответствующему запросу. Благодаря дизайну соединительного элемента, предоставляющегося по запросу в двух вариантах исполнения, обеспечивается непосредственный доступ к скользящему торцевому уплотнению. Допуск WRAS/KTW/ACS для всех деталей, находящихся в контакте с перекачиваемой средой (модель EPDM) [26].

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
-----	------	----------	---------	------

130302.2019.163.ПЗ.КР

Лист

74



Рисунок 26 – Насосная установка WILO HELIX V 603-1/16/E/S/400-50  
 Выбрали мы эту установку по кривой характеристик ( см.рис.27).

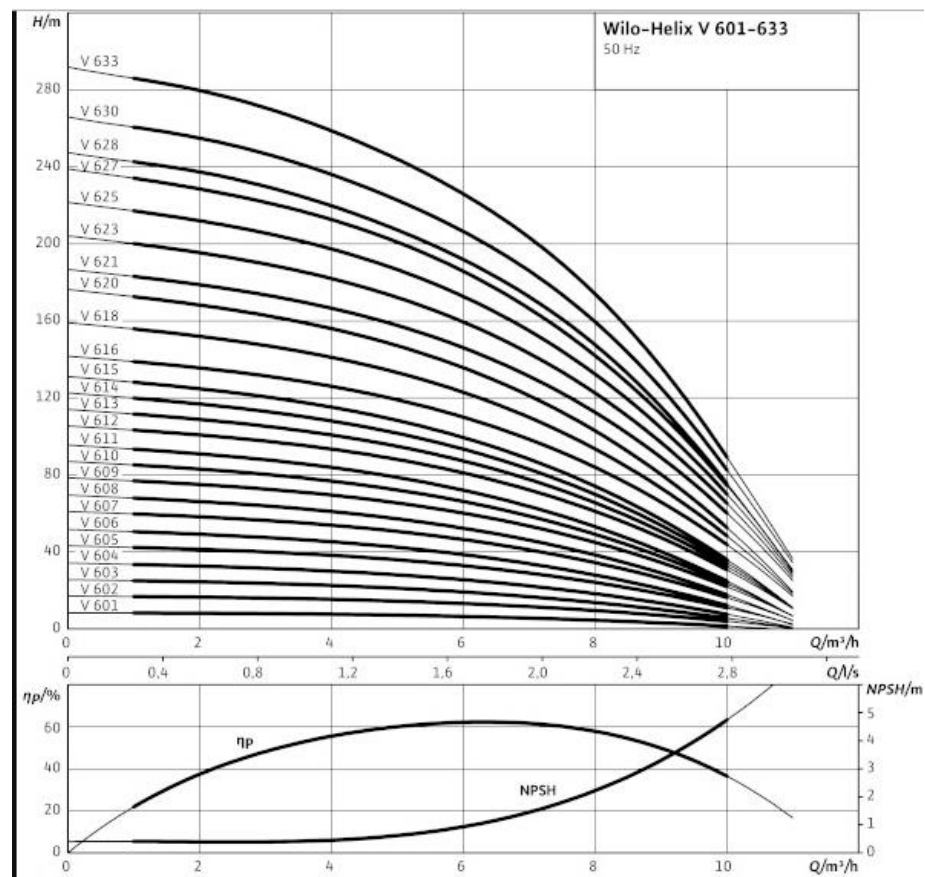


Рисунок 27 – Характеристики насосов согласно ISO 9906, класс 2

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

130302.2019.163.ПЗ.КР



Для представления размеров нашей установки, представлен габаритный чертеж на рисунке 28.

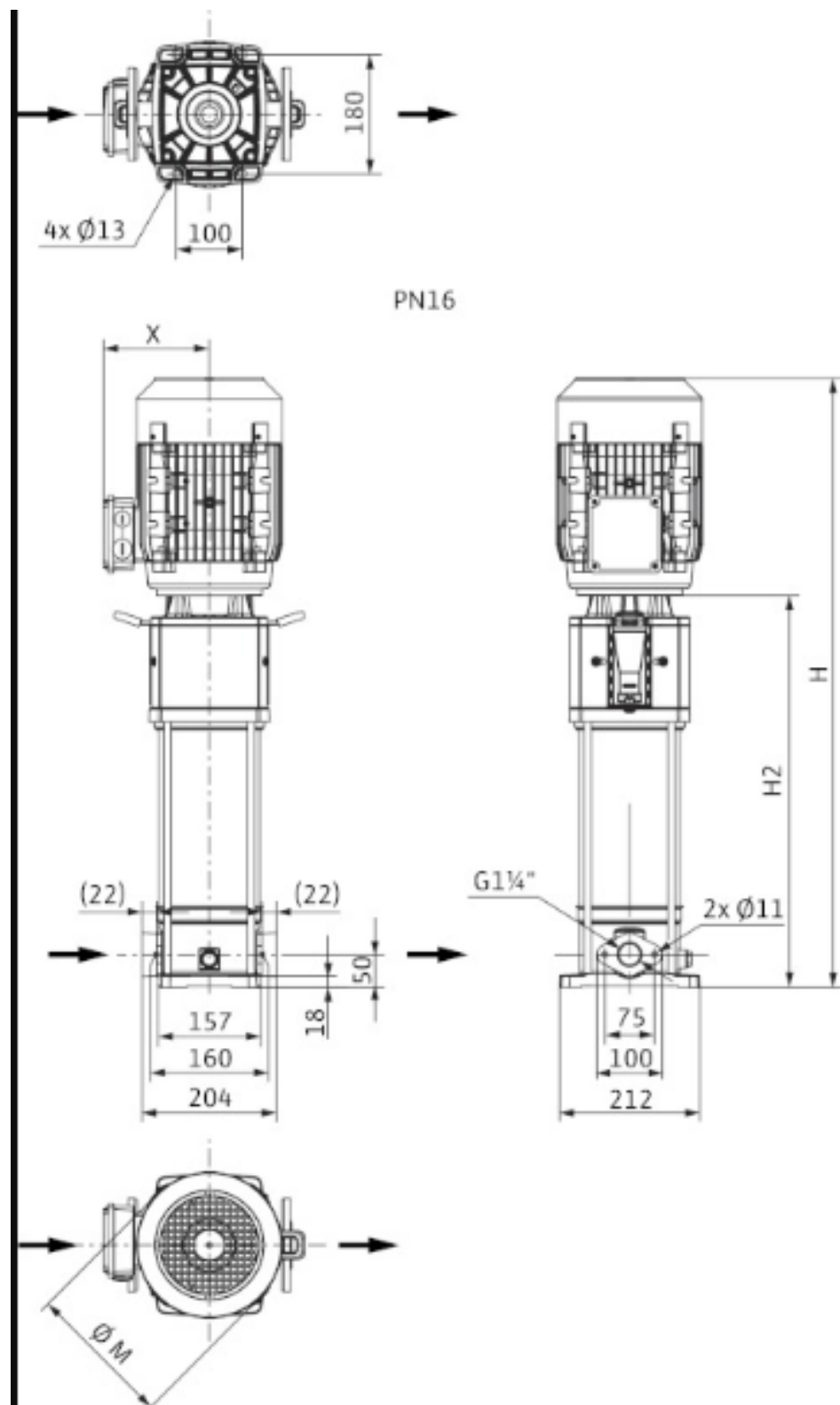


Рисунок 28 – Габаритный чертеж WILO HELIX V 603-1/16/E/S/400-50

Технические характеристики насосной установки можно увидеть на рисунках 29-30.

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

130302.2019.163.ПЗ.КР

Лист

76

Технические данные		Жидкость	
Серия	Helix V	Температура рабочей среды	-30...+120 °C
Номинальный расход, м <sup>3</sup> /ч	6	<b>Данные электрооборудования</b>	
Артикул	4201402	Рабочее напряжение	380
Вес, кг	25	Номинальный ток, А	1.32
Количество ступеней	3	Номинальная мощность двигателя, кВт	0.55
Артикул (старый)	4162714	Степень защиты	IP 55
<b>Монтаж</b>		Класс изоляции	F
Максимальное рабочее давление, бар	16	Число полюсов	2
Макс. Напор, м в ст	24	Потребляемая мощность, кВт	0.85
Наличие датчика давления	нет	<b>Материалы</b>	
Диаметр напорного патрубка	DN 32	Корпус насоса	Нержавеющая сталь (1.4301 [AISI304])
Номинальный диаметр овального фланца	G 1¼	Рабочее колесо	Нержавеющая сталь (1.4307 [AISI304L])
Мин. Давление на входе при температурах среды 50/95/110 C	PN 16	Вал насоса	Нержавеющая сталь (1.4301 [AISI304])
Температура окружающей среды, макс.	+40 °C	Скользящее торцевое уплотнение	EPDM
Уровень номинального давления (с напорной стороны) PN	16	Статическое уплотнение	EPDM
Длина без учета упаковки, мм	223	<b>Система управления</b>	
Ширина без учета упаковки, мм	212	Регулирование частоты вращения	нет
Высота без учета упаковки, мм	598		
Присоединение	фланец		

Рисунок 29 – Технические данные WILO HELIX V 603-1/16/E/S/400-50

### МОТОР

Класс изоляции	F
Степень защиты	IP 55
Подключение к сети	3~400 В, 50 Гц
Номинальная мощность мотора $P_2$	0,55 кВт
Потребляемая мощность $P_1$	0,73 кВт
Номинальный ток 3~230 В, 50 Гц $I_N$	2,27 А
Номинальный ток 3~400 В, 50 Гц $I_N$	1,31 А
КПД мотора $\eta_m$ 50%	73,0 %
КПД мотора $\eta_m$ 75%	75,0 %
КПД мотора $\eta_m$ 100%	75,5 %

Рисунок 30 – Технические данные электродвигателя

По рекомендациям от производителей насосного оборудования, количество работающих насосов (кроме резервных) следует выбирать от номинальной подачи. И так в системе до 30 м<sup>3</sup>/час, следует, ставит 2 насоса.

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
-----	------	----------	---------	------

130302.2019.163.ПЗ.КР

Лист

77

Поэтому в нашей насосной станции будет стоять 3 таких установки, 2 действующих и одна резервная [26].

## 2.2 Выбор частотного преобразователя

После конечного выбора насосной установки, предстоит выбор частотного преобразователя для нашей автоматизированной системы насосной станции. Сделав аналитический обзор (см.раздел 1.6), было принято решение использовать частотный преобразователь векторный 3-фазный (ЧПВ3) от компании ОВЕН.

Исходя от того какие у нашей насосной установки технические характеристики, модель ОВЕН ПЧВ3-2К2-В подходит для эксплуатации (см.рис. 31).



Рисунок 31 – Серия ПЧВ1, ПЧВ2, ПЧВ3

Технические характеристики ОВЕН ПЧВ3-2К2-В можно увидеть в таблице 4.

Таблица 4 – Технические характеристики ОВЕН ПЧВ3-2К2-В

Выходная мощность	2,2 кВт
Номинальный выходной ток	5,3 А
Питающая сеть	3 фазы, 380...480 В (0,37...90 кВт)
Выходное напряжение (U,V,W), %	0-100
Выходная частота, Гц	0-200 Гц (VC), 0-400 (U/F)
Цифровые входы	4

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
-----	------	----------	---------	------

130302.2019.163.ПЗ.КР

Лист

78

Продолжение таблицы 4

Аналоговые входы	2 U/I
Аналоговые выходы	2 I
Релейные выходы	2(240 В, 2А)
Протокол RS-485	Modbus RTU, FLN, Metasys; BACnet MSTP
Встроенные источники питания	10 В/25 мА, 24 В/90 мА
Класс защиты корпуса	IP 20
Вибропрочность	1,0 g
Максимальная относительная влажность	95% без конденсации влаги
Диапазон рабочих температур	0 - 40 °С при номинальном выходном токе -20 до +50 °С со снижением выходного тока
Температура при хранении и транспортировке	от -30 до +70 °С
Максимальная длина экранированного кабеля двигателя	25 м
Максимальная длина неэкранированного кабеля двигателя	50 м
Перегрузочная способность	150% (60с)
Тормозной ключ	нет

На основе оборудования для автоматизации компании ОВЕН разработана система каскадного управления насосами для обеспечения требуемого водопотребления с переменным расходом и автоматическим поддержанием заданного давления в сети водоснабжения. Системами каскадного управления (СКУ) называют такие системы, у которых выходной сигнал одного из регуляторов направляется в качестве задания на другой. Основной и вспомогательный параметры объекта подаются соответственно в виде входных

сигналов на эти регуляторы. При этом только основной регулятор имеет независимое задание.

Основная функция СКУ состоит в поддержании количественного баланса между текущим значением расхода  $Q_{расх}$  и регулируемой производительностью (подачей) насосной станции  $Q_{нс}$  при заданном давлении в сети водоснабжения:

$$Q_{расх} = Q_{нс} \quad (24)$$

Главная роль в системе каскадного управления отведена преобразователям частоты серий ПЧВЗ. В структурную схему насосной станции с СКУ могут входить от двух до четырех насосов равной производительности.

Чтобы включить поочередно в работу двигатели используют каскадное управление с периодическим чередованием мастер-насоса. Принципиальную схему каскадного управления насосами с периодическим чередованием мастер-насоса можно увидеть на рисунке 32.

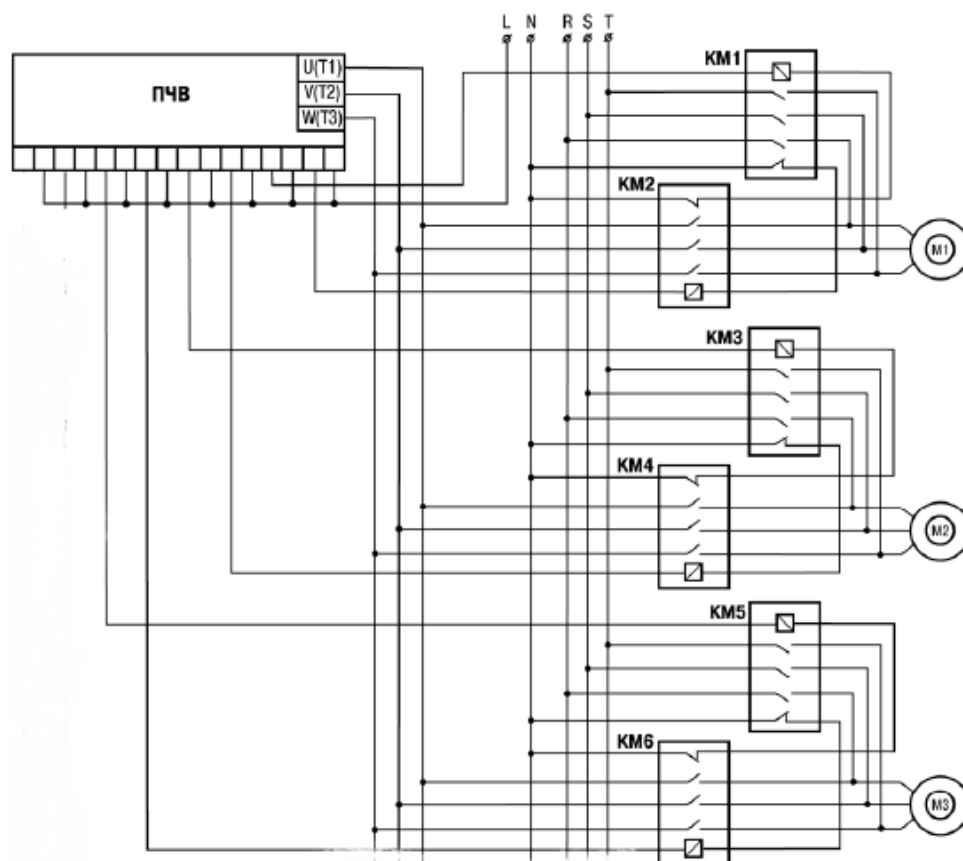


Рисунок 32 – Принципиальная схема каскадного управления насосами с «переменным мастер-насосом»

Принцип данной схемы достаточно прост:

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

130302.2019.163.ПЗ.КР

Лист

80

При включении питания включается контактор КМ2 и двигатель М1 начинает работать от преобразователя частоты, увеличение частоты происходит до достижения заданной величины давления.

Если текущее давление меньше заданного (т.е. производительности одного насоса недостаточно), то двигатель М1 отключается от преобразователя частоты и через контактор КМ1 подключается к питающей сети. Контактор КМ4 включается и двигатель М2 подключается к преобразователю частоты. Повышение частоты вращения происходит до достижения заданной величины давления. В основном в схеме будет работать 2 двигателя, так как один резервный, но если случится так, что давление ниже заданного при двух двигателях, то есть возможность, аналогично к преобразователю частоты подключить двигатель М3, а М2 подключается к сети (включается контактор КМ3). И все 3 двигателя будут работать, но это будет считаться аварийным режимом [27]

### 2.3 Выбор контроллера

В каталоге компании ОВЕН ,было решено взять ПЛК110-60[M02].

ОВЕН ПЛК110[M02] – линейка программируемых моноблочных контроллеров с дискретными входами/выходами на борту для автоматизации средних систем (см.рис.33). Оптимальны для построения систем автоматизации среднего уровня и распределенных систем управления.

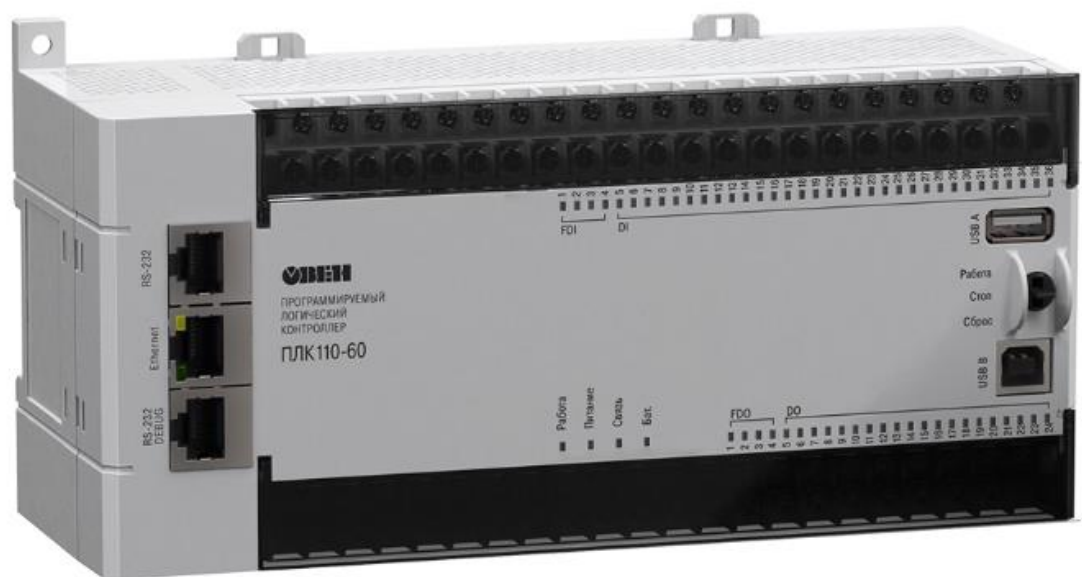


Рисунок 33 – ПЛК110-60[M02]

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

130302.2019.163.ПЗ.КР

Преимущества ОВЕН ПЛК110[М02]:

- Наличие встроенных дискретных входов/выходов на борту;
- Скоростные входы для обработки энкодеров;
- Ведение архива работы оборудования или работа по заранее оговоренным сценариям при подключении к контроллеру USB-накопителей;
- Простое и удобное программирование в системе CODESYS v.2 через порты USB Device, Ethernet, RS-232 Debug;
- Передача данных на верхний уровень через Ethernet или GSM-сети (GPRS);
- 4 последовательных порта (RS-232, RS-485);
- Наличие двух исполнений по питанию (220 В и 24 В).

ПЛК110-60[М02] показывает наибольшие показатели в серии ПЛК 110[М02] (см.рис. 34)

Параметр	ПЛК110	ПЛК110[М02]
Вычислительные ресурсы		
Процессор	200 МГц	400 МГц
ОЗУ	128 кБайт+2 МБ (размер heap варьируется)	128 кБайт+3 МБ (размер heap варьируется)
FLASH-диск ПЛК	4 МБ	6 МБ
Операционная система	нет	Есть, EmbOS Segger - ОС реального времени
Интерфейсы	RS-232 RS-232 Debug RS-485 (1 или 2) Ethernet USB Device	RS-232 RS-232 Debug RS-485 (1 или 2) Ethernet USB Device USB Host
Работа по беспроводным сетям	SMS, CSD, GPRS	SMS, CSD, GPRS
Питание 5 В в RS-232	Нет	Есть
Температурный диапазон эксплуатации	-10...+50 °С	-40...+55 °С
Источник питания для часов RTC	Встроенный аккумулятор	Заменяемая стандартная батарейка CR2032
Источник питания для Retain	Встроенный аккумулятор	Не требуется, используется MRAM
Ведение архивов на USB Flash	нет	До 8 ГБ
Быстрые входы	Есть, до 10 кГц	Есть, 100 кГц
Быстрые выходы	до 5 кГц	До 100 кГц

Рисунок 34 – Линейка ПЛК 110[М02]

Увидеть функциональную схему этого контроллера можно на рисунке 35.

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
-----	------	----------	---------	------

130302.2019.163.ПЗ.КР

Лист

82

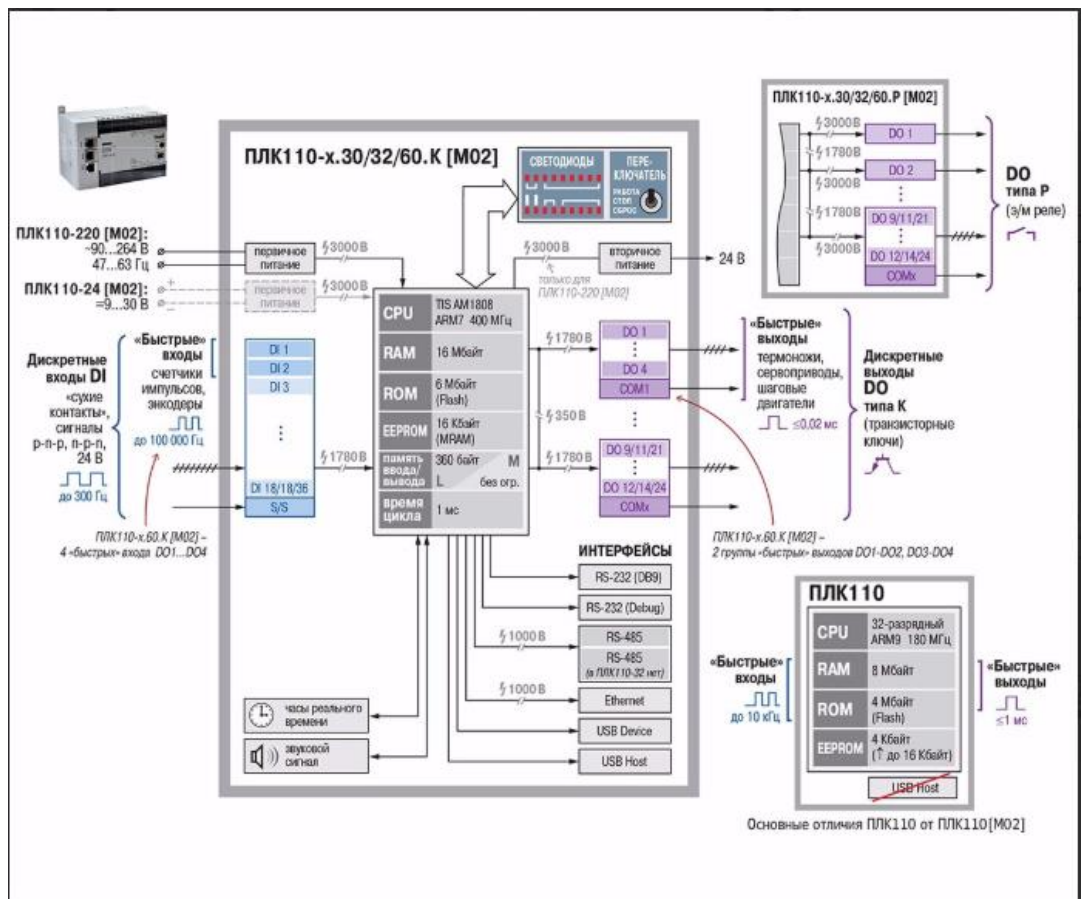


Рисунок 35 – Функциональная схема ПЛК 110[M02]

К выбранному ПЛК также было подобрано дополнительное оборудование в виде модулей ввода/вывода, преобразователя интерфейсов, сенсорной панели, цифрового задатчика, каскадный контроллер.

Модули аналогового вывода (с интерфейсом RS-485) МУ110 предназначены для преобразования цифровых сигналов, передаваемых по сети RS-485, в аналоговые сигналы для управления исполнительными механизмами или для передачи сигналов приборам регистрации и самописцам.

Модули аналогового ввода с универсальными входами (с интерфейсом RS-485) МВ110, предназначены для измерения аналоговых сигналов встроенными аналоговыми входами, преобразования измеренных величин в значение физической величины и последующей передачи этого значения по сети RS-485.

Модули дискретного ввода/вывода (с интерфейсом RS-485) МК110 предназначены для управления по сигналам из сети RS-485 встроенными дискретными ВЭ, используемыми для подключения исполнительных механизмов



с дискретным управлением, и сбора данных с дискретных входов модуля с передачей их в сеть RS-485.

Сенсорная панель СП307 Предназначена для наглядного отображения значений параметров и оперативного управления, а также ведения архива событий или значений.

АС3-М преобразователь интерфейсов RS-232 <-> RS-485 с гальванической изоляцией Предназначен для взаимного преобразования сигналов интерфейсов RS-232 и RS-485. Позволяет подключать к промышленной информационной сети RS-485 устройство с интерфейсом RS-232 (персональный компьютер, считыватель штрих-кодов, электронные весы и т. д.)

УЗС1 цифровой задатчик сигналов 4-20 мА и 0-10 В предназначен для ручного или автоматического управления аналоговыми исполнительными механизмами. В автоматическом режиме УЗС1 транслирует сигнал от управляющего прибора или контроллера на исполнительный механизм, а в ручном – формирует сигнал 4-20 мА или 0-10 В, значение которого задается пользователем с лицевой панели.

СУНА-122 каскадный контроллер предназначен для управления насосами с преобразователем частоты предназначен для каскадного управления насосными группами совместно с частотными преобразователями в системах водоснабжения, водозабора, повышения давления, канализационных сооружений жилых и офисных зданий, промышленных предприятий, коттеджных посёлков, детских садов, школ, больниц и других объектов [27].

#### 2.4 Выбор датчиков

В каталоге компании ОВЕН мы выбрали ПД100 модели 3х1 датчики давления для ЖКХ и теплосетей (см.рис 36). Данная модель характеризуется наиболее бюджетной ценой и устойчивостью к агрессивным средам.

Преобразователи данной модели предназначены для систем регулирования и управления на объектах жилищно-коммунального хозяйства: прямых и обратных трубопроводах сетевой воды систем ГВС/ХВС, теплосчетчиках, станциях подкачки воды и т.п., где не требуется высокая точность измерений.

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

*130302.2019.163.ПЗ.КР*

Лист

84



*Керамический сенсор*

Рисунок 36 – Преобразователь давления ПД100

Технические характеристики этого датчика можно увидеть на рисунках 37-38.

Наименование	Значение
Выходной сигнал постоянного тока	4...20 мА, 2-х проводная схема
Основная приведенная погрешность	1,0 % ВПИ
Диапазон рабочих температур измеряемой среды	-40...+100 °С
Напряжение питания	12...36 В постоянного тока
Сопротивление нагрузки	0...1,0 кОм (в зависимости от напряжения питания)
Потребляемая мощность	не более 0,8 Вт
Устойчивость к механическим воздействиям	группа исполнения V3
Степень защиты корпуса	IP65
Устойчивость к климатическим воздействиям	УХЛ3.1
Диапазон рабочих температур окружающего воздуха	-40...+80 °С
Атмосферное давление рабочее	66...106,7 кПа

Рисунок 37 – Технические характеристики ПД100 модели 3х1

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

*130302.2019.163.ПЗ.КР*

Лист

85

Среднее время наработки на отказ	не менее 500 000 ч
Средний срок службы	12 лет
Межповерочный интервал	2 года
Методика поверки	КУВФ.406230.100 МП
Вес без упаковки / в упаковке	0,2 кг / 0,3 кг
Штуцер для подключения давления	M20x1,5 манометрической формы, G1/2 манометрической формы
Тип электрического соединителя	EN175301-803 форма А
Габаритный размер (по высоте)	не более 115 мм
Перегрузочная способность	не менее 200 % от ВПИ
Предельное давление перегрузки	не менее 250 % от ВПИ

Рисунок 38 – Технические характеристики ПД100 модели 3x1  
 Габаритные размеры ПД100 модели 3x1 представлены на рисунке 39.

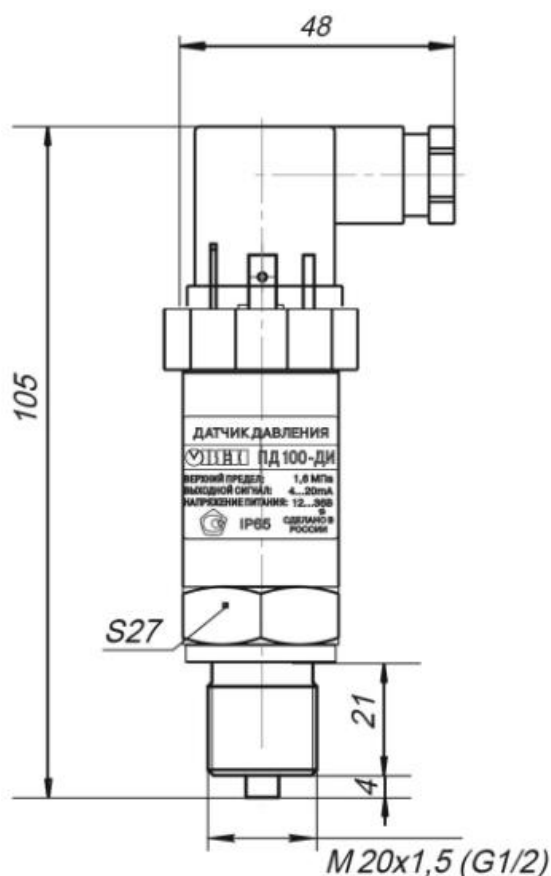


Рисунок 39 – Габаритные размеры ПД100 модели 3x1

Реле давления РД-2Р модель 35 от компании РОСМА (см.рис. 40). Реле давления или прессостат применяется для переключения электрических цепей при изменении разницы давления неагрессивных к медным сплавам жидких или газообразных, не вязких и не кристаллизующихся сред с максимальной температурой 110 °С (воздух, масло, вода, хладоны). Принцип работы реле

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
-----	------	----------	---------	------

130302.2019.163.ПЗ.КР

Лист

86

заключается в следующем: когда значение давления в системе достигает определенной уставки, заданной заранее, происходит переключение однополюсного перекидного контакта, и реле срабатывает, замыкая или размыкая электрическую цепь. В момент, когда давление изменяется на величину настраиваемого дифференциала, реле возвращается в исходное положение. Реле давления относится к категории автоматических приборов. Универсальность реле давления заключается в возможности работать как при повышении, так и при понижении давления. Область применения реле давления: системы теплоснабжения, вентиляции, водоснабжения, машиностроительная отрасль, защита различных механизмов, в частности, реле давления устанавливаются в насосных установках для защиты от сухого хода, вызванного резким снижением давления в системе. В компрессорах РД обеспечивают работу агрегата в автоматическом режиме [25].



Рисунок 40 – Реле давления РД-2Р модель 35

Технические характеристики представлены на рисунке 41.

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

130302.2019.163.ПЗ.КР

Лист

87

Реле давления	Диапазон показаний, МПа	Дифференциал, МПа (настраиваемый)	Р перегруз. Макс, МПа
	-0,05...0,3	0,02...0,15	1,6
	-0,07...0,6	0,06...0,4	1,6
	-0,02...0,8*	0,07...0,4*	1,6*
	-0,02...0,8**	0,04...0,15**	1,6**
	0,1...1	0,1...0,3	1,6
	0,5...1,6	0,1...0,4	3,5
	0,5...2,4	0,2...0,5	3,5
	0,5...3	0,5...1	3,5
Воспроизводимость	±2%		
Контакты	Однополюсный перекидной контакт		
Электрические характеристики	8, А ~220 В 16, А ~110 В		
Рабочая температура	-10... +70 °С		
Корпус	IP42 IP44 для РД-2Р-0,8 МПа модель 35. Алитурованная сталь 10		
Крышка	Пластик, цвет белый		
Материалы	Штуцер и накидная гайка – хромированная сталь 10 Кронштейн и механизм – анодированная сталь 10 Сильфон – медный сплав		
Шкала	Алюминий, цвет черный		

Рисунок 41 – Технические характеристики реле давления РД-2Р модель 35 РОСМА манометр ТМ1 (ТМ-121). Тип ТМ (ТВ, ТМВ), серия 21 (см.рис.42). Манометр коррозионностойкий выполнен полностью из нержавеющей стали. Применяется для измерения давления агрессивных жидких и газообразных, не вязких и не кристаллизующихся измеряемых сред с температурой до 200 °С. Эти промышленные манометры могут использоваться в условиях агрессивной окружающей среды, повышенной вибрации и при измерении переменного давления. Повышенная устойчивость к воздействию окружающей среды — степень защиты приборов IP65. Может использоваться в сборе с разделителем сред. При измерении давления с высокими динамическими нагрузками, прибор необходимо заполнить глицерином или силиконом. Область применения: теплоснабжение, водоснабжение, горнодобывающая промышленность, нефтехимическая промышленность, энергетика, машиностроение [25].

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
-----	------	----------	---------	------

130302.2019.163.ПЗ.КР

Лист

88



Рисунок 42 – манометр ТМ1 (ТМ-121)

ПДУ поплавковые датчики уровня (см.рис.43), предназначены для сигнализации уровня жидкостей. ОВЕН ПДУ применяются в составе систем контроля и регулирования жидкости (воды, растворов, светлых нефтепродуктов и иных жидких сред, в том числе и агрессивных, за исключением коррозионно-активных к материалу датчика) в различных резервуарах. ОВЕН ПДУ применяются для измерения как текущего, так и предельного (максимального или минимального) уровня жидкости. Поплавковые датчики уровня имеют общепромышленные и взрывозащищенные исполнения [27].



Рисунок 43 – Поплавковый датчики уровня ОВЕН ПДУ

Подобрав все нужное оборудование и выбрав метод регулирования НС.

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

*130302.2019.163.ПЗ.КР*

Посмотрим, какое энергосбережение произойдет при внедрении нашей системы в эксплуатацию на рисунках 44-

**Выбор ПЧВ:**

Основные параметры расчета:

ПЧВ	ПЧВ3-2К2-В-5
Мощность двигателя, кВт	2.2
Ток двигателя, А *	5.3
Стоимость электроэнергии, руб/кВт*час	3,19
Средняя нагрузка системы в день, % *	75

Дополнительно:

- Тяжелый режим
- Пожарный режим
- Спящий режим
- Энкодер
- Тормозной резистор

\* поля, обязательные для заполнения

Назад      Сбросить все      Далее

© 2013 ОВЕН - регуляторы, измерители, контроллеры, датчики. Все права защищены. <http://www.owen.ru>  
Разработка и производство программируемых логических контроллеров, датчиков, контрольно-измерительных приборов. Средства автоматизации, КИПиА, АСУ ТП.

Рисунок 44 – Задание значений в калькуляторе

**Выбор цикла нагрузки:**

Нагрузка в сутки, %

00	02	04	06	08	10	12	14	16	18	20	22
45	40	40	85	100	75	49	47	59	82	100	81

Месяцы:

- Январь
- Февраль
- Март
- Апрель
- Май
- Июнь
- Июль
- Август
- Сентябрь
- Октябрь
- Ноябрь
- Декабрь

Дни недели:

- Понедельник
- Вторник
- Среда
- Четверг
- Пятница
- Суббота
- Воскресенье

Назад      Сбросить все      Рассчитать

© 2013 ОВЕН - регуляторы, измерители, контроллеры, датчики. Все права защищены. <http://www.owen.ru>  
Разработка и производство программируемых логических контроллеров, датчиков, контрольно-измерительных приборов. Средства автоматизации, КИПиА, АСУ ТП.

Рисунок 45 – Выбор цикла нагрузки

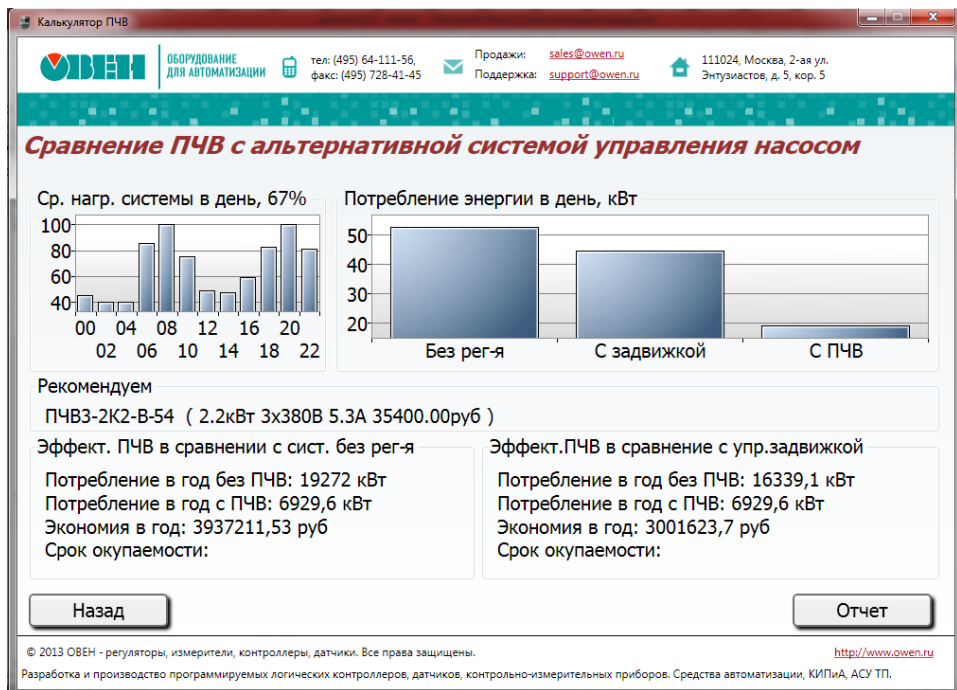


Рисунок 46 – Сравнение ПЧВ с альтернативной системой управления насосом

Видно, что метод частотным регулированием оказался верным и показывает хорошие показатели в энергосбережении [27].

#### Вывод по главе два

Произведены базовые расчеты для выбора насосной установки (WILO HELIX V 603-1/16/E/S/400-50), был выбран частотный преобразователь ОВЕН ПЧВ3-2К2-В, контрольно-измерительные приборы также были выбраны от компании ОВЕН, произведена оценка энергосбережения при внедрении частотного преобразователя.

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
-----	------	----------	---------	------

130302.2019.163.ПЗ.КР

Лист

91



### 3 РАЗРАБОТКА СХЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ НАСОСНОЙ СТАНЦИИ

#### 3.1 Разработка структурной схемы АСУ ТП насосной станции

Разработанную структурную схему можно увидеть на рисунке 47.

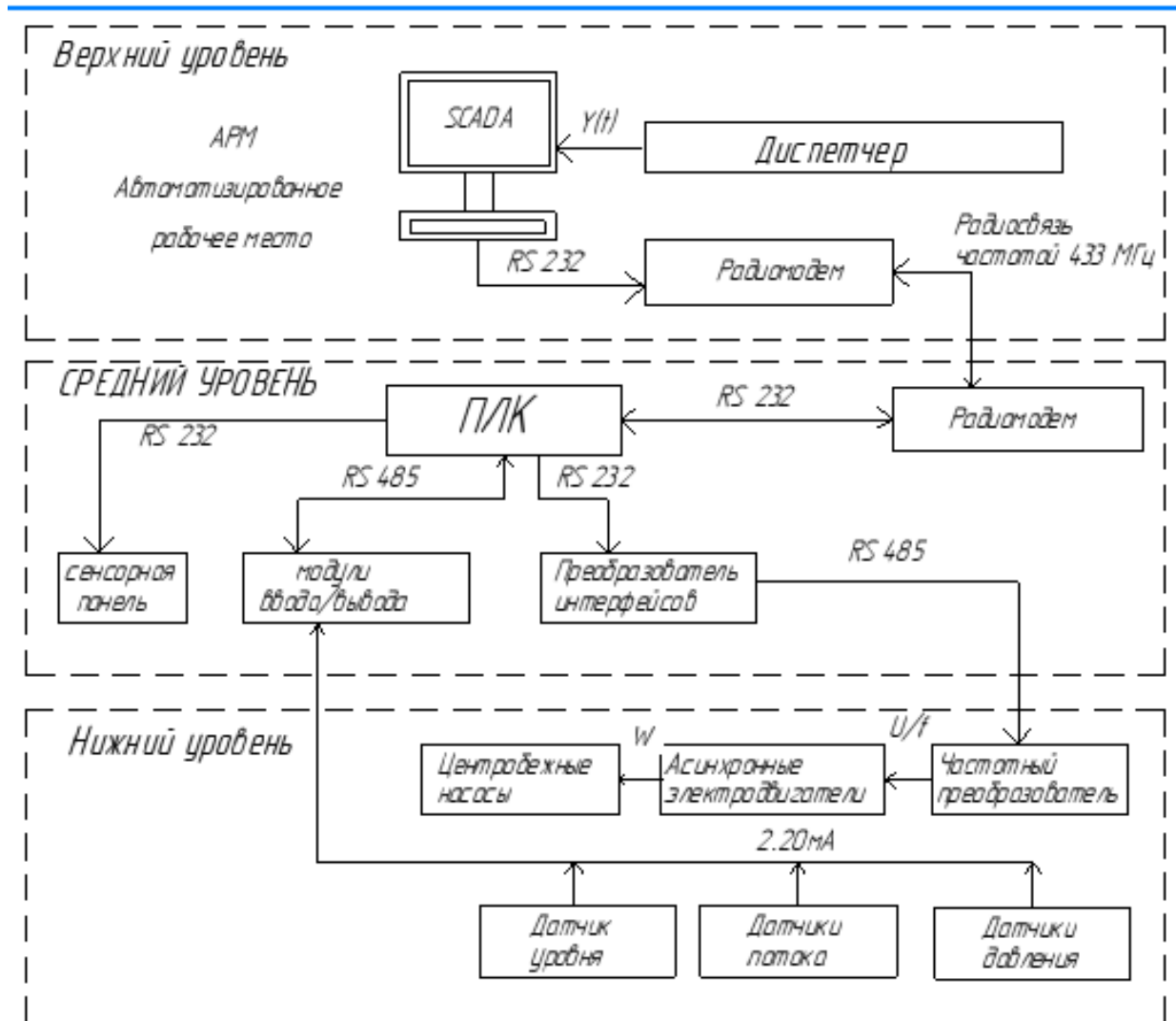


Рисунок 47 – Структурная схема АСУ ТП насосной станции

Как видно из рисунка (47), наша система многоуровневая, состоящая из 3 уровней: верхний, средний, нижний.

Верхний уровень представляет собой, уровень операторских и диспетчерских станций или так называемое автоматизированное рабочее место (АРМ), это означает, что здесь задействован человек, т.е. оператор или технолог. На этом уровне обеспечивается связь с нижним уровнем, откуда осуществляется сбор данных, визуализация и мониторинг. То есть осуществляет контроль технологического оборудования и процесса через так называемый человеко-

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

машинный интерфейс. К нему относятся: мониторы, графические панели, которые устанавливаются локально на пультах управления и шкафах автоматики. Для осуществления контроля над распределенной системой машин, механизмов и агрегатов применяется MASTERSCADA от компании ИнСАТ. Связь со средним уровнем, где располагается управления оборудованием, осуществляется через радиомодемы 1 и 2 по частоте 433 мГц.

Средний уровень – это уровень управления оборудованием. Здесь расположился программируемо-логический контроллер (ПЛК), который принимает и обрабатывает информацию с измерительных приборов и датчиков состояния оборудования и потом выдает команды управления, в соответствии с запрограммированным алгоритмом управления, на исполнительные механизмы. Так как у нас идет аналоговый сигнал с датчиков с нижнего уровня, то на среднем уровне также располагаются модули аналого выходы и ввода, преобразователь интерфейсов, который преобразует RS 232 в RS 485, эти приборы имеют канал связи с ПЛК по RS485, который также служит для связи с нижним уровнем. А сенсорная панель для местного наблюдения имеет канал связи RS 232.

Нижний уровень – это уровень контрольно-измерительных приборов, которые контролируют параметры, исполнительных устройств, которые воздействуют на эти параметры процесса, для приведения их в соответствие с заданием. На этом уровне осуществляется согласование сигналов датчиков с входами устройства управления, а вырабатываемых команд с исполнительными устройствами. Здесь расположились наши контрольно-измерительные приборы от компании ОВЕН: датчики и реле давления, манометры, датчик уровня. Исполнительные устройства такие, как: частотный преобразователь от компании ОВЕН, насосная установка, включающая в себя многоступенчатый центробежный насос и асинхронный электродвигатель [28].

### 3.2 Разработка функциональной схемы АСУ ТП насосной станции

Функциональную схему АСУ ТП насосной станции можно увидеть на рисунке 48.

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

*130302.2019.163.ПЗ.КР*

Лист

93

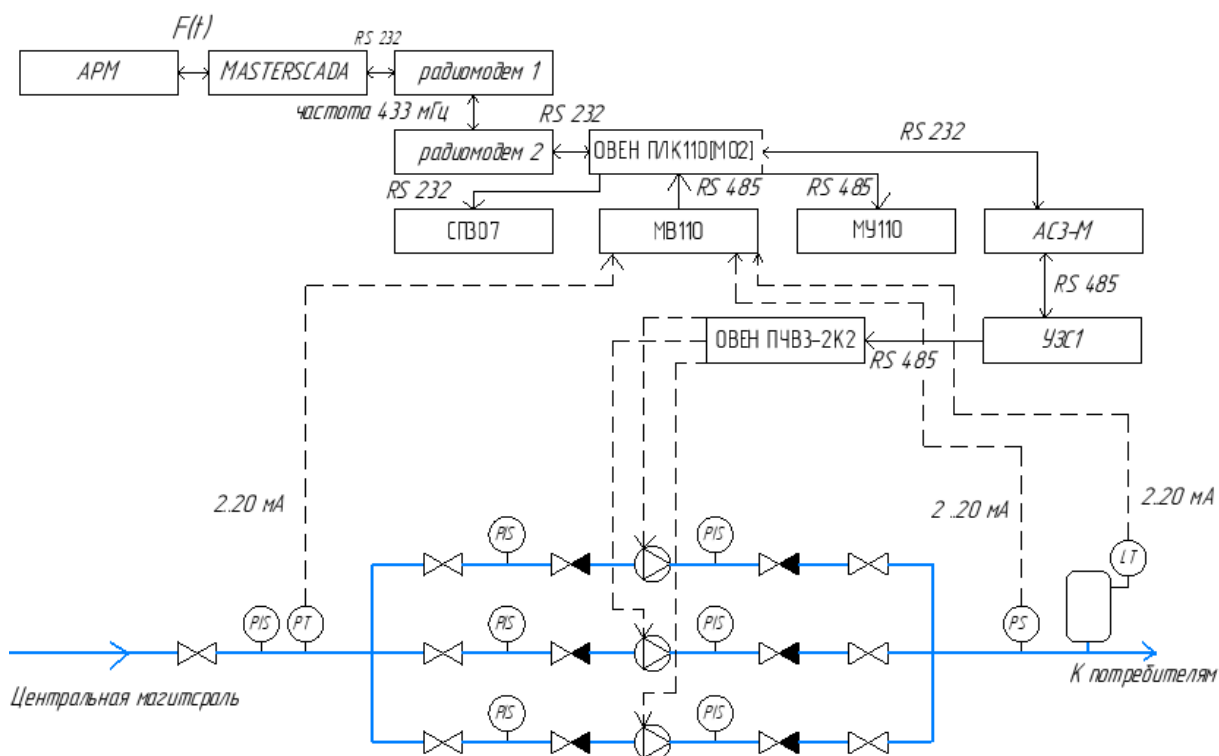


Рисунок 48 – функциональная схема АСУ ТП насосной станции

Из рисунка (48) видно как функционирует наша система, какой сигнал от какого объекта передается, какими каналами связи все осуществляется. Используются каналы связи такие как: RS 232, RS 485, частота 433 мГц.

RS 232 – интерфейс передачи информации между двумя устройствами на расстоянии до 20 м. Информация передается по проводам с уровнями сигналов, отличающимися от стандартных 5В, для обеспечения большей устойчивости к помехам. Асинхронная передача данных осуществляется с установленной скоростью при синхронизации уровнем сигнала стартового импульса.

RS – Протокол связи RS-485 является наиболее широко используемым промышленным стандартом, использующим двунаправленную сбалансированную линию передачи. Протокол поддерживает многоточечные соединения, обеспечивая создание сетей с количеством узлов до 32 и передачу на расстояние до 1200 м. Использование повторителей RS-485 позволяет увеличить расстояние передачи еще на 1200 м или добавить еще 32 узла. Стандарт RS-485 поддерживает полудуплексную связь.

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

130302.2019.163.ПЗ.КР

Лист

94

Частота 433 МГц – В Российской Федерации выделены два субгигагерцевых диапазона частот, где возможно безлицензионное применение радиопередающих устройств — 443 и 868 МГц. Термин «безлицензионный» означает, что потребитель может использовать радиопередающие устройства без специальных разрешений и регистрации.

С АРМ на верхнем уровне, где находится диспетчер поступает сигнал  $(F(t))$ , задание или что-то еще в систему *MASTERSCADA*, где по радиомодемам по частоте 433 МГц, осуществляется связь со средним уровнем, который передается в ПЛК. С заданными алгоритмами работы технологического процесса, ПЛК начинает управлять исполнительными устройствами на нижнем уровне по каналу связи RS 485. Также с нижних уровней приходят аналоговые сигналы с контрольно-измерительных приборов на модули вводов и выводов, которые преобразуют сигнал в цифровой для передачи на ПЛК. ПЛК и АРМ имеют обратную связь для диспетчеризации объекта. С ПЛК поступает цифровой сигнал на задатчик (уставка), который преобразует сигнал в аналоговый и передает частотному векторному преобразователю, работающему совместно с каскадным контроллером, который помогает управлять группой насосов от одного ЧПВ. А с ЧПВ уже идет сигнал  $U/f$  в зависимости от того, какое давление сейчас присутствует. Также присутствуют элементы водоснабжения такие, как: обратные ручные клапана, задвижки, габаритная арматура [28].

#### Вывод по главе три

Были построены структурная и функциональная схема АСУ ТП насосной станции повышения давления, которые отображают иерархию системы и ее принцип функционирования.

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

130302.2019.163.ПЗ.КР

Лист

95

## 4 ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СИСТЕМЫ

### 4.1 Специальные возможности MasterSCADA.

### 4.2 Разработка мнемосхемы в MasterSCADA

Исходя из аналитического анализа Scada-систем (см. раздел 1.15), было решено использовать систему *MasterSCADA*.

При открытии программы появится первичное основное окно (см. рис. 49.), где располагаются 2 окна: дерево системы (Система) и дерево объектов. Здесь же задается название нашего проекта и следует продолжение в рабочую среду [25].

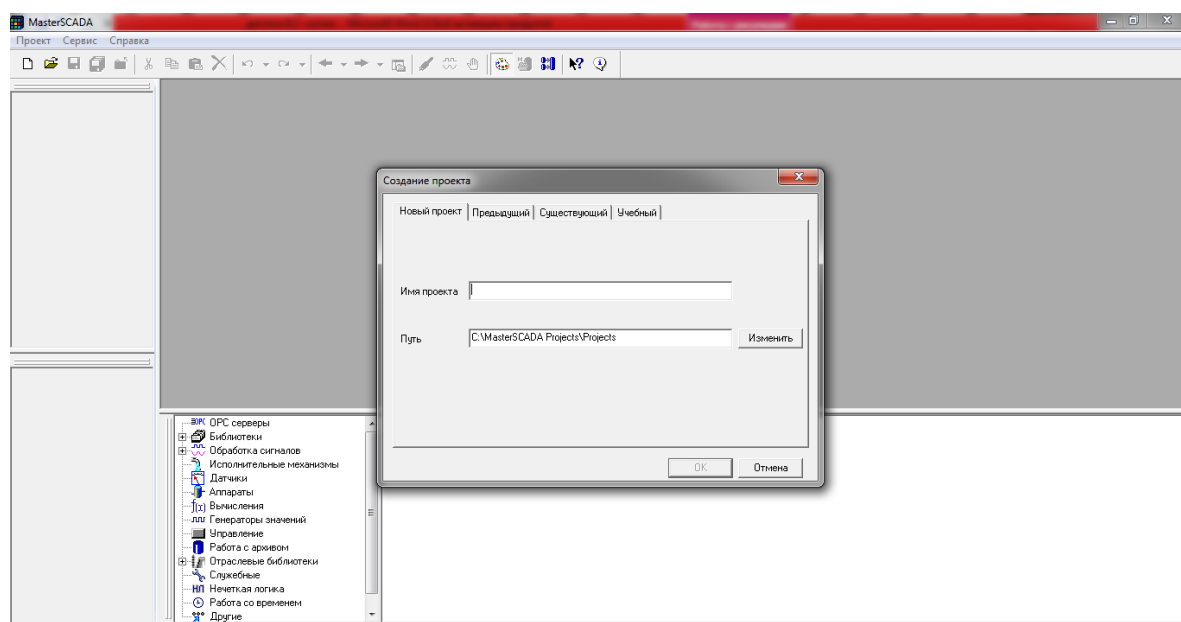


Рисунок 49 – Первичное окно в программе MasterRSCADA

При работе в дереве системы создается АРМ (см.рис.50), в котором задаются некие параметры, которые будут использоваться в дальнейшем в системе. Также там задаются серверы работы, которые будут определять, как будет функционировать математическая модель. Так как мы используем Демо-версию этой программы, то серверы нам недоступны, и поэтому воспользоваться полноценно системой будет невозможно [25].

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

130302.2019.163.ПЗ.КР

Лист

96

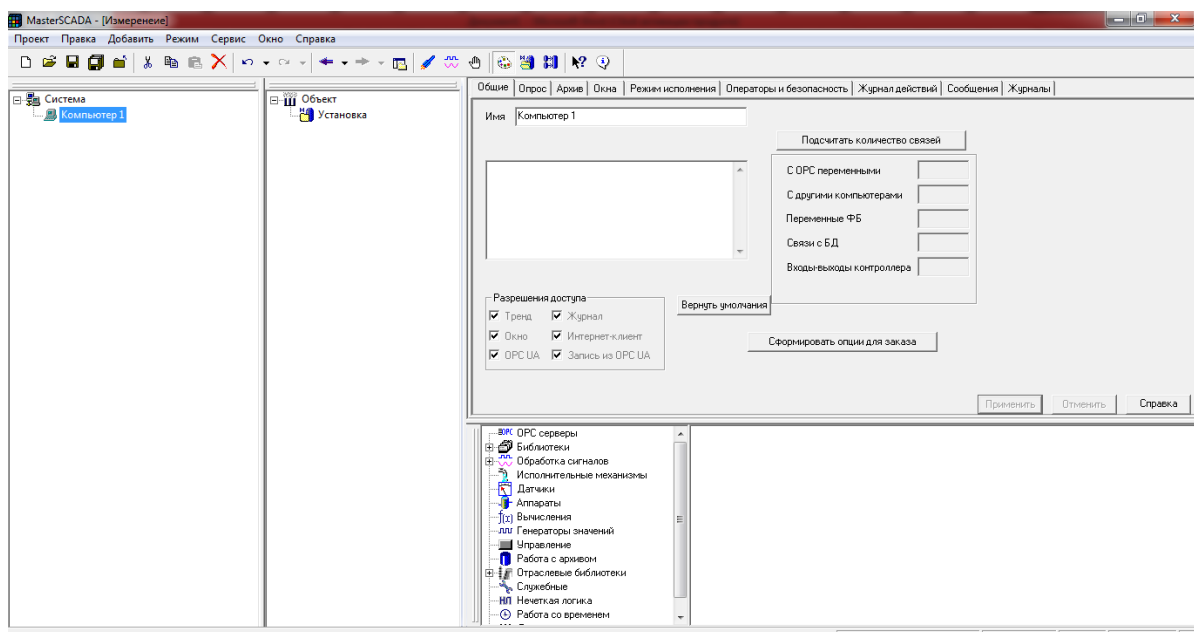


Рисунок 51 – Окно дерево системы

После того как будет создан АРМ, то можно переходить к окну дерево объектов ( см.рис .52).

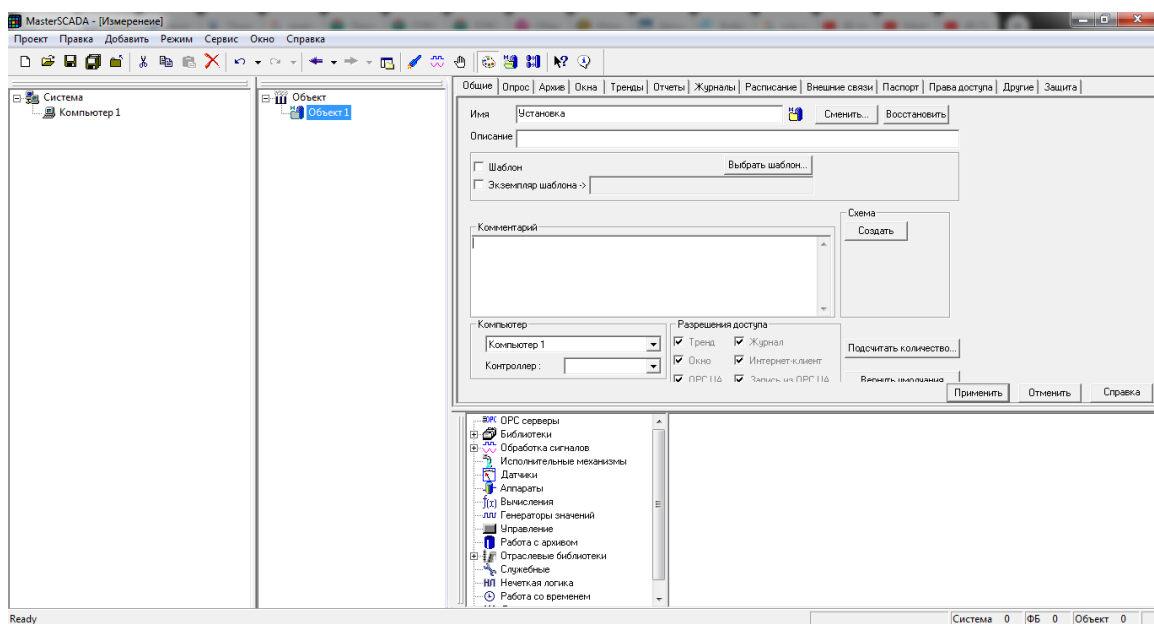


Рисунок 52 – Окно дерево объектов

Суть всего процесса заключается в задании параметров каждому объектов, назначения величин, внедрения ограничений , и так продолжается до тех пор пока не будут отрегулированы все объекты, которые нам нужны . Далее переходят в режим построения мнемосхем , где отображается математическая модель нашей системы в виде анимационного процесса с отображением значений контрольно-измерительных приборов и исполнительных устройств. На этом моделирование подходит к финишу.

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

130302.2019.163.ПЗ.КР

Лист

97

Выполнив все этапы, которые требовались для создания модели и используя только те возможности, которые предоставляла Демо-версия MASTERSCADA, выполнена модель автоматизированной насосной станции (см.рис 53.)

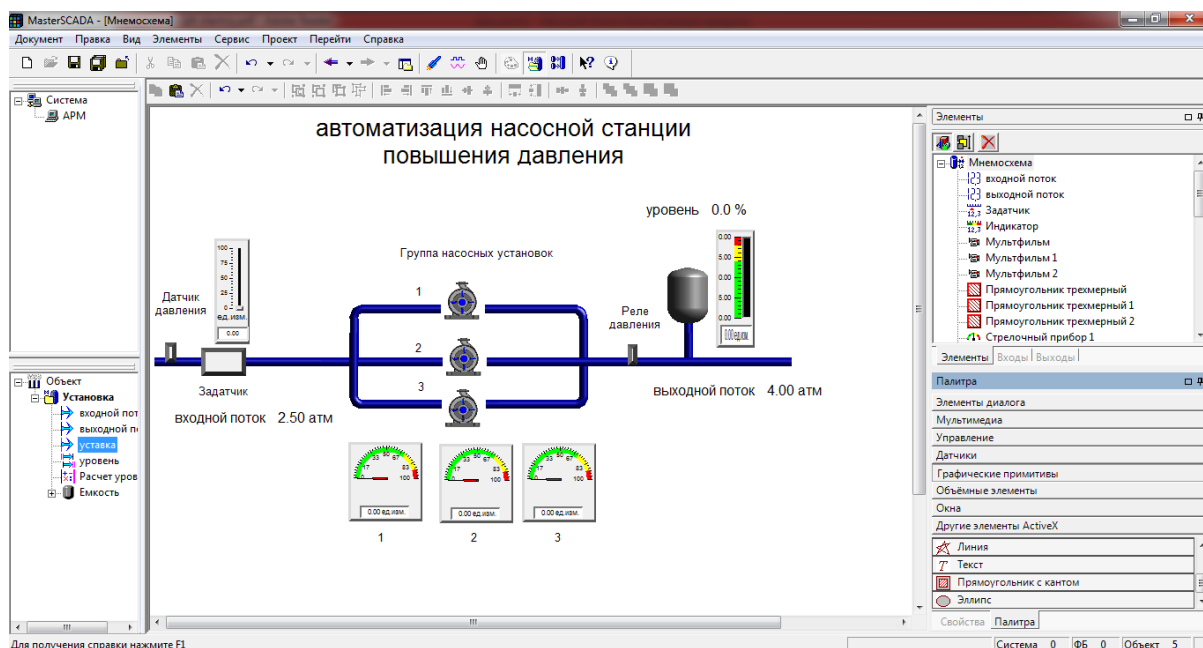


Рисунок 53 – Модель автоматизированной насосной станции повышения давления

#### Вывод по главе четыре

Была построена мнемосхема в MasterSCADA, отображающая математическую модель нашей системы. Было сделано описание интерфейса этой SCADA-системы.

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

130302.2019.163.ПЗ.КР

Лист

98

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В процессе дипломной работы бала разработана автоматизированная система диспетчерского контроля и управления насосной станцией.

Для объекта изучения была выбрана насосная станция повышения давления. Для нее был проведен аналитический анализ, рассчитаны базовые параметры для насосной установки, выбран метод регулирования, разработаны схемы, сделана оценка энергосбережения ,выбрано полностью оборудование: датчики, преобразователь частоты, электродвигатель, насос, контроллеры.

В программе КОМПАС-3D сделаны структурная и функциональная схема АСУ ТП насосной станции.

В программе Mathcad сделаны базовые расчеты для выбора насосной установки.

В программе MasterSCADA была спроектирована модель разрабатываемой системы.

В программе-калькуляторе от компании ОБЕН была произведена оценка энергосбережения, от выбранного метода регулирования.

При разработке квалификационной работы были использованы следующие программные средства: MathCad, Microsoft Word 2010, КОМПАС-3D, MasterSCADA, программа-калькулятор от компании ОБЕН.

Разработанная автоматизированная система диспетчерского контроля и управления насосной станцией удовлетворяет всем требованиям, техническое задание выполнено в полном объеме [1].

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

*130302.2019.163.ПЗ.КР*

Лист

99



## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СТО ЮУрГУ 04-2008 Стандарт организации. Курсовое и дипломное проектирование. Общие требования к содержанию и оформлению / составители: Т.И. Парубочная, Н.В. Сырейщикова, В.И. Гузеев, Л.В. Винокурова. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2008. – 56 с.
2. ГАЗЕТА.RU. – <https://www.gazeta.ru/prcom/2017/06/02/10704923.shtml> (дата обращения 02.05.2019)
3. Естафьев, Д.Г. Четвертая промышленная революция. <http://www.tadviser.ru/a/371579> (дата обращения 02.05.2019)
4. Энергия насосное оборудование. <http://www.mnz.ru/stati/18-osnashchenie-nasosov-zhkkh-chastotnymi-preobrazovatelayami> (дата обращения 09.05.2019)
5. AURORA. <http://aurora-center.ru/articles/pumps/pump-station-types-and-applications> (дата обращения 10.05.2019)
6. Национальная ассоциации энергетиков России. <http://nacep.ru/gde-ispolzuyutsya-nasosnye-stancii.html> (дата обращения 10.05.2019)
7. Завод Адмирал. <http://www.admiral-omsk.ru/vidy-nasosnyh-stancij-vodosnabzheniya> (дата обращения 10.05.2019)
8. Официальный сайт компании КВАНТ. – <https://xn----7sbeb3bupph.xn--p1ai/shema/stanciya-vodosnabzheniya-dlya-doma-shema.html> (дата обращения 12.05.2019)
9. Официальный сайт компании ЭКОВОДБИО. – <https://www.ecovodbio.ru/stanciya-povysheniya-davleniya> (дата обращения 12.05.2019)
10. Официальный сайт Met-all.org. – <http://met-all.org/nasosy/tsentrobeznyj-nasos-ustrojstvo-printsip-dejstviya.html> (дата обращения 12.05.2019)
11. Официальный сайт компании СЗЭМО. – <https://www.szemo.ru/press-tsentr/article/elektrodrigateli-dlya-nasosov-i-nasosnogo-oborudovaniya/> (дата обращения 12.05.2019)
12. СНиП 2.04.01-85\* Внутренний водопровод и канализация зданий

13. Официальный сайт компании ЕВРОЕДУКТОР. – <http://www.artesk.ru/invertor.html> (дата обращения 12.05.2019)
14. Официальный сайт компании Инженерные решения. – [https://engineering-solutions.ru/motorcontrol/vfd/#control\\_techniques](https://engineering-solutions.ru/motorcontrol/vfd/#control_techniques) (дата обращения 12.05.2019)
15. Бриц, А.В. Частотно регулируемый привод в современных условиях. – <http://elib.sfu-kras.ru> (дата обращения 19.05.2019)
16. Официальный сайт РусАвтоматизация. – <https://rusautomation.ru/privodnaya-tehnika/preobrazovateli-chastoty-dlya-nasosov> (дата обращения 19.05.2019)
17. Официальный сайт Househill. – <https://househill.ru/kommunikacii/voda/rele-davleniya-dlya-nasosa.html> (дата обращения 19.05.2019)
18. Официальный сайт Схем.net. – <http://cxem.net/promelectr/promelectr5.php> ( дата обращения 19.05.2019)
19. Система технического консультирования. <http://cons-systems.ru/dispatcherizatsiya-v-zhkkh> (дата обращения 19.05.2019)
20. Карелин В.Я. Насосы и насосные станции: учеб. для вузов / В.Я. Карелин, А.В. Минаев. – перераб. и доп. – М.:Стройиздат, 1986.- 320 с.
21. Официальный сайт компании КТТо. – <http://www.ktto.com.ua/nastroika/nmb> (дата обращения 09.06.2019)
22. Эгильский И.С Автоматизированные системы управления технологическими процессами подачи и распределения воды. – Л.: Стройиздат, Ленингр. отд-ние 1998. – 216 с., ил. – ISBN 5-274-00173-4
23. Топольский Д.В. Системы диспетчеризации и сбора данных: Монография / Д.В. Топольский, И.Г. Топольская. — Нижневартовск: Изд-во Нижневарт. гос. ун-та, 2014. – 88 с.
24. Официальный сайт PROMSAT. – <http://www.promsat.com/page/9/> (дата обращения 29.05.2019)
25. Официальный сайт компании ИнСАТ. – <https://insat.ru/> (дата обращения 29.05.2019)

26. Официальный сайт компании ТЕПЛОПРОФИ. – <https://chelyabinsk.teploprofi.com/catalogue/show/wilo-helix-v-603-1-16-e-s-400-50-4201402/#product> (дата обращения 29.05.2019)
27. Официальный сайт компании ОВЕН. – <https://www.owen.ru/catalog> (дата обращения 29.05.2019)
28. Автоматизация процессов. – [http://opiobjektid.tptlive.ee/Automatiseerimine/9\\_.html](http://opiobjektid.tptlive.ee/Automatiseerimine/9_.html) (дата обращения 2.06.2019)

					<i>130302.2019.163.ПЗ.КР</i>	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		10
						2