



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL

INSENERITEADUSKOND

Virumaa Kolledž

**GAASIGENERAATORISEADME KESKMISE ÕLI  
SADESTUMISE PROTSESSI AUTOMATISEERIMINE**  
**AUTOMATION OF THE PROCESS OF SETTLING THE MIDDLE OIL  
OF A GAS GENERATOR SET**

TOOTMISE AUTOMATISEERIMINE ÕPPEKAVA LÕPUTÖÖ

Üliõpilane: Artjom Arhipov

Üliõpilaskood 172856RDDR

Juhendaja: Sergei Pavlov, lektor

Kohtla-Järve 2022



TALLINNA TEHNİKAÜLIKOOI

INSENERİTEADUSKOND

Virumaa Kolledž

**АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ОТСТАИВАНИЯ  
СРЕДНЕГО МАСЛА ГАЗОГЕНЕРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ  
AUTOMATION OF THE PROCESS OF SETTLING THE MIDDLE OIL  
OF A GAS GENERATOR SET**

ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНАЯ РАБОТА ПО АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА

Студент: Артём Архипов

Код студента: 172856RDDR

Руководитель: Сергей Павлов, лектор

Кохтла-Ярве 2022

# AUTORIDEKLARATSIOON

Olen koostanud lõputöö iseseisvalt.

Lõputöö alusel ei ole varem kutse- või teaduskraadi või inseneridiplomit taotletud.

Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, olulised seisukohad, kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on viidatud.

"24" detsember 2022.

Autor: Artjom Arhipov

/ allkiri /

Töö vastab bakalaureusetöö/magistritööle esitatud nõuetele

"....." ..... 201.....

Juhendaja: .....

/ allkiri /

Kaitsmisele lubatud

"....." .....201... .

Kaitsmiskomisjoni esimees .....

/ nimi ja allkiri /

## **Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks<sup>1</sup>**

Mina Artjom Arhipov (*autori nimi*) (sünnikuupäev: 24.05.1988)

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose GAASIGENERAATORISEADME KESKMISE ÕLI SADESTUMISE PROTSESSI AUTOMATISEERIMINE, mille juhendaja on Sergei Pavlov,

1.1 reprodutseerimiseks lõputöö säilitamise ja elektroonse avaldamise eesmärgil, sh Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogusse lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

1.2 üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tallinna Tehnikaülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogu kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.

2. Olen teadlik, et käesoleva lihtlitsentsi punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.

3. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest ning muudest õigusaktidest tulenevaid õigusi.

---

<sup>1</sup>*Lihtlitsents ei kehti juurdepääsupiirangu kehtivuse ajal, välja arvatud ülikooli õigus lõputööd reprodutseerida üksnes säilitamise eesmärgil.*

\_\_\_\_\_ (*allkiri*)

\_\_\_\_\_ (*kuupäev*)

# Virumaa Kolledž

## LÕPUTÖÖ ÜLESANNE

**Üliõpilane:** Artjom Arhipov, 172856RDDR

Õppekava, peeriala: RDDR08/14 - Tootmise automatiseerimine

Juhendaja(d): Sergei Pavlov, lektor

Konsultant: .....(nimi, amet)

..... (ettevõtte, telefon, e-post)

### Lõputöö teema:

(eesti keeles) Gaasigeneraatoriseadme keskmise õli sadestumise protsessi automatiseerimine

(inglise keeles) Automation of the process of settling the middle oil of a gas generator set

### Lõputöö põhieesmärgid:

1. Eeldatav otsus tehnoloogilise protsessi automatiseerimiseks
2. Sobivate seadmete valik
3. Programmi kirjutamine PLCs

### Lõputöö etapid ja ajakava:

Nr	Ülesande kirjeldus	Tähtaeg
1.	Lõputöö teema valik ja tehnoloogilise protsessi ülevaade	5.01.2022
2.	Seadmete valik, automatiseerimise algoritmide selgitamine	1.03.2022
3.	Programmi kirjutamine PLCs. Lõputöö vormistamine	1.05.2022

**Töö keel:** vene keel **Lõputöö esitamise tähtaeg:** ".....".....2022a

**Üliõpilane:** Artjom Arhipov ..... ".....".....2022a  
/allkiri/

**Juhendaja:** Sergei Pavlov ..... ".....".....2022a  
/allkiri/

**Konsultant:** ..... ".....".....201....a  
/allkiri/

**Programmijuht:** ..... ".....".....201....a  
/allkiri/

*Kinnise kaitsmise ja/või lõputöö avalikustamise piirangu tingimused formuleeritakse pöördel*

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ .....	8
ПОЯСНЕНИЕ СОКРАЩЕНИЙ .....	9
ВВЕДЕНИЕ.....	10
1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ДЕЭМУЛЬСАЦИИ СМОЛОВОДЯНОЙ ЭМУЛЬСИИ	11
1.1 Общее описание процесса .....	11
1.2 Существующая система.....	12
2. ПРЕДЛАГАЕМОЕ РЕШЕНИЕ ПО АВТОМАТИЗАЦИИ .....	14
2.1 Емкость 19/4 .....	14
2.2 Емкость 19/3 .....	14
2.3 Емкость 19/2 .....	14
2.4 Емкость 19/1 .....	15
2.5 Емкость 21/1 .....	17
2.6 Емкость 22/1 .....	18
3. ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ .....	20
3.1 Выбор оборудования согласно нормативам .....	20
3.2 ПЛК SIEMENS S7-1200 .....	21
3.3 Модули ввода/вывода .....	23
3.3.1 Модуль ввода аналоговых сигналов sm 1231 .....	24
3.3.2 Модуль вывода аналоговых сигналов sm1232 .....	25
3.3.3 Модуль ввода дискретных сигналов sm 1221 .....	26
3.4 Датчик температуры .....	27
3.5 Датчик уровня.....	29
3.6 Датчик уровня раздела фаз.....	31
3.7 Датчик предельного уровня .....	33
3.7.1 Электронная вставка fel52 .....	34
3.8 Датчик давления .....	35
3.9 Аварийная задвижка.....	36
3.10 Регулирующий клапан .....	37
3.11 Концевой выключатель .....	38
4. ПРОГРАММА ДЛЯ ПЛК .....	39
4.1 Нормализация и масштабирование аналоговых сигналов 4-20мА.....	39
4.2 Автоматизация аварийной задвижки на емкости 19/2 .....	40
4.2.1 Функциональный блок.....	40
4.2.2 Положение задвижки и аварийный сигнал при неполном открытии или закрытии .....	41

4.2.3	Состояние датчиков аварийного уровня .....	42
4.2.4	Открытие задвижки .....	44
4.2.5	Закрытие задвижки .....	45
4.3	Автоматизация работы насоса 22/1 .....	46
4.3.1	Функциональный блок .....	46
4.3.2	Положение запорной задвижки .....	46
4.3.3	Запрет на запуск насоса 22/1 .....	47
4.3.4	Низкое давление на выходе с насоса .....	48
4.3.5	Включение и отключение насоса 22/1 .....	49
4.4	Автоматизация работы основного и резервного насоса 20/3 .....	52
4.4.1	Выбор места управления работы для насосов 20/3 .....	52
4.4.2	Выбор автоматического и ручного управления .....	53
4.4.3	Положение запорной задвижки на емкости 19/1 .....	55
4.4.4	Запрет на работу насосов 20/3 .....	55
4.4.5	Низкое давление на выходе основного и резервного насоса .....	56
4.4.6	Включение и отключение насосов 20/3 .....	56
4.5	Логика работы регулятора 19/2 .....	58
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	61
	СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ .....	64
	ПРИЛОЖЕНИЕ 1 ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СХЕМА .....	62
	ПРИЛОЖЕНИЕ 2 ТАБЛИЦА ВВОДА/ВЫВОДА .....	63

## **ПРЕДИСЛОВИЕ**

Данная работа выполнена с целью улучшения и модернизации участка конденсации газогенераторной установки Кивиыльского сланцехимического комбината. Основные исходные данные были собраны с существующего оборудования, технологических схем отстойников. Работа представляет из себя внедрение ПЛК для сбора информации о технологическом процессе, регулирования, автоматизации работы исполнительных механизмов и передачи информации на операторскую станцию. Так же выполнен подбор технических средств для модернизации. Добавление ПЛК и связи с операторской станцией производится с целью улучшения качества произведенной продукции, предоставление полной информации о технологическом процессе и автоматизации исполнительных механизмов, таких как – насосы, регулирующий клапан, аварийная задвижка.

Отдельно выражается благодарность Сергею Павлову – за помощь в решении технических вопросов, руководство составлением работы, предоставление технического средства реализации данной работы, такого как – TIAPortal.



## **ПОЯСНЕНИЕ СОКРАЩЕНИЙ**

ПЛК – Программируемый логический контроллер

DI – Digital input / Дискретный вход

DO – Digital output / Дискретный выход

AI – Analog input / Аналоговый вход

AO – Analog output / Аналоговый выход

FBD – Function Block Diagram / Язык функциональных блоковых диаграмм

LAD – Ladder Diagram / Язык релейной логики

TT – Температура | Передача сигнала

LTI – Уровень | Передача сигнала | Индикация

LS – Уровень | Переключение

LC – Уровень | Регулирование

PT – Давление | Передача сигнала

ЭДС – Электродвижущая сила

## **ВВЕДЕНИЕ**

На сегодняшний день автоматизация деятельности предприятий является неотъемлемой частью практически любого производства. Управление различными процессами при помощи ПЛК позволяет добиться более высокой производительности труда, минимизация рисков персонала эксплуатации и экономии времени. Автоматизация технологических процессов значительно облегчает работу предприятия и производства в целом.

Целью данной работы является автоматизация участка конденсации газогенераторной установки Кивиыльского сланцехимического комбината, где необходимо автоматизировать процесс отстаивания среднего масла в отстойниках:

- Контролировать границы раздела масла и подсмольной воды
- Автоматизировать работу исполнительных механизмов
- Предоставлять полную и необходимую информацию о технологическом процессе

Для выполнения данной цели поставлены задачи:

- Выбрать соответствующее оборудование, подходящее по техническому заданию
- Разработать логику работы насосов, аварийной задвижки для дренажа емкостей и регулятора для контроля раздела фаз
- Для сбора показаний измерительных устройств и управления исполнительными механизмами выбрать контроллер
- Реализовать передачу данных о технологическом процессе на операторскую станцию

Обработка информации и логика работы исполнительных устройств реализована на базе TIAPortal, с использованием языков программирования FBD и LAD.

# 1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ДЕЭМУЛЬСАЦИИ СМОЛОВОДЯНОЙ ЭМУЛЬСИИ.

## 1.1 Общее описание процесса

Горючие сланцы (oil shale, англ.) – химические структуры, содержащие в себе как сформировавшуюся легкую нефть, так и органическое вещество – останки морских и озерных организмов и водорослей, еще не успевших превратиться в нефть – кероген или «протоневфть». Кероген служит исходным сырьем для получения «сланцевой нефти» (shale oil или «сланцевое масло»). Для этого горючие сланцы подвергают специальной обработке: пиролизу, термическому растворению и гидрированию, в результате чего образуются жидкие и газообразные углеводороды с выходом 20 – 70% по массе. [1]

Следовательно, сланцевое масло, не является природным продуктом, поэтому его состав зависит от условий его производства. Неуглеводородных составляющих в сланцевом масле намного больше, чем в нефти; углеводородная часть содержит меньше насыщенных соединений, чем углеводородная часть традиционной нефти; по составу она напоминает, продукты термического крекинга. [1]

Эмульсия является неустойчивой системой, склонной к образованию минимальной поверхности раздела фаз, поэтому она естественным образом стремится к расслоению. Тем не менее, в реальных условиях добычи и переработки во многих случаях образуются эмульсии, обладающие высокой устойчивостью. Это в значительной степени определяет выбор технологии их дальнейшей обработки, а также глубину отделения водной фазы. Агрегативную устойчивость эмульсий оценивают временем их существования до полного разделения составляющих эмульсию жидкостей. [2]

К причинам, способствующим агрегативной устойчивости эмульсий, относят:

- термодинамические процессы, протекающие на поверхности глобул дисперсной фазы;
- образование слоя эмульгаторов на межфазной границе глобул;
- образование двойного электрического слоя на поверхности раздела фаз в присутствии ионизированных электролитов;
- расклинивающее давление, возникающее при сближении глобул дисперсной фазы, покрытых адсорбционно-сольватными оболочками. [3]

Кроме того, устойчивость таких эмульсий зависит от дисперсности воды (величины глобул), плотности, вязкости, содержания легких фракций углеводородов, наличия

эмульгаторов и стабилизаторов эмульсии, а также от состава и свойств эмульгированной воды [2,3].

В зависимости от концентрации дисперсной фазы в эмульсиях их подразделяют на разбавленные, или слабо концентрированные (содержание дисперсной фазы < 20%), концентрированные (до 74%) и высококонцентрированные (> 74%). Разбавленные эмульсии с мелкодисперсной структурой обладают высокой стойкостью к расслоению.

Основные характеристики эмульсий включают:

- степень разрушения за определенный период времени,
- эффективную (в ряде случаев структурную) вязкость,
- средний поверхностно-объемный диаметр эмульгированных капель водной фазы.

Работа устройств для разложения эмульсий может базироваться на применении мембранных процессов, гравитационных сил (отстойники), центробежных сил (гидроциклоны и центрифуги) и капиллярных сил (коалесцирующие фильтры).

Выбор метода определяется типом и стойкостью эмульсии, но все они направлены на слияние и укрупнение капель воды [4,5,6].

К механическим способам разрушения эмульсии относят: отстаивание, центрифугирование и фильтрование.

Отстаивание применимо к нестойким эмульсиям, способным расслаиваться на сланцевое масло и воду за счет разности плотностей компонентов, составляющих эмульсию. Применяется для эмульсий с большой газонасыщенностью и высокообводненных эмульсий.

## **1.2 Существующая система**

Для получения среднего масла без примеси подсмольной воды используется 4 емкости-отстойника 19/1/2/3/4 общей вместимостью 200м<sup>3</sup>, для сбора подсмольной воды используется ёмкость 21/1 вместимостью 50м<sup>3</sup>.

Технологический процесс деэмульсации масловодяной эмульсии выглядит таким образом. Эмульсия поступает в емкость 19/4, в объеме равном примерно 400м<sup>3</sup>/сут и температурой 45°С. Эмульсия имеет двухкомпонентный состав, который представляет собой нерастворимые друг в друге жидкости: сланцевое масло и подсмольная вода. Сланцевое масло является сплошной средой, а вода – дисперсной. В емкость масловодяная эмульсия попадает по технологическому

каналу, отводящему смесь на дно емкости – это замедляет скорость потока, что ускоряет процесс отделения воды из масла. Так как масло имеет меньший удельный вес, чем вода, оно поднимается в верхний уровень смеси, вода же скапливается на нижнем уровне. На данном этапе технологического процесса очистки, масло ещё имеет в себе примеси воды, поэтому смесь из верхнего уровня перетекает по трубопроводу, установленному в верхней части емкости 19/4, в сообщающиеся между собой ёмкости 19/2 и 19/3 для дальнейшего осаждения воды. В емкостях 19/2 и 19/3 скорость потока уже незначительна, что существенно увеличивает процесс разрушения эмульсии. В данных емкостях в верхнем слое скапливается конечный продукт – среднее масло, с незначительной примесью подсмольной воды. Далее оно попадает в емкость 19/1 для осаждения оставшейся части подсмольной воды и откачки среднего масла. После замеров уровня масла в емкости, среднее масло откачивается одним из насосов 20/3 в емкости 11 и 12, находящихся в емкостном парке, для дальнейшего анализа. Удаление подсмольной воды из емкостей происходит после ручного замера. Осажденная в процессе деэмульсации масловодяной смеси, вода сливается в емкость 21/1, открытием ручных вентилях в нижней части емкостей. Так как емкость находится ниже уровня емкостей 19/1/2/3/4, то подсмольная вода сливается под силой собственной тяжести. Из емкости 21/2, после выполненных ручных замеров уровня, подсмольная вода откачивается одним из насосов 22/1 в емкости 13 и 14, откуда она поступает на дальнейшую очистку – дефеноляцию.

## **2. ПРЕДЛАГАЕМОЕ РЕШЕНИЕ ПО АВТОМАТИЗАЦИИ**

### **2.1 Емкость 19/4**

План модернизации емкости 19/4

1. Для отслеживания температуры технологического процесса и передачи информации на SCADA устанавливается температурный датчик-преобразователь термоэлектрический TC61, на схеме ТТ194.
2. Для отслеживания уровня в емкости и передачи информации на SCADA устанавливается датчик уровня - уровнемер микроволновый бесконтактный Micropilot FMR51, на схеме LTI194.

### **2.2 Емкость 19/3**

План модернизации емкости 19/3

1. Для отслеживания температуры технологического процесса и передачи информации на SCADA устанавливается температурный датчик-преобразователь термоэлектрический TC61, на схеме ТТ193.
2. Для отслеживания предельного верхнего уровня в емкости и передачи сигнала в ПЛК устанавливается датчик уровня – вибрационный датчик предельного уровня Liquiphant M FTL50, на схеме LS193. Высота установки датчика просчитывается с учетом мертвой зоны датчика общего уровня LTI193. При сухом чувствительном контакте передает на ПЛК логическую «1».
3. Для отслеживания уровня в емкости и передачи информации на SCADA устанавливается датчик уровня - уровнемер микроволновый бесконтактный Micropilot FMR51, на схеме LTI193.

### **2.3 Емкость 19/2**

План модернизации емкости 19/2

1. Для отслеживания температуры технологического процесса и передачи информации на SCADA устанавливается температурный датчик-преобразователь термоэлектрический TC61, на схеме ТТ192.
2. Для отслеживания предельного верхнего уровня в емкости и передачи информации на SCADA устанавливается датчик уровня – вибрационный датчик предельного уровня Liquiphant M FTL50, на схеме LS192. Высота установки датчика просчитывается с учетом мертвой зоны датчика общего уровня LTI193. При сухом чувствительном контакте передает в ПЛК логическую «1».

3. Для отслеживания уровня в емкости, раздела фаз и передачи информации на SCADA устанавливается датчик двойного назначения, который позволяет производить замер общего уровня и уровня раздела фаз(масло-вода) - микроимпульсный уровнемер Levelflex FMP55, на схеме LTI192.
4. Для удаления, осажженной, воды и поддержания общего уровня в емкостях 19/2 и 19/3 устанавливается регулирующий клапан Schubert Salzer, на схеме LC193. Работа клапана происходит в автоматическом режиме или ручном со SCADA. В автоматическом режиме уровень фаз поддерживается заданием уставки оператором установки на SCADA и сигналом с датчика раздела фаз. Формирование сигнала для клапана осуществляется по принципу ПИД- регулирования.
5. Для предотвращения перелива в емкостях 19/4, 19/3 и 19/2, устанавливается аварийная задвижка LC193 - AUMA SAEx 10.2. Работа задвижки происходит в автоматическом режиме. Сигнал в цепи управления на открытие для него поступает от датчиков предельного уровня LS192A и LS193A, на закрытие от датчика раздела фаз LTI192.
  - При превышении общего уровня в емкостях 19/4, 19/3 и 19/2 свыше 90% от общего уровня подается сигнал на открытие аварийного клапана. В этом случае осажженная вода начинает поступать в емкость 21/1.
  - Закрытие аварийного клапана происходит при достижении уровня раздела фаз ниже 10%.

## 2.4 Емкость 19/1

План модернизации емкости 19/1

1. Для отслеживания температуры технологического процесса и передачи информации на SCADA устанавливается температурный датчик-преобразователь термоэлектрический ТС61, на схеме ТТ191.
2. Для отслеживания уровня в емкости, раздела фаз и передачи информации на SCADA устанавливается датчик двойного назначения, который позволяет производить замер общего уровня и уровня раздела фаз(масло-вода) - микроимпульсный уровнемер Levelflex FMP55, на схеме LTI191.
3. Для отслеживания и передачи данных на SCADA давления нагнетания насосом и сигнала в цепи управления устанавливается датчик давления, на схеме РТ201 для основного насоса, РТ202 для резервного насоса. При

недостаточном давлении 0,5 Bar или выходе из строя датчика поступает сигнал в цепи управления насосов 20/3.

4. Для отслеживания предельно низкого уровня в емкости и передачи сигнала в ПЛК устанавливается датчик уровня – вибрационный датчик предельного уровня Liquiphant M FTL50, на схеме LS191. Датчик должен быть установлен выше забора среднего масла.
5. Установка концевых выключателей ZE191a и ZE191b, для отслеживания положения задвижки и передачи сигнала в цепи управления насосами 20/3.
6. Откачка среднего масла из емкости 19/1 происходит в автоматическом режиме, ручном со SCADA, либо ручном по месту. Рядом с каждым насосом подразумевается установка двухпозиционного переключателя «дистанционно/по месту», кнопок запуска и отключение двигателя, кнопки «Аварийное отключение».
  - В автоматическом режиме работа насоса происходит таким образом. На SCADA оператор выставляет значение ВКЛЮЧЕНИЯ насоса, и значение ОТКЛЮЧЕНИЯ насоса. При достижении уровня среднего масла (сигнал поступает с датчика LTI191), равного выставленному значению ВКЛ, с контроллера поступает сигнал на магнитный пускатель - включается насос. Насос продолжает откачивать среднее масло до уровня, выставленного значению ВЫКЛ.
  - Аварийный переход на резервный насос, происходит в том случае, если:
    - Отсутствует сигнал с датчика давления на нагнетании «основного» насоса, в течении 5сек после запуска;
    - Отсутствует сигнал с кнопки «Аварийное отключение»;
    - Отсутствует сигнал с «сухого контакта» от автоматического выключателя защиты двигателя.
  - Запрет на работу двигателей;
    - Поступает сигнал от датчика предельно низкого уровня;
    - Уровень подсмольной воды выше забора для среднего масла;
    - Закрыта задвижка на выходе из емкости 19/1 или неисправны концевые выключатели.
  - Насос в режиме ожидания окрашивается на SCADA в оранжевый цвет.
  - Насос, находящийся в работе, окрашивается на SCADA в зеленый цвет.
  - Насос в аварийном состоянии, если:



- Отсутствует сигнал с датчика давления на нагнетании насоса, в течении 5сек после запуска;
- Отсутствует сигнал с кнопки «Аварийное отключение»;
- Отсутствует сигнал с «сухого контакта» от автоматического выключателя защиты двигателя.

## 2.5 Емкость 21/1

План модернизации емкости 21/1

1. Для отслеживания уровня в емкости и передачи информации на SCADA устанавливается датчик уровня - уровнемер микроволновый бесконтактный Micropilot FMR51, на схеме LTI211.
2. Для отслеживания и передачи данных на SCADA давления нагнетания насосом и сигнала в цепи управления устанавливается датчик давления, на схеме PT211 для основного насоса, PT212 для резервного насоса. При недостаточном давлении 0,5Bar или выходе из строя датчика поступает сигнал в цепи управления насосом 21/1.
3. Для отслеживания предельно низкого уровня в емкости и передачи сигнала в ПЛК устанавливается датчик уровня – вибрационный датчик предельного уровня Liquiphant M FTL50, на схеме LS211A
4. Установка концевых выключателей, для отслеживания положения задвижки и передачи сигнала в цепи управления насосом 21/1.
5. Откачка подсмольной воды из емкости 21/1 происходит в автоматическом режиме, ручном со SCADA, либо ручном по месту. Рядом с каждым насосом подразумевается установка двухпозиционного переключателя «дистанционно/по месту», кнопок запуска и отключение двигателя, кнопки «Аварийное отключение».
6. В автоматическом режиме работа насоса происходит таким образом. На SCADA оператор выставляет значение ВКЛЮЧЕНИЯ насоса, и значение ОТКЛЮЧЕНИЯ насоса. При достижении уровня среднего масла (сигнал поступает с датчика LTI211), равного выставленному значению ВКЛ, с контроллера поступает сигнал на магнитный пускатель - включается насос. Насос продолжает откачивать среднее масло до уровня, выставленного значению ВЫКЛ.
7. Аварийный переход на резервный насос, происходит в том случае, если:
  - Отсутствует сигнал с датчика давления на нагнетании «основного» насоса, в течении 0,5 сек после запуска;
  - Отсутствует сигнал с кнопки «Аварийное отключение»;

- Отсутствует сигнал с «сухого контакта» от автоматического выключателя защиты двигателя.
- 8.** Запуск насосов невозможен, если:
- Поступает сигнал от датчика предельно низкого уровня;
  - Закрыта задвижка на выходе из емкости 21/2.
- 9.** Насос в режиме ожидания окрашивается на SCADA в оранжевый цвет.
- 10.** Насос, находящийся в работе, окрашивается на SCADA в зеленый цвет.
- 11.** Насос в аварийном состоянии, если:
- Отсутствует сигнал с датчика давления на нагнетании «основного» насоса, в течении 0,5 сек после запуска.
  - Отсутствует сигнал с кнопки «Аварийное отключение».
  - Отсутствует сигнал с «сухого контакта» от автоматического выключателя защиты двигателя.

## **2.6 Емкость 22/1**

Установка данной емкости обоснована тем, что при открытии «Аварийного клапана» на емкости 19/2, в емкости 21/2 резко возрастает уровень. В связи с этим, во время аварийной ситуации, возникает необходимость увеличить объем для сбора подсмольной воды – аварийная емкость вмещает в себя 25м<sup>3</sup>.

- 1.** Для отслеживания уровня в емкости и передачи информации на SCADA устанавливается датчик уровня - уровнемер микроволновый бесконтактный Micropilot FMR51, на схеме LTI221.
- 2.** Для отслеживания предельно низкого уровня в емкости и передачи сигнала в ПЛК устанавливается датчик уровня – вибрационный датчик предельного уровня Liquiphant M FTL50, на схеме LS221A
- 3.** Установка концевых выключателей ZE221a и ZE221b, для отслеживания положения задвижки и передачи сигнала в цепи управления насосом 22/1.
- 4.** Установка насоса 22/1. Работа насоса происходит в автоматическом режиме или в ручном со SCADA. В автоматическом режиме запуск насоса происходит при достижении уровня в емкости 22/1 свыше 80%. Отключение насоса при уровне 10%.

Насос в аварийном состоянии, если:

- Отсутствует сигнал с датчика давления на нагнетании насоса;
- Отсутствует сигнал с кнопки «Аварийное отключение»;
- Отсутствует сигнал с «сухого контакта» от автоматического выключателя защиты двигателя.

- 5.** Запуск насоса невозможен если;
- Закрыта задвижка на выходе из емкости 22/1;
  - Поступает сигнал с датчика предельно низкого уровня.

## 3. ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ

### 3.1 Выбор оборудования согласно нормативам

Выбирая электрооборудование для данного проекта, необходимо учитывать условия окружающей среды. Согласно проведенному анализу, помещение в которых находятся емкости-отстойники 19/4/2/3/1 и емкость приема подсмольной воды 21/1 классифицируется как взрывоопасная зона 2 – «Взрывоопасная зона в которой маловероятно присутствие взрывоопасной газовой смеси в нормальных условиях эксплуатации, а если она возникает, то редко, и существует очень непродолжительное время» директива 2014/34/E. [7]

Из этого следует выбирать электрооборудование, в котором предусмотрены конструктивные меры по устранению или затруднению возможности воспламенения окружающей его взрывоопасной среды вследствие эксплуатации этого электрооборудования.

Установлены следующие уровни взрывозащиты электрооборудования:

- **Электрооборудование повышенной надежности против взрыва**  
Взрывозащищенное электрооборудование, в котором взрывозащита обеспечивается только в признанном нормальном режиме его работы. Оборудование маркируется знаком – «2Ex»
- **Взрывобезопасное электрооборудование**  
Взрывозащищенное электрооборудование, в котором взрывозащита обеспечивается как при нормальном режиме работы, так и при признанных вероятных повреждениях, определяемых условиями эксплуатации, кроме повреждений средств взрывозащиты. Оборудование маркируется знаком – «1Ex»
- **Особо взрывобезопасное электрооборудование**  
Взрывозащищенное электрооборудование, в котором по отношению к взрывобезопасному электрооборудованию приняты дополнительные средства взрывозащиты, предусмотренные стандартами на виды взрывозащиты. Оборудование маркируется знаком – «0Ex»

Взрывозащищенное оборудование имеет следующие виды взрывозащиты:

- d - взрывонепроницаемая оболочка  
Вид взрывозащиты «взрывонепроницаемая оболочка» (d) основан на методе сдерживания взрыва, главный принцип которого – не дать взрыву распространиться за пределы оболочки прибора
- i - искробезопасная электрическая цепь

Вид взрывозащиты «искробезопасная электрическая цепь» (i) основывается на методе предотвращения взрыва или воспламенения за счет ограничения электрической и тепловой энергии

- m - герметизация компаундом

Вид взрывозащиты «герметизация компаундом» (m) основывается на принципе физического разделения взрывоопасных частей и элементов прибора от взрывоопасной среды.

- q - кварцевое заполнение оболочки
- o - масляное заполнение оболочки
- p - заполнение или продувка оболочки под избыточным давлением
- e - защита вида
- n - защита вида
- s - специальный вид взрывозащиты
- r - заполнение или продувка оболочки под избыточным давлением

Так же важным параметром в выборе оборудования, является степень защиты оболочки от попадания внутрь оборудования твердых тел, пыли и воды (Рисунок 3.1), определяемая стандартом IEC 60529. [8]

Степени защиты IP		IPx0	IPx1	IPx2	IPx3	IPx4	IPx5	IPx6	IPx7	IPx8
		Нет защиты	Падение вертикальных капель	Падение вертикальных капель под углом 15° от вертикали	Брызги под углом 60° от вертикали	Брызги со всех сторон	Струи со всех сторон под небольшим давлением	Сильные потоки	Временное погружение (до 1 м)	Полное погружение*
IP 0x	Нет защиты	IP 00								
IP 1x	Частицы > 50 мм	IP 10	IP 11	IP 12						
IP 2x	Частицы > 12,5 мм	IP 20	IP 21	IP 22	IP 23					
IP 3x	Частицы > 2,5 мм	IP 30	IP 31	IP 32	IP 33	IP 34				
IP 4x	Частицы > 1 мм	IP 40	IP 41	IP 42	IP 43	IP 44				
IP 5x	Пыль частично	IP 50				IP 54	IP 55			
IP 6x	Пыль полностью	IP 60					IP 65	IP 66	IP 67	IP 68

Рисунок 3.1. Таблица определения степени защиты IP [9]

### 3.2 ПЛК Siemens S7-1200

PLC SIMATIC S7-1200 – это семейство микроконтроллеров Siemens для решения самых разных задач автоматизации малого уровня. Эти контроллеры имеют модульную конструкцию и универсальное назначение. Они способны работать в реальном масштабе времени, могут использоваться для построения относительно простых узлов локальной автоматики или узлов комплексных систем автоматического управления, поддерживающих интенсивный коммуникационный

обмен данными через сети Industrial Ethernet/PROFINET, а также PtP (Point-to-Point) соединения. [10]

Для данного технического решения выбран PLC SIMATIC S7-1200/1215C AC/DC/RLY (Рисунок 3.2)



Рисунок 3.2. PLC SIMATIC S7-1200 [10]

Краткие технические характеристики [10]:

- Напряжения питания
  - 120 В перем. тока
  - 230 В перем. тока
  - Допустимый диапазон, нижний предел (перем. ток) 85 V
  - Допустимый диапазон, верхний предел (перем. ток) 265 V
- Память
  - Встроенное оперативно запоминающее устройство – 125 Кбайт
  - Встроенная память загрузки 4Мбайта
- Время обработки ЦП
  - время операций побитовой обработки 0,085  $\mu$ s /инструкция
  - время операций со словами 1,7  $\mu$ s /инструкция
  - время выполнения операций с плавающей точкой 2,3  $\mu$ s /инструкция
- 14 цифровых входов
- 10 цифровых выходов, реализованных на реле с частотой коммутации до 1Hz и током коммутации до 2 A
- 2 аналоговых входа от 0 до 10 В
- 2 аналоговых выхода от 0 до 20 мА
- Максимальное число модулей на систему
  - 3 коммуникационных модуля
  - 1 сигнальный слой

- 8 сигнальных модулей
- Интерфейс – PROFINET
- Степень защиты согласно EN 60529 **IP20**
- Температура окружающей среды при эксплуатации от -20 до +60°C

### **3.3 Модули ввода/вывода**

Основной задачей сигнальных модулей является расширение возможностей ПЛК для связи со внешними устройствами системы; средствами измерения, датчиками, управляющими механизмами и т.д. Из этого следует, что модули разделяют на два типа:

- Принимающие – модули входных сигналов
- Управляющие - модули выходных сигналов

Вторая классификация входных и выходных модулей зависит от типа обрабатываемого сигнала. Сигнал – это информация, несущая сообщение о физических свойствах, состоянии или поведении какой-либо системы, среды или объекта. Задача модулей в данном случае является обработка этих сигналов, извлечение информационных сведений, преобразование в форму удобную для дальнейшего использования в работе с ПЛК и передача сигналов от ПЛК к исполнительным устройствам. Сигналы в работе с ПЛК различаются на аналоговый и дискретный.

- **Аналоговый сигнал**

Это непрерывный сигнал, который меняется во времени между максимальными и минимальными значениями. Принятые стандарты аналоговых сигналов: 0-10В, 0-20мА, 4-20мА.

Модули аналогового ввода/вывода используются для подключения датчиков и исполнительных устройств и обеспечивают ее сопряжение с уровнем процесса. Модули аналогового ввода осуществляют преобразование аналоговых сигналов, поступающих от датчиков и других источников, в цифровую форму и передают их по системной шине в ПЛК. Модули аналогового вывода преобразуют цифровые данные (двоичный сигнал), поступающие в них по системной шине, в непрерывные электрические сигналы управления исполнительными устройствами.

- **Дискретный сигнал**

Это прерывистый сигнал, который имеет два и более фиксированных значений (количество их значений всегда выражается целыми числами). В работе ПЛК дискретный сигнал принимает форму двоичного сигнала 1 или 0, равные уровню заданных значений напряжения.

Модули дискретного ввода/вывода, как и модули аналогового ввода/вывода служат для подключения к системе датчиков и исполнительных устройств и обеспечивают сопряжение системы с процессом. Модули дискретного ввода получают двоичные сигналы управления от датчиков и преобразуют их во внутренние сигналы системы. Модули дискретного вывода осуществляют обратное преобразование внутренних данных системы в электрические сигналы для управления исполнительными устройствами.

### 3.3.1 Модуль ввода аналоговых сигналов SM 1231

Модули ввода аналоговых сигналов SM1231 (Рисунок 3.3) для программируемых контроллеров SIMATIC S7-1200.



Рисунок 3.3. Модуль ввода аналоговых сигналов SM 1231 [11]

Краткие технические характеристики [11]:

- Напряжение питания
  - 24 В постоянного тока
- Аналоговые входы
  - 8 дифференциальных входов тока или напряжения
  - Входные диапазоны
    - Напряжение  $\pm 10$  В,  $\pm 5$  В,  $\pm 2,5$  В
    - Ток от 4 до 20 мА, от 0 до 20 мА
- Погрешность
  - Напряжение относительно диапазона входных параметров, (+/-) – 0,1 %
  - Ток относительно диапазона входных параметров, (+/-) – 0,1 %
- Температура окружающей среды при эксплуатации



- От -20 до +60 для горизонтального монтажа и от -20 до 50 для вертикального монтажа, влажность воздуха 95%, без конденсации
- Степень защиты и класс защиты
  - Степень защиты согласно EN 60529 **IP 20**

### 3.3.2 Модуль вывода аналоговых сигналов SM1232

Модули вывода аналоговых сигналов SM1232 (Рисунок 3.4) для программируемых контроллеров SIMATIC S7-1200.



Рисунок 3.4. Модуль вывода аналоговых сигналов SM1232 [12]

Краткие технические характеристики [12]:

- Напряжение питания
  - 24 В постоянного тока
- Аналоговые выходы
  - 0-20 мА
  - от -10 до +10 В
- Температура окружающей среды при эксплуатации
  - От -20 до +60 для горизонтального монтажа и от -20 до 50 для вертикального монтажа, влажность воздуха 95%, без конденсации
- Степень защиты и класс защиты
  - Степень защиты согласно EN 60529 **IP 20**

### 3.3.3 Модуль ввода дискретных сигналов SM 1221

Модули ввода дискретных сигналов SM1221 (Рисунок 3.5) для программируемых контроллеров SIMATIC S7-1200.



Рисунок 3.5. Модуль дискретного ввода SM 1221 [13]

Краткие технические характеристики [13]:

- Напряжение питания
  - 24В постоянного тока
- Дискретные входы
  - 16 входов
- Входное напряжения сигнала
  - Номинальное значение 24В
  - Для сигнала «0» 5В постоянного тока
  - Для сигнала «1» 15В постоянного тока
- Температура окружающей среды при эксплуатации
  - От -20 до +60 для горизонтального монтажа и от -20 до 50 для вертикального монтажа, влажность воздуха 95%, без конденсации
- Степень защиты и класс защиты
  - Степень защиты согласно EN 60529 **IP 20**

### 3.4 Датчик температуры

Преобразователь термоэлектрический ТС61 (Рисунок 3.6)



Рисунок 3.6. Преобразователь термоэлектрический ТС61 [14]

Термопара ТС61 предназначена для тяжелых промышленных применений в условиях повышенных требований к безопасности.

Области применения: нефтедобывающая, нефтеперерабатывающая отрасли, а также химическая и нефтехимическая промышленность. Термопара выдерживает коррозионное и механическое воздействие среды благодаря защитным гильзам, выполненным из различных коррозионностойких материалов. Для повышения надежности измерения температуры, термопара опционально комплектуется нормирующим преобразователем с различными типами прокола передачи данных (4/20мА, HART, Profibus PA, FOUNDATION Fieldbus) [14].

Чувствительный элемент термопары состоит из двух изолированных по всей длине металлических проводов, являющихся однородными, но отличающимися друг от друга. Эти два провода спаяны с одного конца, называемого рабочим или горячим спаем. Другой конец, со свободными проводами, называемый "холодным или свободным спаем", присоединяется к цепи измерения электродвижущей силы, в рамках которой сила генерируется за счет разницы термоэлектродвижущей силы каждого из проводов термопары при наличии разницы температур между горячим и холодным спаем (эффект Зеебека) (Рисунок 3.7).

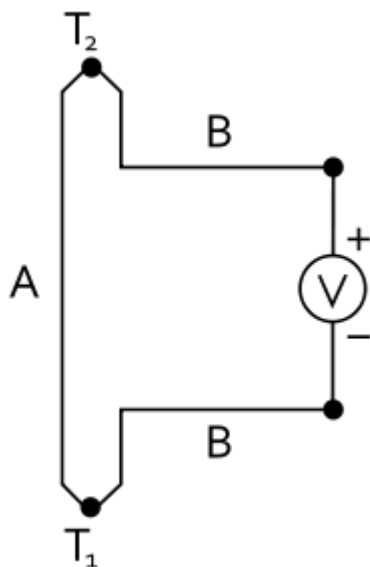


Рисунок 3.7. Термоэлемент [14]

Исходя из этого, термопары главным образом обеспечивают измерение разниц температуры. Внутри датчика термопара подключена к нормирующему преобразователю, на выходе которого сигнал имеет значение в пределах унифицированного сигнала 4-20мА. Определение абсолютного значения температуры в точке измерения на основе этих данных возможно в том случае, если соответствующая температура на холодном спае известна или измерена отдельно и учтена путем компенсации. Комбинации материалов соответствующие характеристики термоЭДС/температуры для большинства распространенных типов термопар стандартизованы и включены в стандарты IEC 60584 и ASTM E230/ANSI MC96.1. [15]

Технические характеристики [14]:

- Напряжение питания 24 В
- рабочий диапазон
  - Тип К: -40 °C ...1.100 °C
  - Тип J: -40 °C ...750 °C
- Нормирующий преобразователь – 4 ... 20 мА; HART; PROFIBUS PA; FOUNDATION FIELDBUS

- Взрывозащита
  - ATEX EEx n
  - ATEX EEx ia
  - ATEX EEx d
  - TIIS
  - IECEx Ex d
- Степень защиты и класс защиты IP66/IP68

### 3.5 Датчик уровня

Уровнемер микроволновый бесконтактный Micropilot FMR51 (Рисунок 3.8)



Рисунок 3.8. Уровнемер микроволновый бесконтактный Micropilot FMR51 [15]

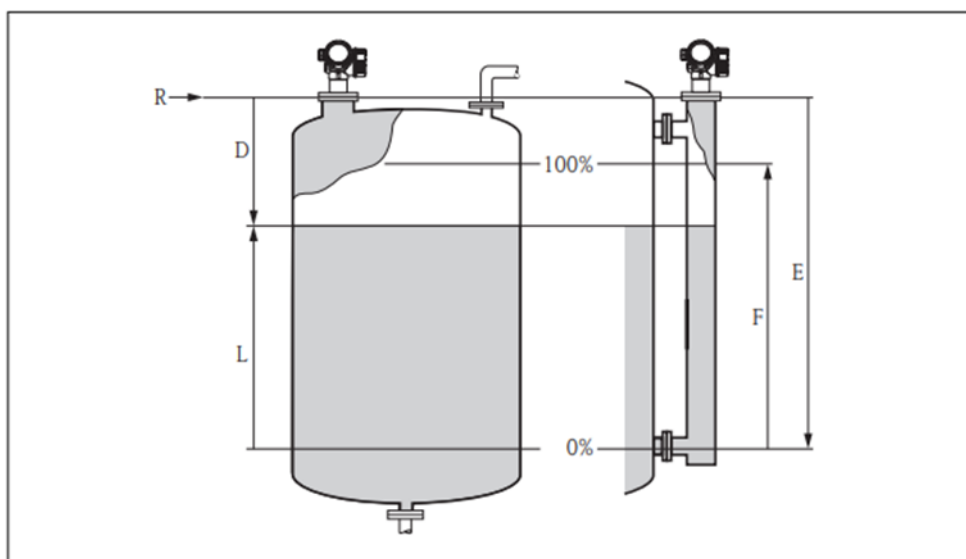
Уровнемер Micropilot FMR51 предназначен для непрерывного бесконтактного измерения уровня жидкостей, паст и пульп. На процесс измерения не влияет изменения среды, температуры, наличия прослоек газа или пара.

Принцип измерения

Micropilot – это измерительная система, "направленная вниз", вычисляющая уровень на основе времени распространения сигнала (ToF). Она осуществляет измерение расстояния от контрольной точки (присоединения к процессу) до поверхности продукта. Импульсы радара излучаются антенной, отражаются от поверхности продукта и вновь принимаются радарной системой. [15]

Микропроцессор анализирует сигнал и определяет эхо-сигнал уровня, возникший в результате отражения радарного импульса от поверхности продукта. Расстояние  $D$  до поверхности продукта пропорционально времени распространения импульса  $t$ :  $D = c \cdot t/2$ , где  $c$  – скорость света. [15] На основе известного расстояния  $E$ , соответствующего пустому резервуару, рассчитывается значение уровня  $L$  (Рисунок 3.9) [15]:

$$L = E - D$$



1 Параметры настройки Micropilot

- R Контрольная точка измерения (нижний край фланцевого или резьбового присоединения)
- E Калибровка пустого резервуара (= нулевой уровень)
- F Калибровка полного резервуара (= диапазон)
- D Измеренное расстояние
- L Уровень ( $L = E - D$ )

Рисунок 3.9. Настройка конфигурации прибора [15]

Технические характеристики [15]:

- Питание / Коммуникация
  - 2х-проводная схема подключения
  - 4х-проводная схема подключения 90-253 В AC
  - 4х-проводная схема подключения 10,4-48 В DC
- Погрешность +/- 3 мм
- Температура окружающей среды -40 °C ... 80 °C
- Рабочее давление – вакуум...160 бар
- Выход
  - 4...20 мА HART
  - PROFIBUS PA
  - FOUNDATION Fieldbus
- Сертификаты/Нормативы
  - ATEX, IECEx,
  - SIL
  - EN 10204-3.1
  - NACE
- Степень защиты **IP68**

## 3.6 Датчик уровня раздела фаз

Микроимпульсный уровнемер Levelflex FMP55 (Рисунок 3.10)



Рисунок 3.10. Микроимпульсный уровнемер Levelflex FMP55 [16]

Levelflex FMP55 с технологией SensorFusion представляет собой устройство, объединяющее преимущества емкостного и микроимпульсного радарного уровнемеров. Levelflex FMP55 SensorFusion обеспечивает одновременное измерение общего уровня взлива и межфазного уровня при любой толщине и типе эмульсионного слоя. [16]

### Принцип измерения

Levelflex - направленная вниз система измерительная система, которая функционирует на основе принципа TOF (время распространения). Осуществляется измерение от контрольной точки до поверхности продукта. Генерируются высокочастотные импульсы, которые распространяются по зонду. Импульсы отражаются поверхностью продукта, принимаются электронным анализирующим блоком и переобразовываются в информацию об уровне. Для измерения уровня раздела фаз комбинируется с емкостным принципом измерения.

Диэлектрическая проницаемость (ДП) продукта оказывает непосредственное влияние на степень отражения высокочастотных импульсов. В случае больших значений ДП, например, для воды или аммиака, имеет место сильное отражение импульса. В то время как при малых значениях ДП, например, для углеводородов, импульс отражается слабо. Отраженные импульсы передаются от зонда на электронную вставку. Микропроцессор анализирует сигналы и идентифицирует уровень эхо-сигнала, который возникает вследствие отражения высокочастотных импульсов от поверхности продукта.

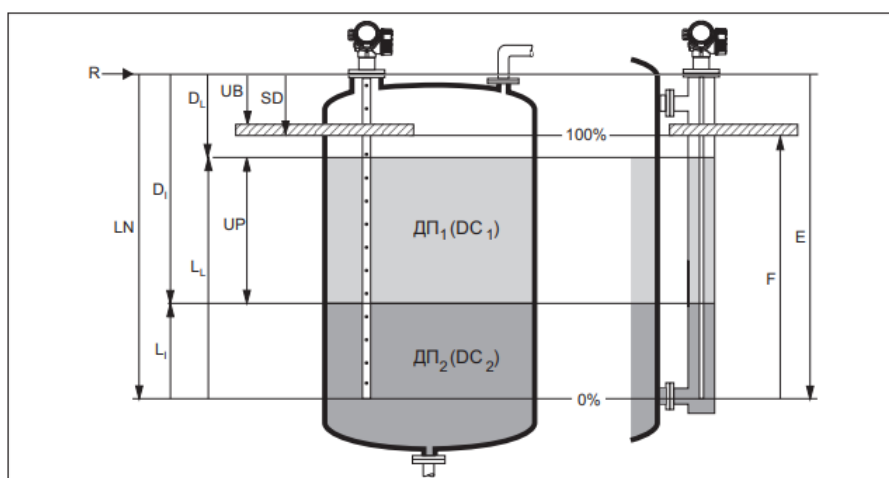
Расстояние  $D$  до поверхности среды пропорционально времени распространения импульса  $t$  [16]:

$$D = c * t/2,$$

где  $c$  - скорость света.

На основании известного расстояния  $E$ , соответствующего пустому резервуару, рассчитывается значение уровня  $L$  (Рисунок 3.11) [16]:

$$L = E - D \quad [16]$$



$R$  = контрольная точка измерения  
 $E$  = калибровка пустого резервуара (= нулевой уровень)  
 $F$  = калибровка полного резервуара (= диапазон)  
 $LN$  = длина зонда  
 $UB$  = верхняя мертвая зона  
 $UP$  = толщина верхнего слоя продукта  
 $SD$  = безопасное расстояние  
 $D_1$  = расстояние до полного уровня  
 $L_1$  = полный уровень  
 $D_2$  = расстояние до границы раздела фаз (расстояние от фланца/ДП2)  
 $L_2$  = уровень границы раздела фаз (расстояние от конца зонда/ДП1)

Рисунок 3.10. Настройка конфигурации FMP55 [16]

Технические характеристики [16]:

- Питание / Коммуникация
  - 2х-проводная схема подключения
  - 4х-проводная схема подключения 90-253 В AC
  - 4х-проводная схема подключения 10,4-48 В DC
- Погрешность +/- 2мм
- Рабочая температура -50 °C ... 200 °C
- 2 выхода 4 - 20 мА HART
- Сертификаты/Нормативы
  - ATEX
  - CSA
  - IEC Ex
  - EN10204-3.1
  - NACE
  - SIL
- Степень защиты **IP 68**



## 3.7 Датчик предельного уровня

Вибрационный датчик предельного уровня Liquiphant FTL50 (Рисунок 3.12)



Рисунок 3.11. Вибрационный датчик предельного уровня [17]

Liquiphant FTL50 – датчик предельного уровня для использования во взрывоопасных зонах, имеющий все международные сертификаты. Подходит для всех отраслей промышленности. Датчик FTL50 обеспечивает функциональную безопасность SIL2/SIL3. Дополнительная защита гарантирует высочайшую степень безопасности и готовности прибора. Достоверные результаты измерения, на которые не влияют: меняющиеся свойства среды, скорость потока, турбулентность, наличие пузырьков, пены, вибрации или налипания [17].

Принцип работы

Вибровилка датчика осуществляет вибрации с заранее заданной частотой. При покрытии вилки жидкостью эта частота уменьшается. Подобное изменение частоты вызывает переключение вибрационного датчика предельного уровня. [17]

Технические характеристики [17]:

- Температура
  - -40°C ...+150°C
- Максимальное рабочее давление
  - до 100 бар
- Вязкость до 10,000мм<sup>2</sup>/с
- Взрывозащищенные исполнения EEx ia, EEx de и EEx d

### 3.7.1 Электронная вставка FEL52

Краткие технические характеристики [18]:

- Напряжение питания
  - 10-50В постоянного тока
- Электрическое подключение (Рисунок 3.13)
  - Трехпроводное подключение, постоянный ток.
    - Предпочтительно использовать при работе с программируемым логическим контроллером (PLC), модуль DI согласно EN 61131-2. Положительный сигнал на выходе коммутации электронной вставки (PNP); при достижении предельного уровня выход блокируется.
- Аварийный сигнал
  - Выходной сигнал при сбое питания или в случае повреждения датчика: <100 мкА

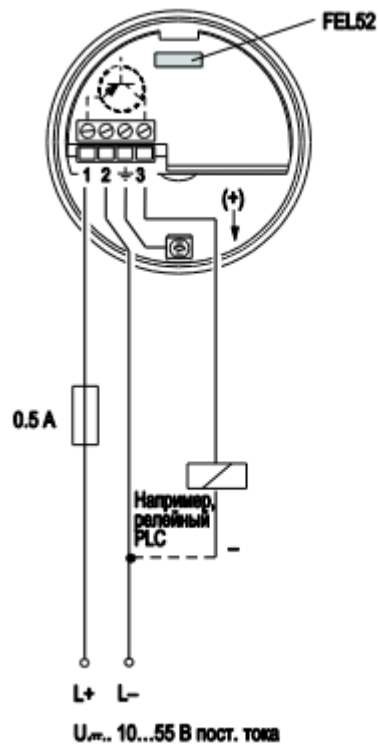


Рисунок 3.12. Схема подключения [18]

### 3.8 Датчик давления

Датчики давления WIKA E-10 (Рисунок 3.14) в исполнении "взрывонепроницаемая оболочка" специально предназначены для удовлетворения высоких требований, предъявляемых нефтегазовой промышленностью. [19]

Принцип работы данного датчика основан на механическом воздействии на тензорезистивный тензомодуль. Давление через разделительную мембрану и разделительную жидкость передается на чувствительный элемент тензомодуля.



Рисунок 3.13. Датчик давления со взрывонепроницаемой оболочкой WIKA E-10 [19]

Воздействие приложенного давления преобразуется в деформацию чувствительного элемента, вызывая при этом изменение электрического сопротивления его тензорезисторов, что приводит к нарушению баланса мостовой схемы. Электрический сигнал, образующийся при разбалансировки мостовой схемы, измеряется АЦП и подается в электронный преобразователь, который в свою очередь масштабирует сигнал в 4-20мА.

Краткие технические характеристики [19]:

- Напряжение питания
  - 10 – 30В постоянного тока
- Выходной сигнал
  - 4 – 20мА
- Диапазон измерения
  - 0 – 10Бар
- Взрывозащита
  - 2ExdIICT6
- Степень защиты
  - IP65

### 3.9 Аварийная задвижка

Взрывозащищенный электроприводы AUMA SAEx 10.2 (Рисунок 3.15)



Рисунок 3.15. Многооборотные приводы SAEx 10.2 [20]

Электроприводы SAEx 10.2 выполнены взрывозащищенном исполнении по стандарту 1Exd(e)IICT4/T3, конструкция привода исключает возможность быть причиной возникновения пожаров и других критических ситуаций. В базовый режим управления входит режим работы Открыть-Закреть, автоматическое отключение привода осуществляется по моменту или положению, момент (Нм) настраивается согласно характеристикам запорной арматуры. [20]

Краткие технические характеристики [20]:

- Напряжение питания
  - 380В переменный ток
- Температура окружающей среды
  - -40 °С до +60 °С
- Концевые и моментные выключатели
  - Для сигнализации применяются опережающие контакты
  - Для отключения применяются запаздывающие контакты
- Взрывозащищенные исполнения
  - EEx d
- Степень защиты **IP 68**

### 3.10 Регулирующий клапан

Взрывозащищенный клапан Schubert Salzer (Рисунок 3.16) с электроприводом серии 8037



Рисунок 3.16. Рисунок Взрывозащищенный клапан Schubert Salzer с электроприводом серии 8037 [21]

Применяется для регулирования и как запорный клапан вкл/выкл. Клапан предназначен для использования в потенциально взрывоопасных средах. [21]

Краткие технические характеристики [21]:

- Напряжение питания
  - 24 ... 230 V AC/DC
- Входной сигнал
  - 4 - 20 mA
  - 0 - 10 V
- Обратная связь
  - 4 - 20 mA
  - 0 - 10 V
- Взрывозащита
  - II 2G Ex de [ia] IIC T6/T5
- Степень защиты IP 66

### 3.11 Концевой выключатель

Концевые выключатели применяются для коммутации электрических цепей управления, сигнализации и контроля положения подвижных частей механизмов под воздействием управляющих упоров в определенных точках пути контролируемого объекта.

Принцип действия концевого выключателя основан на прерывании контактной группой концевого выключателя электрической цепи питания механизма в случае контакта с ограничителем.

Корпус взрывозащищенных концевых выключателей PS (Рисунок 3.17) выполнен из коррозионностойкого алюминий-кремниевый сплав, устойчивого к солевому туману и другим химическим веществам, в том числе устойчивый к парам сероводорода и соляной кислоты, с защитой от влаги и пыли IP66. [22]



Рисунок 3.17. Взрывозащищенный концевой выключатель [22]

Краткие технические характеристики [22]:

- Номинальное напряжение
  - 230В
- Номинальный ток
  - 24В - 2.8А
- Взрывозащита
  - 1Ex d IIC T6...T5 Gb
- Степень защиты
  - IP66

## 4. Программа для ПЛК

### 4.1 Нормализация и масштабирование аналоговых сигналов 4-20мА

Обработка аналогового сигнала 4-20мА (Рисунок 4.18) представлена на примере сигнала от датчика температуры, установленного на емкости 19/4.

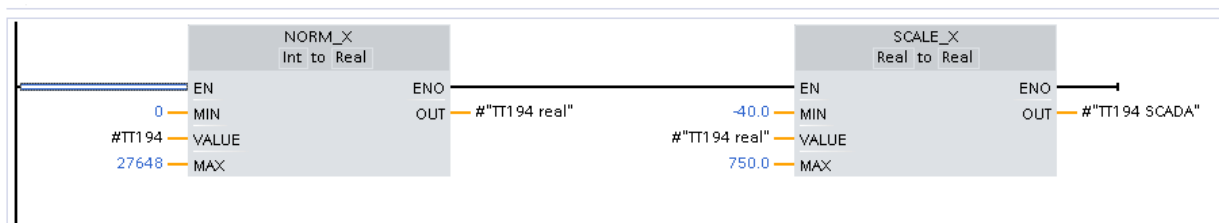


Рисунок 4.18. Нормализация и масштабирование аналогового сигнала 4-20мА

Инструкция NORM\_X нормализует значение VALUE, поступающие от АЦП аналогового входа контроллера, к диапазону значение MIN – 0 и MAX – 27648 в формате данных INTEGER, что соответствует диапазону измерения токовой петли 4-20мА (Рисунок 4.19). Данный диапазон измерения выставляется в конфигурации аналогового входа (Рисунок 4.20).

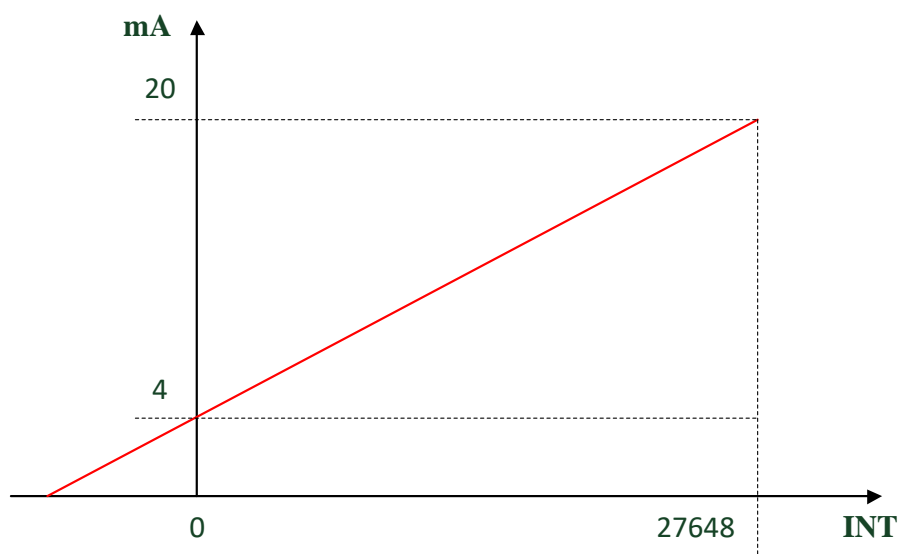


Рисунок 4.19. Соотношение аналогового сигнала 4-20мА и INT 0-27648

The screenshot shows the configuration settings for an analog input channel. The channel address is set to IW144. The measurement type is set to Current. The current range is set to 4..20 mA. The smoothing is set to Weak (4 cycles).

Рисунок 4.20. Конфигурация аналогового входа

Выходной сигнал с инструкции NORM\_X нормализуется в пределах значений от 0,0 до 1,0. Далее данные этого сигнала записывается во временную область памяти TEMP, которая хранит эти данные до прочтения. Для масштабирования данных, нормализующей инструкции, в соответствии с пределами измерения температурного датчика используется инструкция SCALE\_X. Инструкция SCALE\_X масштабирует значение VALUE, поступающие с выхода NORM\_X, к диапазону значений MIN – -40 и MAX – 750. В результате полученное значение является температурой полученных аналоговым входом.

Для организации всех аналоговых сигналов, создан функциональный блок (Рисунок 4.21). Входы данного функционального блока связаны через переменные INT с аналоговыми входами ПЛК. Выходы данного блока через переменную OUT имеют привязку к меркерам – битовая память контроллера. В дальнейшем информация из этой памяти передается к операторской станции на SCADA.

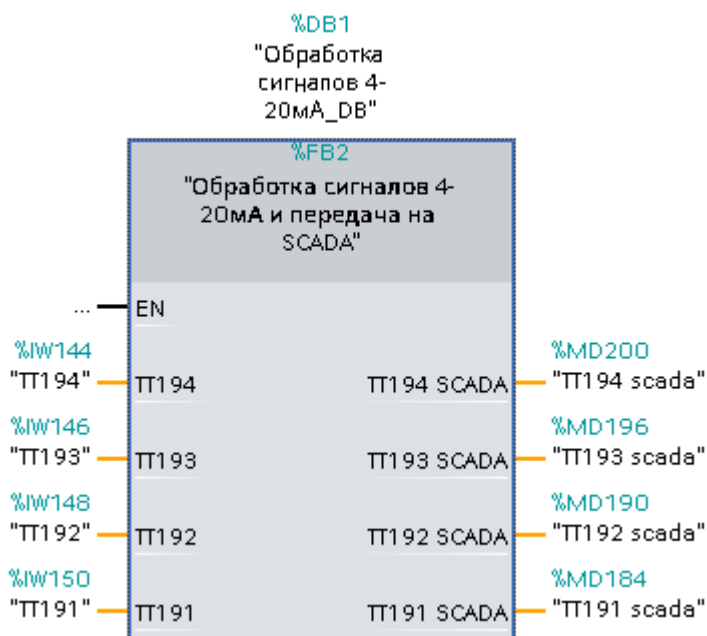


Рисунок 4.21. Функциональный блок обработки аналоговых сигналов 4-20мА

## 4.2 Автоматизация аварийной задвижки на емкости 19/2

### 4.2.1 Функциональный блок

Для организации входных, выходных сигналов и алгоритмов работы задвижки реализован функциональный блок (Рисунок 4.22), с привязкой входных, выходных каналов контроллера. Так же к битовой памяти контроллера, для передачи и приема информации со SCADA.



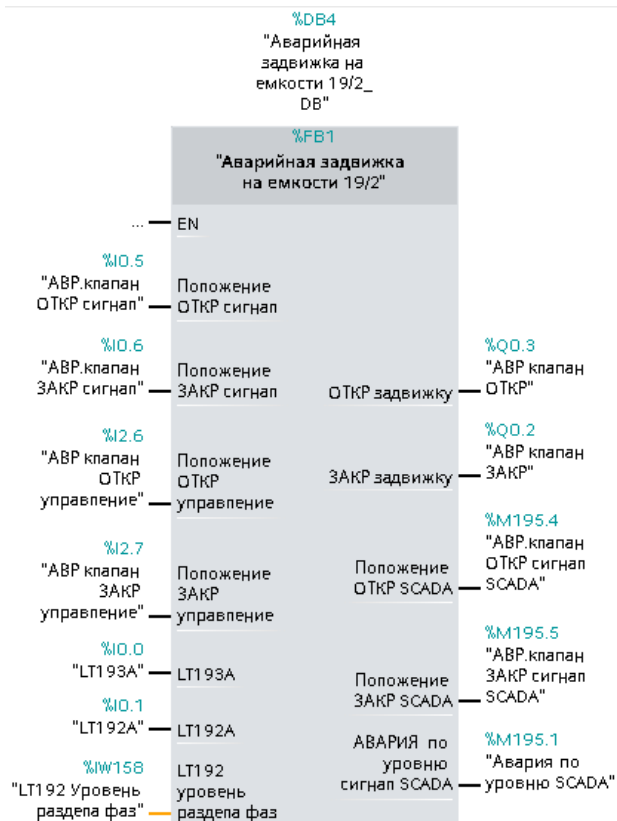


Рисунок 4.22. Функциональный блок для автоматизации аварийной задвижки

#### 4.2.2 Положение задвижки и аварийный сигнал при неполном открытии или закрытии

Положение задвижки определяется опережающими концевыми выключателями, сигналы от них поступают на дискретные входы ПЛК (Рисунок 4.23)

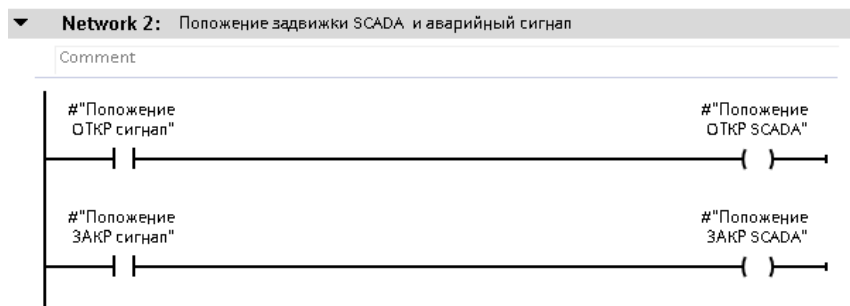


Рисунок 4.23. Определение положения задвижки

Сигнализация неисправности задвижки реализована таким образом. После поступившего сигнала на открытие или закрытие запускается внутренний таймер функционального блока «Таймер неисправности задвижки», по истечении 15сек он выдаст сигнал и в случае, если сигнал от выключателя (Рисунок 4.24) («Положение ОТКР/ЗАКР управление»), настраиваемого по моменту (Нм), поступил, а от концевого выключателя положения нет, то на вход SET триггера неисправности

завдвижки на открытия или закрытия устанавливается логическая «1». Это может означать, что задвижка открыта или закрыта не полностью. С выхода этих триггеров поступает сигнал о неисправности задвижки на SCADA и в цепи управления задвижкой. Снятие сигнала аварии задвижки производится со SCADA

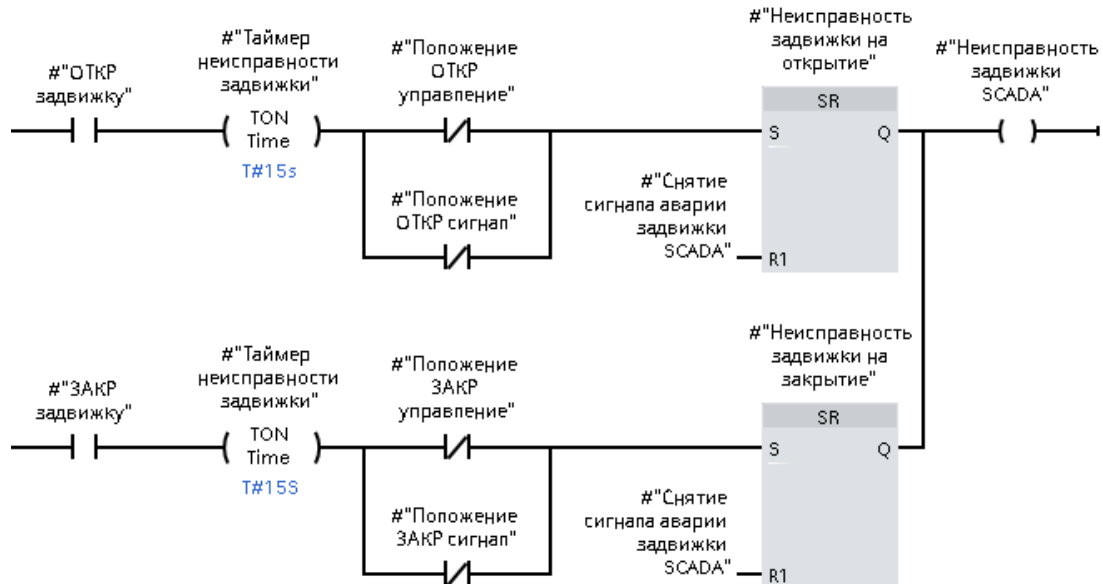


Рисунок 4.24. Сигнализация неполного открытия или закрытия задвижки

При отключении автоматического выключателя защиты двигателя, сигнал поступает на SET триггера «Неисправность питания», с выхода триггера сигнал поступает в цепи управления задвижкой и на SCADA. Снятие сигнала аварии производится со SCADA (Рисунок 4.25)

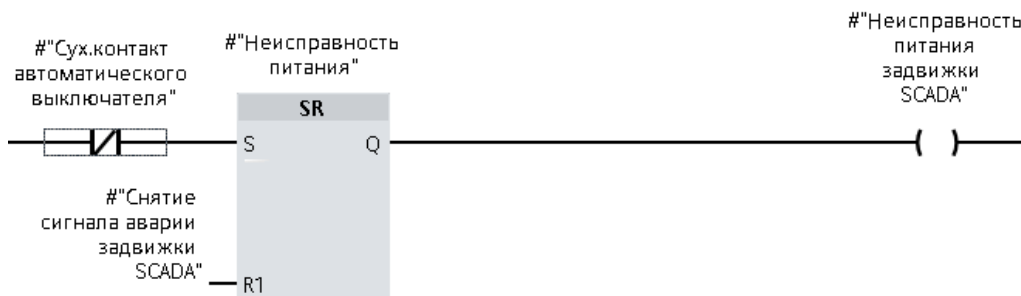


Рисунок 4.25. Сигнал неисправности питания

### 4.2.3 Состояние датчиков аварийного уровня

Когда чувствительный элемент датчика предельного уровня не находится в масле или датчик находится в исправном состоянии, на дискретный вход контроллера поступает логическая «1». В случае срабатывания датчика или его неисправности,

на дискретный вход поступает логический «0», на выходе функционального блока появиться «1», которая через битовую область памяти будет передана на SCADA (Рисунок 4.26).

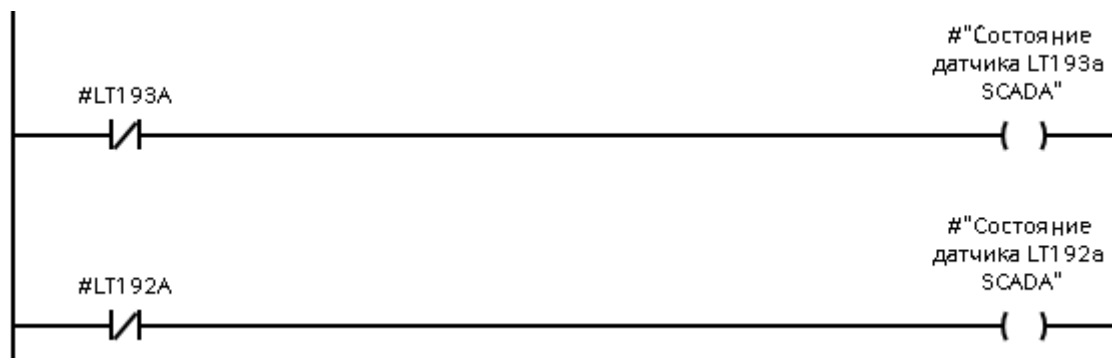


Рисунок 4.26. Состояние датчиков аварийного уровня

Метод анализа неисправности одного из датчика заключается в том, что в случае, если аварийный сигнал поступает только от одного датчика предельного уровня, на SET триггера «Неисправность аварийного датчика» устанавливается логическая «1», с выхода триггера через битовую область памяти сигнал передается на SCADA. Снятие сигнала возможно после устранения неисправности с операторской станции (Рисунок 4.27)

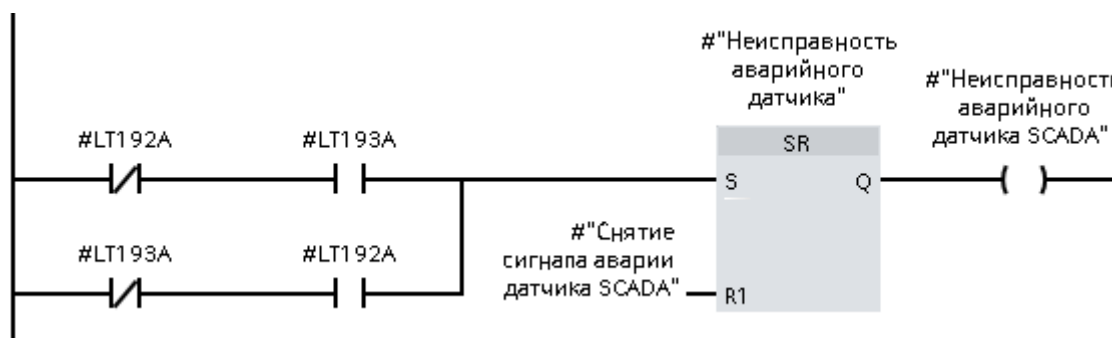


Рисунок 4.27. Метод анализа исправности датчиков аварийного уровня

При срабатывании обоих датчиков предельного уровня, на дискретных входах контроллера формируется логический «0», что приводит к тому, что на SET триггера «Авария по уровню» устанавливается логическая «1», с выхода триггера через битовую область памяти сигнал передается на SCADA (Рисунок 4.28) и в цепи управления PID-регулятора (Рисунок 4.47)

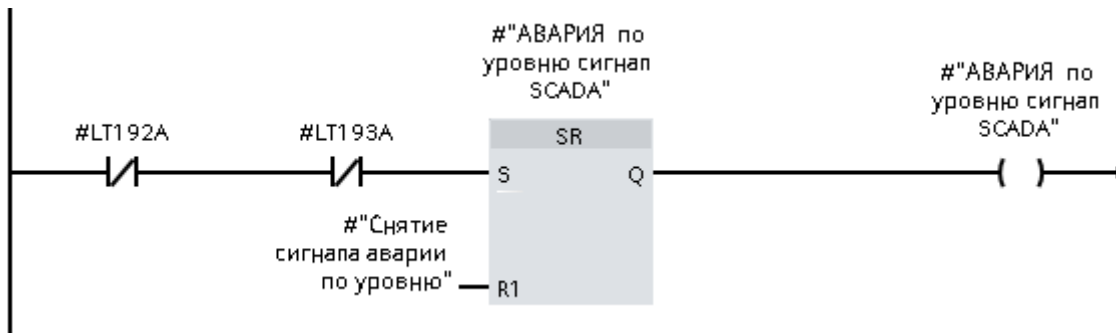


Рисунок 4.28. Аварийный сигнал предельного уровня

#### 4.2.4 Открытие задвижки

Открытие задвижки происходит в случае, если срабатывают два датчика предельного уровня, отсутствует сигнал с триггеров «Неисправность задвижки» и «Неисправность питания», то на SET триггера «ОТКР задвижку» устанавливается логическая «1». На выходе триггера устанавливается логическая «1», которая передается на дискретный выход ПЛК. Остановка задвижки происходит в том случае, если на RESET триггера «ОТКР задвижку» поступает сигнал от моментного выключателя или триггера неисправности питания задвижки или от триггера неисправности задвижки. В этом случае триггер открытия задвижки сбрасывается и на дискретном выходе формируется логический «0». (Рисунок 4.29)

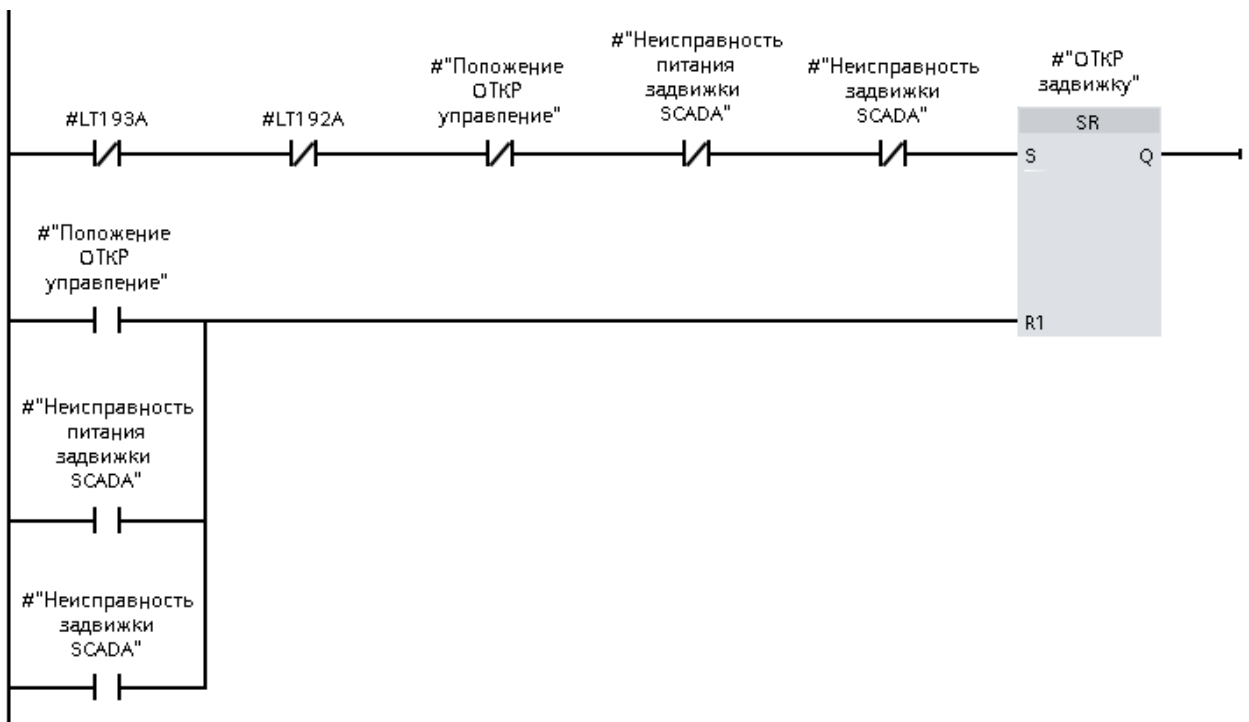


Рисунок 4.29. Логика открытия задвижки

#### 4.2.5 Закрытие задвижки

Сигнал на закрытие задвижки произойдет после того, как значение уровня раздела фаз достигнет 10%, то на выходе компаратора, сравнивающего показания датчика раздела фаз LT192 с установленным значением в 10%, сформируется логическая «1», и если отсутствуют сигналы от аварийных триггеров, то на SET триггера «ЗАКР задвижку» установится логическая «1». На выходе триггера установится логическая «1», которая будет передана на дискретный выход ПЛК. Остановка задвижки происходит, если на RESET триггера приходит сигнал от momentного выключателя или триггера неисправности питания или триггера неисправности задвижки. В этом случае триггер закрытия задвижки сбрасывается и на дискретном выходе формируется логический «0». (Рисунок 4.30)

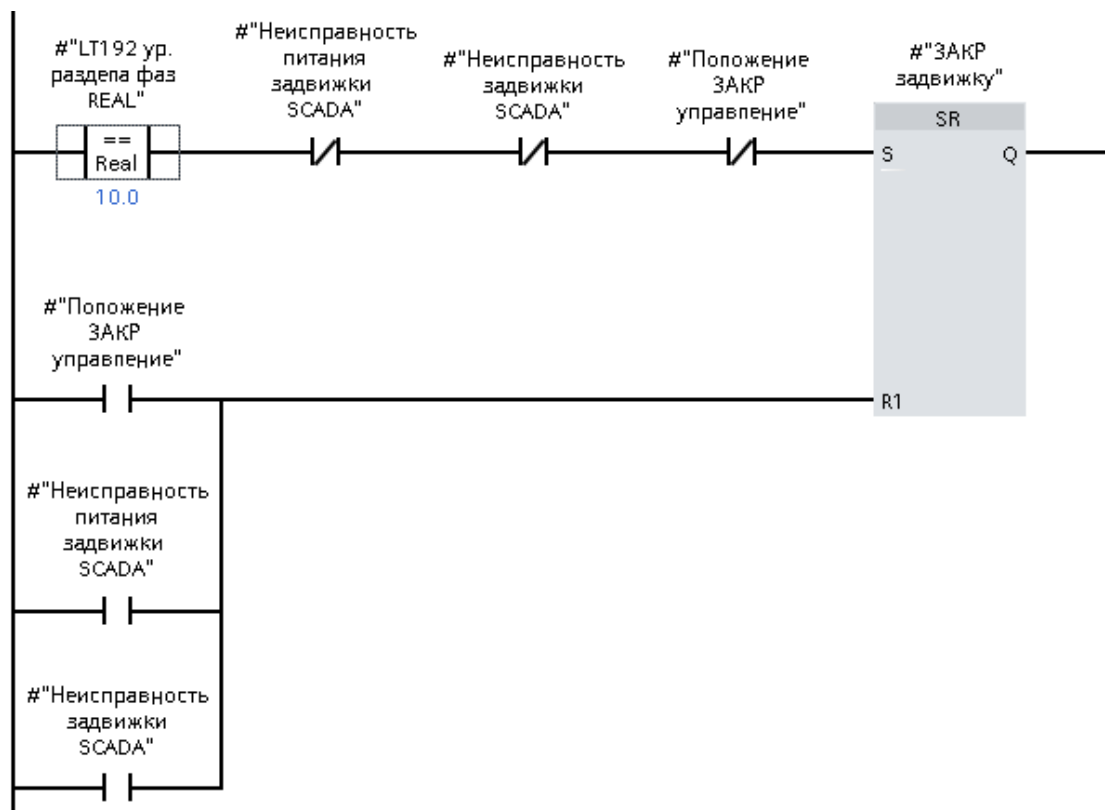


Рисунок 4.30. Логика закрытия задвижки

## 4.3 Автоматизация работы насоса 22/1

### 4.3.1 Функциональный блок

Для организации входных, выходных сигналов и алгоритмов работы насоса 22/1 создан функциональный блок, с привязкой входных, выходных каналов контроллера. Так же к битовой памяти контроллера, для передачи и приема информации со SCADA (Рисунок 4.31)

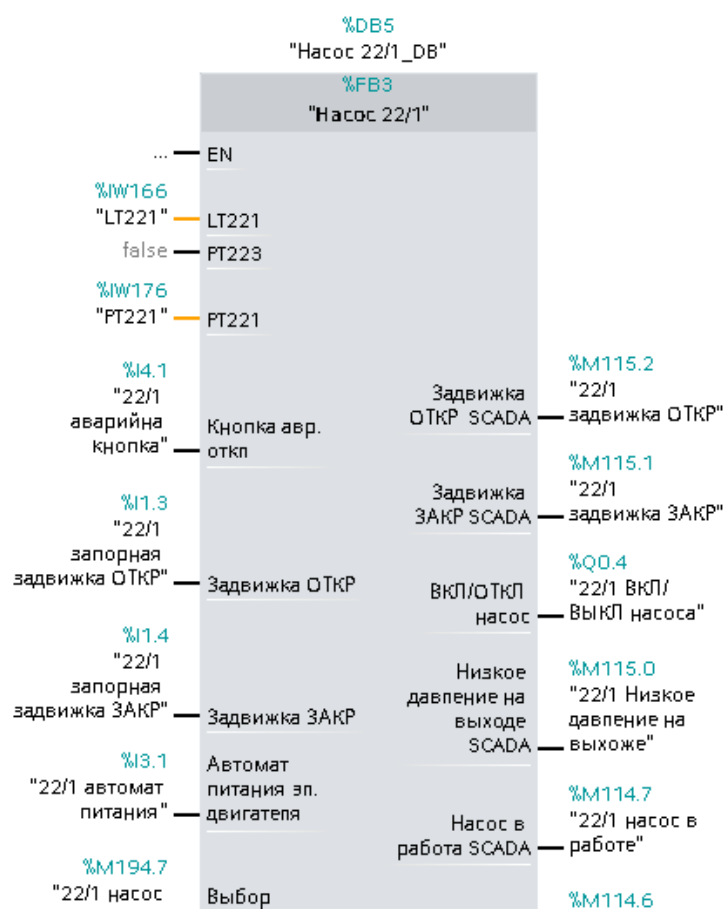


Рисунок 4.31. Функциональный блок для автоматизации насоса 22/1

### 4.3.2 Положение запорной задвижки

Положение задвижки определяется сигналами от концевых выключателей на ручной задвижке, поступающими на дискретные входы ПЛК. Сигнал передается в битовую область памяти контроллера, которая связана со SCADA (Рисунок 4.32)

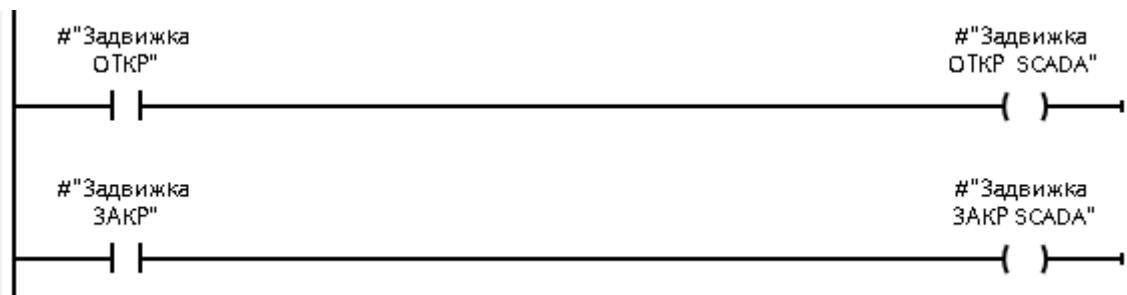


Рисунок 4.32. Индикация положения задвижки

### 4.3.3 Запрет на запуск насоса 22/1

Условия запрета на работу насоса выполнены следующим образом (Рисунок 4.33):

- Оценка положения задвижки на емкости 22/1, если одно из условий выполняются, то во внутреннюю переменную STATIC «Запрет на запуск» данного функционального блока передается логическая «1».
  - Если задвижка находится в закрытом положении
  - Если на оба дискретные входы ПЛК приходит логическая «1»
  - Если на двух дискретных входах установлен логический «0»
- Состояние автоматического выключателя защиты электродвигателя, если он в отключенном состоянии, то во внутреннюю переменную STATIC «Запрет на запуск» данного функционального блока передается логическая «1». Для визуализации на SCADA передается сигнал в битовую область памяти контроллера.
- Состояние кнопки аварийного отключения, если она нажата или имеется обрыв, то во внутреннюю переменную STATIC «Запрет на запуск» данного функционального блока передается логическая «1». Для визуализации на SCADA передается сигнал в битовую область памяти контроллера
- Если поступает сигнал от датчика предельно низкого уровня LTI221A, то во внутреннюю переменную STATIC «Запрет на запуск» данного функционального блока передается логическая «1». Для визуализации на SCADA передается сигнал в битовую область памяти контроллера.
- Если на выходе компаратора, сравнивающего действующее значение и уставку в 15%, устанавливается логическая «1».

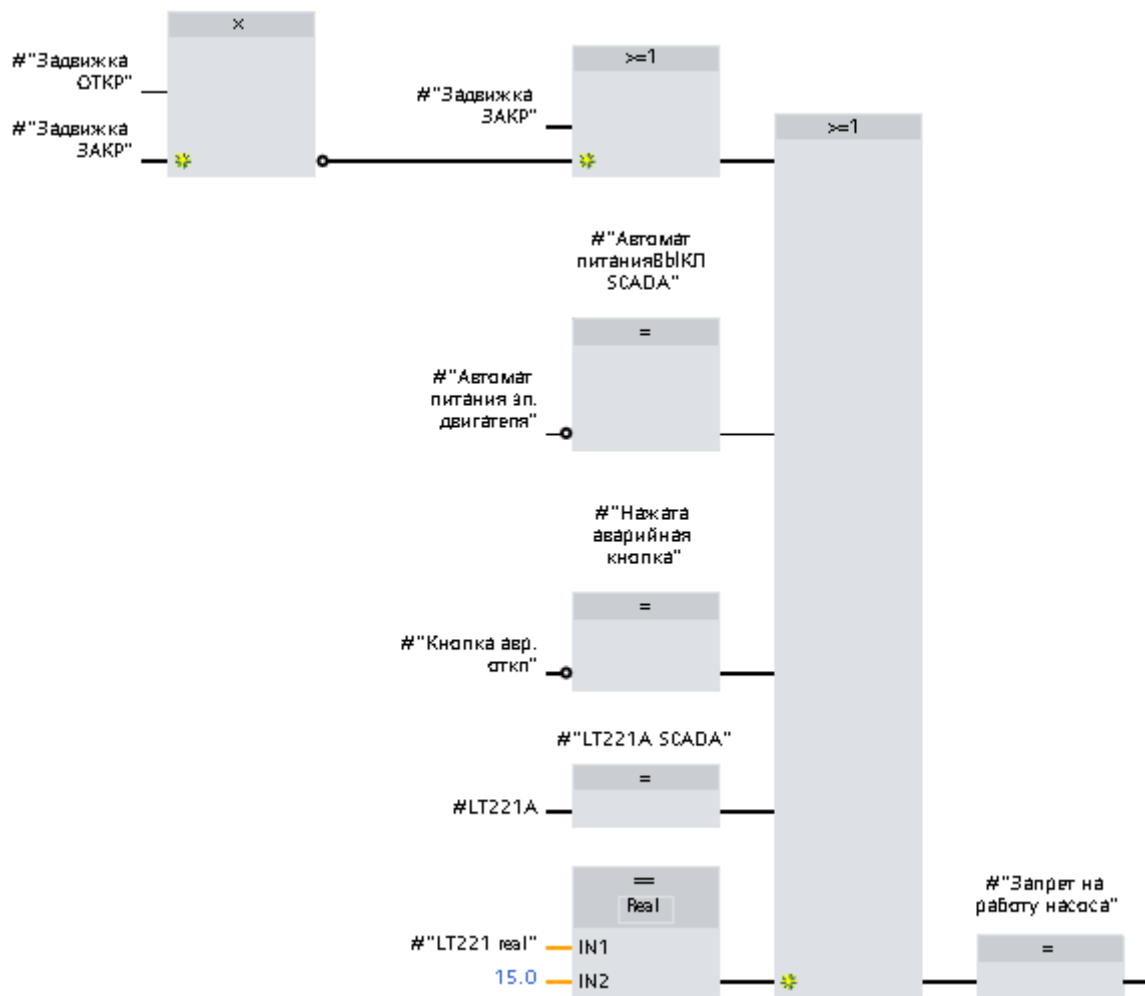


Рисунок 4.33. Логика формирования сигнала на запрет запуска насоса 22/1

#### 4.3.4 Низкое давление на выходе с насоса

При включении насоса с триггера «ВКЛ/ОТКЛ насоса» сигнал поступает на таймер «Разгон насоса», так как питание на электродвигатель насоса 22/1 подается через устройство плавного пуска. Время выхода насоса на номинальные обороты около 5с. Далее с таймера сигнал подается на компаратор, который сравнивает действующее значение на выходе с насоса от датчика РТ221 с установленным минимальным возможным давлением. Если же сигнал окажется меньше установленной величины или произойдет неисправность датчика, то через переменную «Низкое давление на выходе» в битовую область памяти установится логическая «1», так же сигнал от этой переменной передается в цепи управления насосом (Рисунок 4.34).



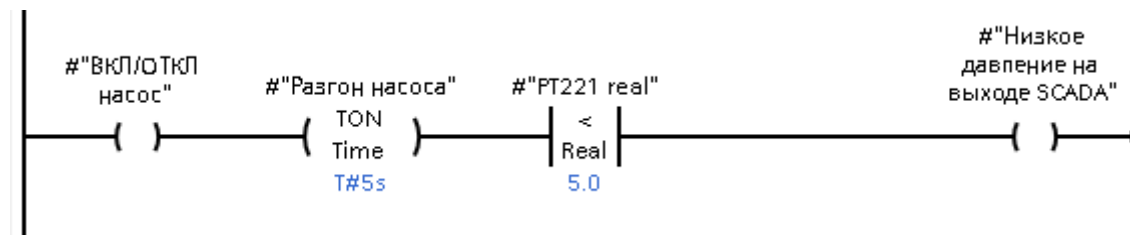


Рисунок 4.34. Логика формирования сигнала при низком давлении на выходе с насоса

### 4.3.5 Включение и отключение насоса 22/1

Выбор режима работы насоса выполнен через триггер «Автомат. режим». Выбор осуществляется со SCADA через битовую область памяти ПЛК, с привязкой соответствующих переменных «Выбор режима автомат» и «Выбор режима ручной». (Рисунок 4.35)

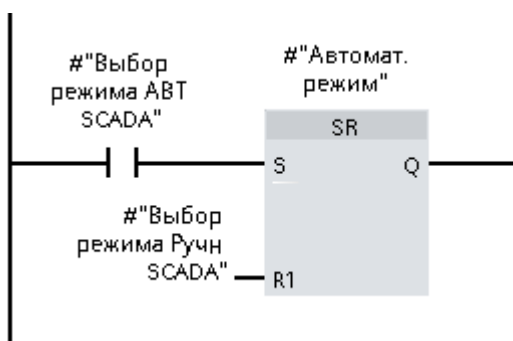


Рисунок 4.35. Выбор режима работы насоса 22/1

Включение насоса выполнено в ручном режиме и автоматическом (Рисунок 4.36):

- В ручном режиме осуществляется со SCADA через битовую область памяти ПЛК, привязанную к переменной «СТАРТ». Сигнал от нее поступит на SET триггера «ВКЛ/ОТКЛ насоса». Запуск в ручном режиме возможен только при условии, что на выходе триггеров «Автомат.режим» и «Запрет на работу насоса» установлен логический «0»
- В автоматическом режиме запуск осуществляется, когда на выходе компаратора, сравнивающего уровень подсмоленной воды от датчика LT221 и установленное значение, равное 80% общего уровня, сформируется логическая «1». Сигнал от него поступит на SET триггера «ВКЛ/ОТКЛ насоса». Запуск в автоматическом режиме возможен при условии, что на выходе триггера «Автомат.режим» установлена логическая «1», а на триггере «Запрет на работу» установлен логический «0»

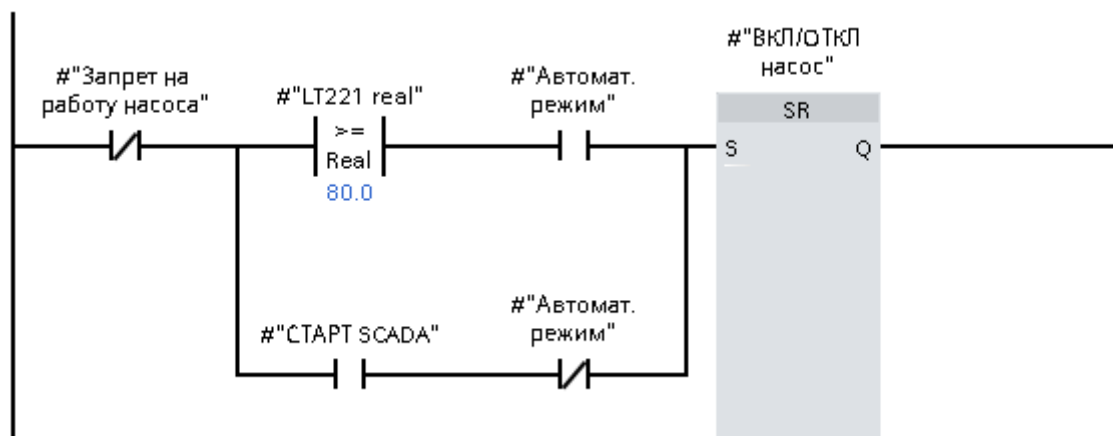


Рисунок 4.36. Логика включения насоса 22/1

Отключение насоса выполнено в ручном режиме, при срабатывании триггеров, запрещающих работу двигателя или при низком уровне подсмольной воды (Рисунок 4.37)

- В ручном режиме осуществляется со SCADA через битовую область памяти ПЛК, привязанную к переменной «СТОП» Сигнал от нее поступит на RESET триггера «ВКЛ/ОТКЛ насоса». Остановка в ручном режиме возможен только при условии, что на выходе триггеров «Автомат.режим» установлен логический «0»
- При достижении уровня подсмольной воды в емкости 22/1 равном или менее 15% на выходе компаратора, сравнивающего значение сигнала от датчика LT221 и установленного значения 15%, формируется логическая «1», которая поступит на RESET триггера «ВКЛ/ОТКЛ насоса»

Отключение насоса произойдет, если на выходе одного из триггеров, запрещающих работу насоса, сформируется логическая «1».

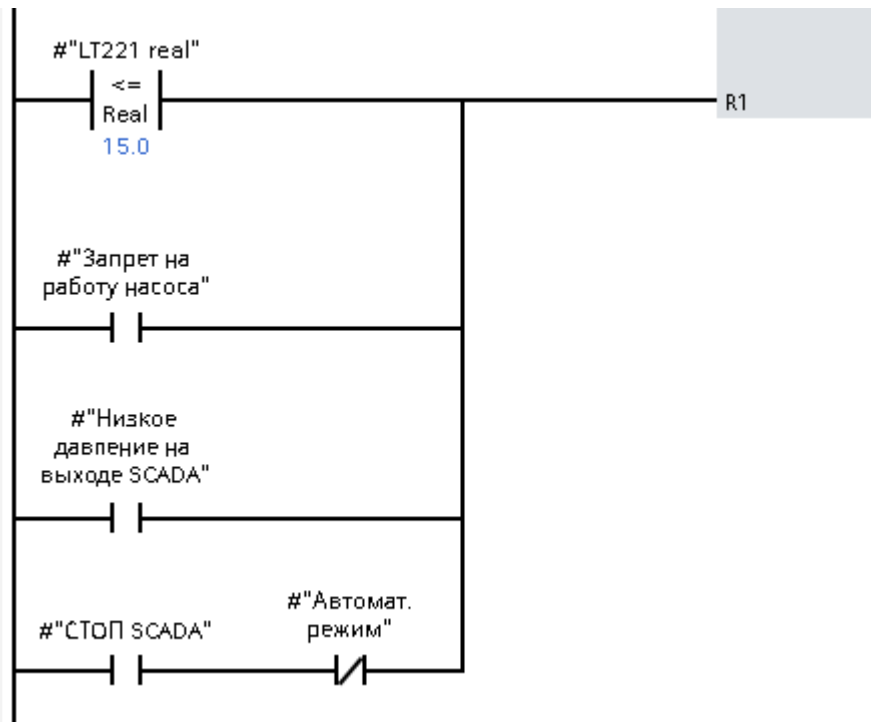


Рисунок 4.37. Логика отключения насоса

Сигналы о состоянии насоса передаются на SCADA через переменные OUT, привязанные к битовой области памяти ПЛК. Сигнал аварии передается, если с на выходе из одного триггера: «Низкое давление на выходе», «Автомат питания ВЫКЛ» или «Запрет на работу насоса», формируется логическая «1». Сигнал «Насос в ожидании» передается, если на выходе триггера «ВКЛ/ОТКЛ насос» установлен логический «0» и отсутствует сигнал аварии насоса. Сигнал «Насос в работе» передается, если на выходе триггера «ВКЛ/ОТКЛ насос» установлена логическая «1» и отсутствует сигнал аварии насоса (Рисунок 4.38)

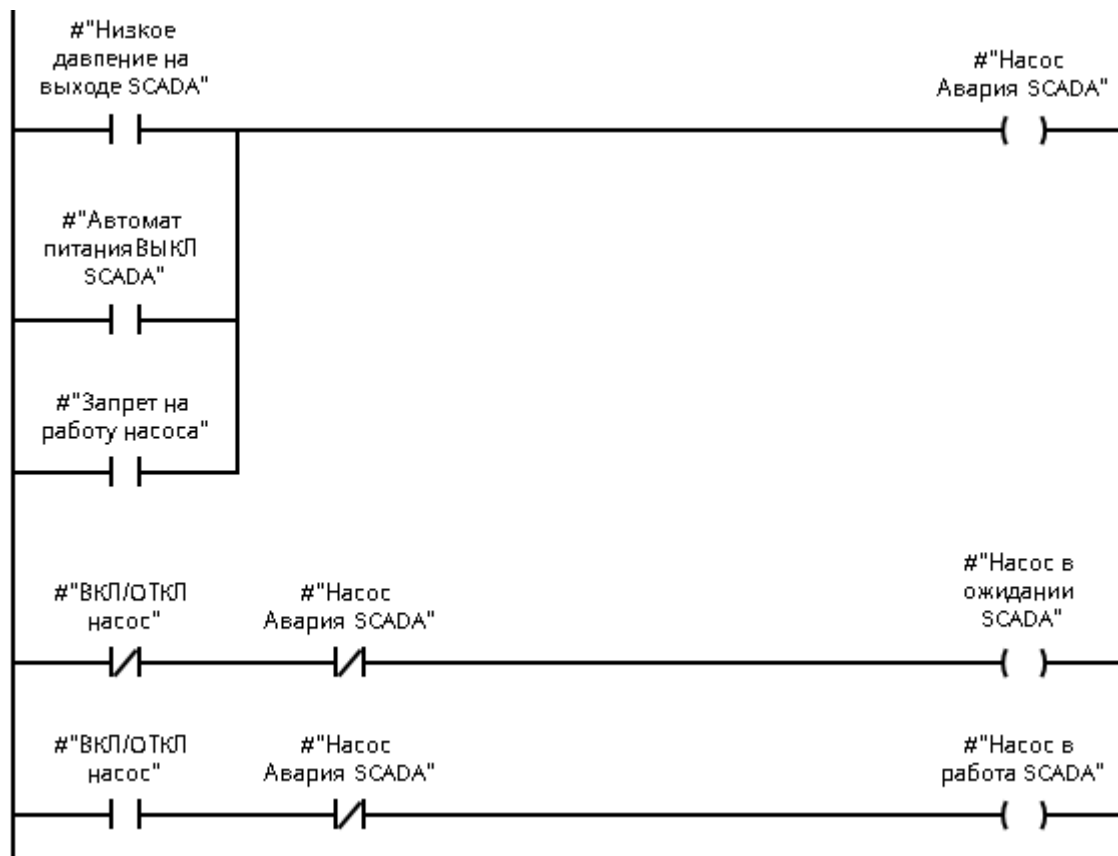


Рисунок 4.38. Индикация состояния насоса 22/1

## 4.4 Автоматизация работы основного и резервного насоса 20/3

Для организации входных, выходных сигналов и алгоритмов работы насосов 20/3 создан функциональный блок, с привязкой входных, выходных каналов контроллера. Так же к битовой памяти контроллера, для передачи и приема информации со SCADA. Автоматизация насосов 21/1 выполнена по аналогичной схеме.

### 4.4.1 Выбор места управления работы для насосов 20/3

Выбор режима работы между дистанционным (со SCADA) и местным управлением осуществляется двухпозиционным переключателем, подключенным к дискретным входам ПЛК. При переключении в режим местного управления на выходе триггера «Местный режим» устанавливается логическая «1», при этом на RESET триггера «Дистанционный режим» устанавливается логическая «1», что сбрасывает триггер и устанавливает логический «0» на выходе. При переключении в режим дистанционного управления на выходе триггера «Дистанционный режим» устанавливается логическая «1», при этом на RESET триггера «Местный режим» устанавливается логическая «1», что сбрасывает триггер и устанавливает

логический «0». Данный метод применен к основному и резервному насосу (Рисунок 4.39)

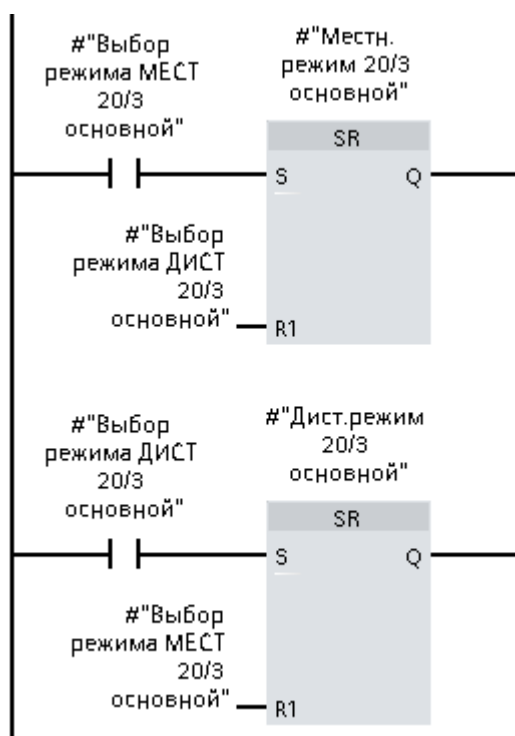


Рисунок 4.39. Выбор режима работы по месту у насоса

#### 4.4.2 Выбор автоматического и ручного управления

Выбор между ручным и автоматическим режимом осуществляется со SCADA, через привязку переменных соответствующих режимов к битовой памяти контроллера. Работа данных режимов возможно только при условии, что переключатель выбора места управления установлен в дистанционный режим. При установке логической «1» на вход SET триггера «Автоматический режим» на выходе него устанавливается логическая «1», при это на RESET триггера «Ручной режим» устанавливается «1», что сбрасывает триггер, и на его выходе устанавливается логический «0». При установке логической «1» на SET триггера «Ручной режим», на его выходе устанавливается логическая «1», при этом на RESET триггера «Автоматический режим» устанавливает «1», что сбрасывает триггер и на его выходе устанавливается логический «0». (Рисунок 4.40).

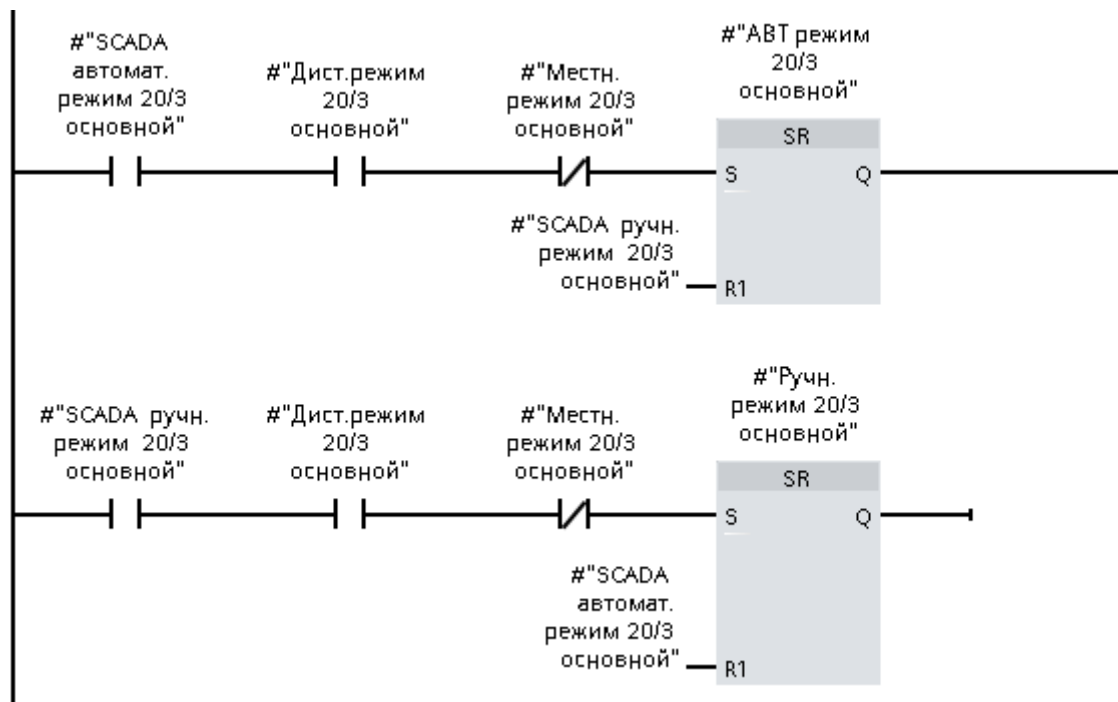


Рисунок 4.40. Выбор между автоматическим и ручным режимом работы основного насоса 20/3

Выбор режима работа для резервного насоса ничем не отличается, кроме того, что данный насос может перейти в автоматический режим при аварии основного насоса сигнал поступит с триггера «Авария основной насос 20/3», при условии, что переключатель выбора места управления переключен в дистанционный режим. Для того чтобы насос не находился постоянно в автоматическом режиме, при аварии основного насоса, реализована блокировка сигнала аварии виртуальным переключателем со SCADA (Рисунок 4.41)

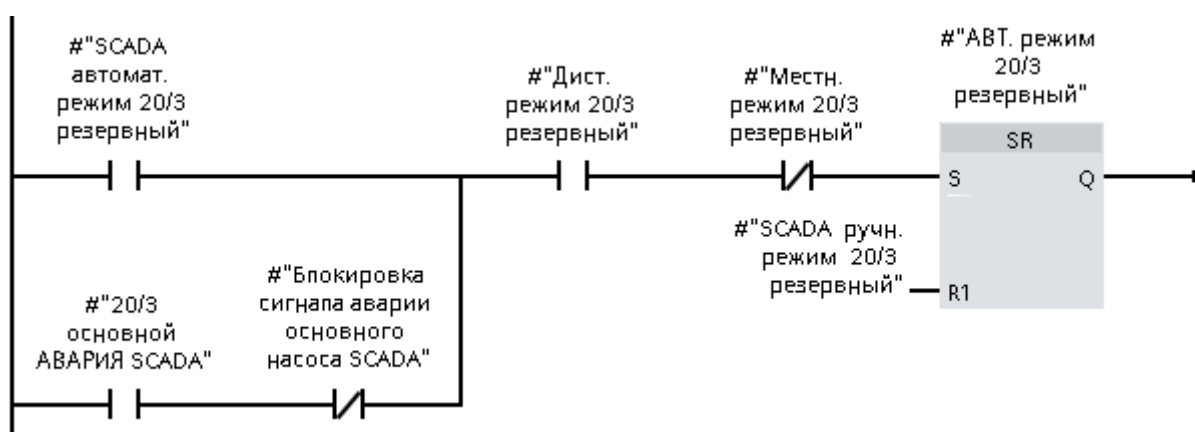


Рисунок 4.41. Установка резервного насоса 20/3 в автоматический режим

### 4.4.3 Положение запорной задвижки на емкости 19/1

Положение задвижки определяется сигналами от концевых выключателей на ручной задвижке, поступающими на дискретные входы ПЛК. Сигнал передается в битовую область памяти контроллера, которая связана со SCADA (Рисунок 4.42).

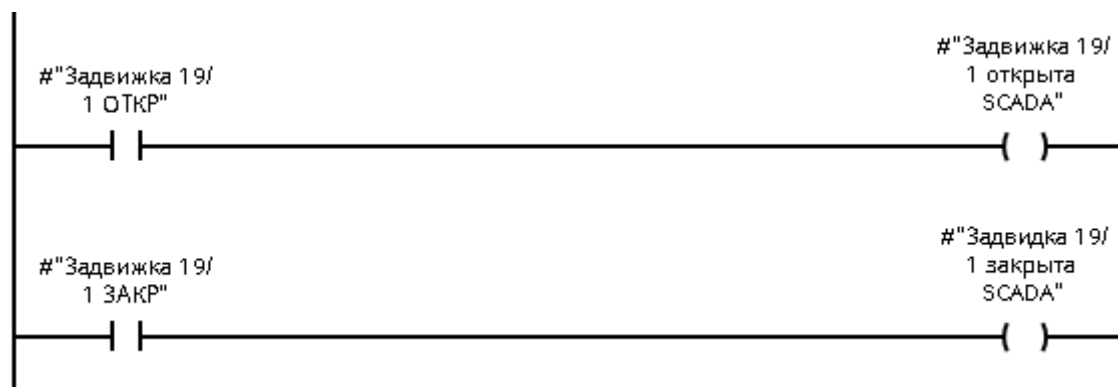


Рисунок 4.42. Индикация положения задвижки

### 4.4.4 Запрет на работу насосов 20/3

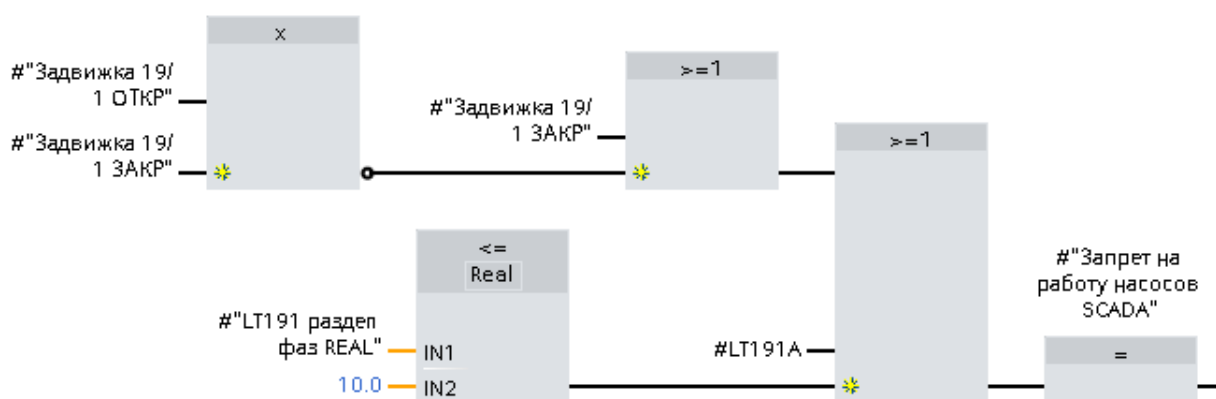


Рисунок 4.14. Логика формирования сигнала на запрет запуска насосов 20/3

Условия запрета на работу насосов выполнены следующим образом:

- Оценка положения задвижки на емкости 19/1, если одно из условий выполнятся, то во внутреннюю переменную STATIC «Запрет на запуск» данного функционального блока передается логическая «1»
  - Если задвижка находится в закрытом положении
  - Если на оба дискретные входы ПЛК приходит логическая «1»
  - Если на двух дискретных входах установлен логический «0»
- Если поступает сигнал от датчика предельно низкого уровня LS191, то во внутреннюю переменную STATIC «Запрет на работу насосов» данного функционального блока передается логическая «1».
- Если уровень раздела фаз составляет менее 10%, то с компаратора, сравнивающего действующее значение уровня и установленным

значением в 10%, поступает логическая «1». Во внутреннюю переменную STATIC «Запрет на работу насосов» данного функционального блока передается логическая «1».

#### 4.4.5 Низкое давление на выходе основного и резервного насоса

При включении основного (Рисунок 4.43) или резервного (Рисунок 4.44) насоса с триггера «ВКЛ/ОТКЛ насоса» сигнал поступает на таймер «Разгон насоса», так как питание на электродвигатели насосов 20/3 подается через устройство плавного пуска. Время выхода насоса на номинальные обороты около 5с. Далее с таймера сигнал подается на компаратор, который сравнивает действующее значение на выходе с насоса от датчиков РТ201 - для основного и РТ202 – для резервного с установленным минимальным возможным давлением. Если же сигнал окажется меньше установленной величины или произойдет неисправность датчика, то через переменную «Низкое давление на выходе» в битовую область памяти установится логическая «1», так же сигнал от этой переменной передается в цепи управления насосом.

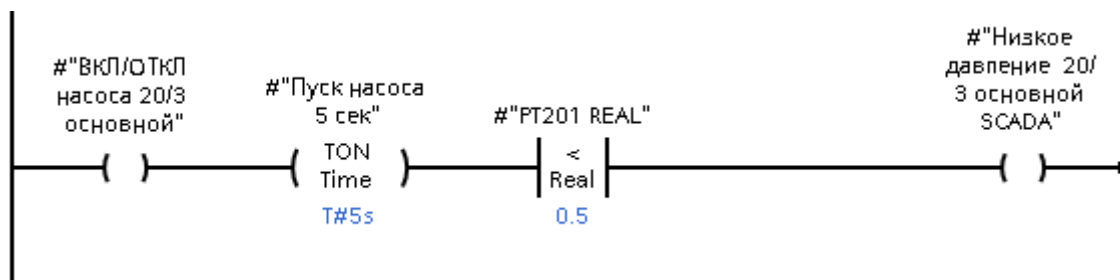


Рисунок 4.15. Логика формирования сигнала при низком давлении на выходе с основного насоса

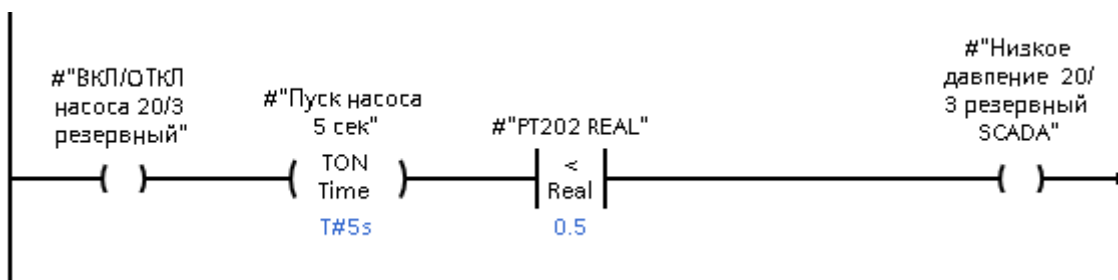


Рисунок 4.16. Логика формирования сигнала при низком давлении на выходе с резервного насоса

#### 4.4.6 Включение и отключение насосов 20/3

Схема включения и отключение основного и резервного насоса идентичны, то ниже приведен алгоритм включения и отключения основного насоса (Рисунок 4.45).



Включение насоса возможно только в том случае, если с триггера «Запрет работы насосов» не приходит сигнал, не отключен автомат защиты электродвигателя и не нажата кнопка аварийного отключения (используется NC-контакт). В автоматическом режиме на SET триггера устанавливается логическая «1», в том случае если с компаратора, сравнивающего действующее значение уровня и установленное значение, которое можно менять со SCADA. В ручном режиме на SET триггера поступает со SCADA, имеющую привязку через битовую область памяти контроллера. По месту насос управляется сигналом кнопки, подключенную к дискретному сигналу входу контроллера.

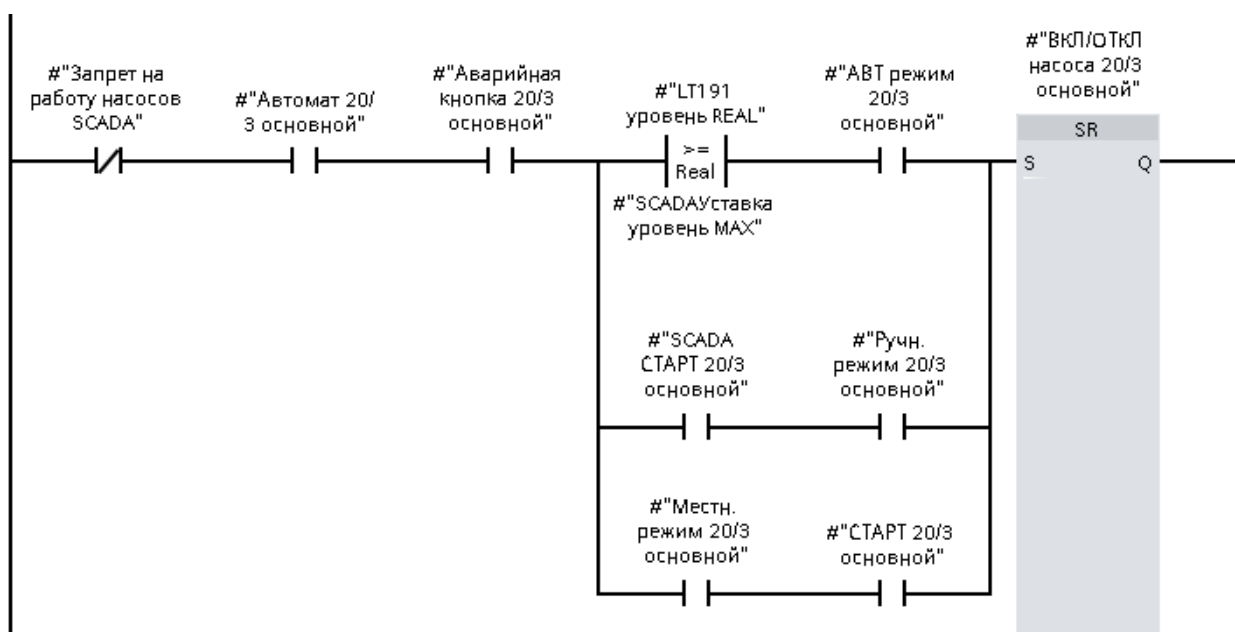


Рисунок 4.17. Логика включения основного насоса

Отключение насоса (Рисунок 4.46) произойдет, если на RESET триггера установиться логическая «1» в случае, когда поступит один из сигналов:

- Сигнал с триггера «Запрет работы насосов»
- Сигнал с триггера «Низкое давление на выходе насоса»
- Будет нажата кнопка аварийного отключения
- Сигнал с компаратора, который сравнивает действующее значение уровня и установленное минимальное значение уровня
- Сигнал «СТОП» со SCADA в ручном режиме работы насоса
- Сигнал «СТОП» на дискретный вход от кнопки, установленной по месту, в режиме работу «По месту»

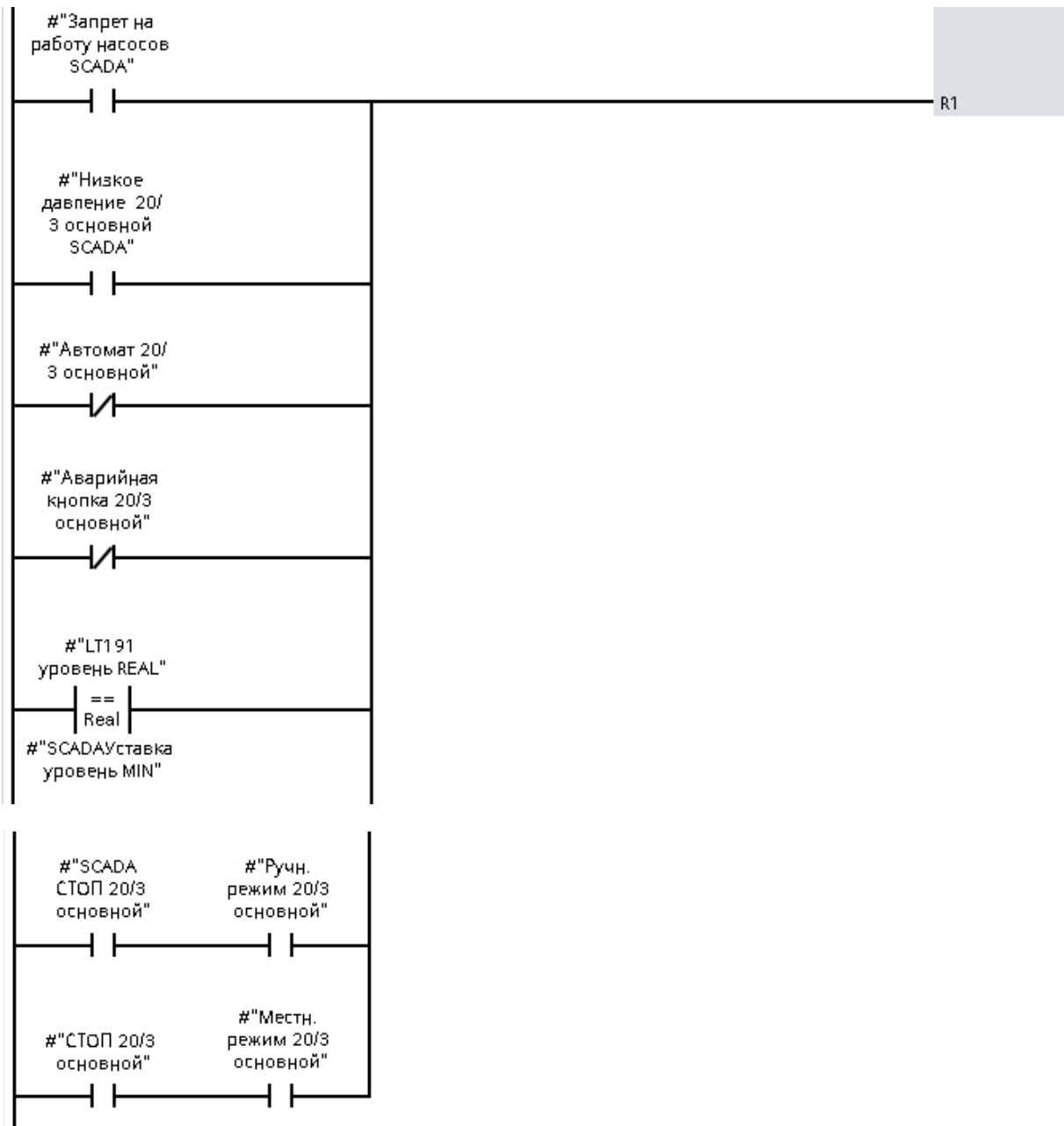


Рисунок 4.18. Логика отключения основного насоса

## 4.5 Логика работы регулятора 19/2

Регулирование положения клапана производится с помощью ПИД-регулятора, в виде программного функционального блока (Рисунок 4.47), исполняемого контроллером.

ПИД-регулятор является совокупностью ПИ- и ПД- регуляторов. Изменение выходной величины регулятора пропорционально изменению входной величины, интегралу её изменения и пропорционально производной отклонения.

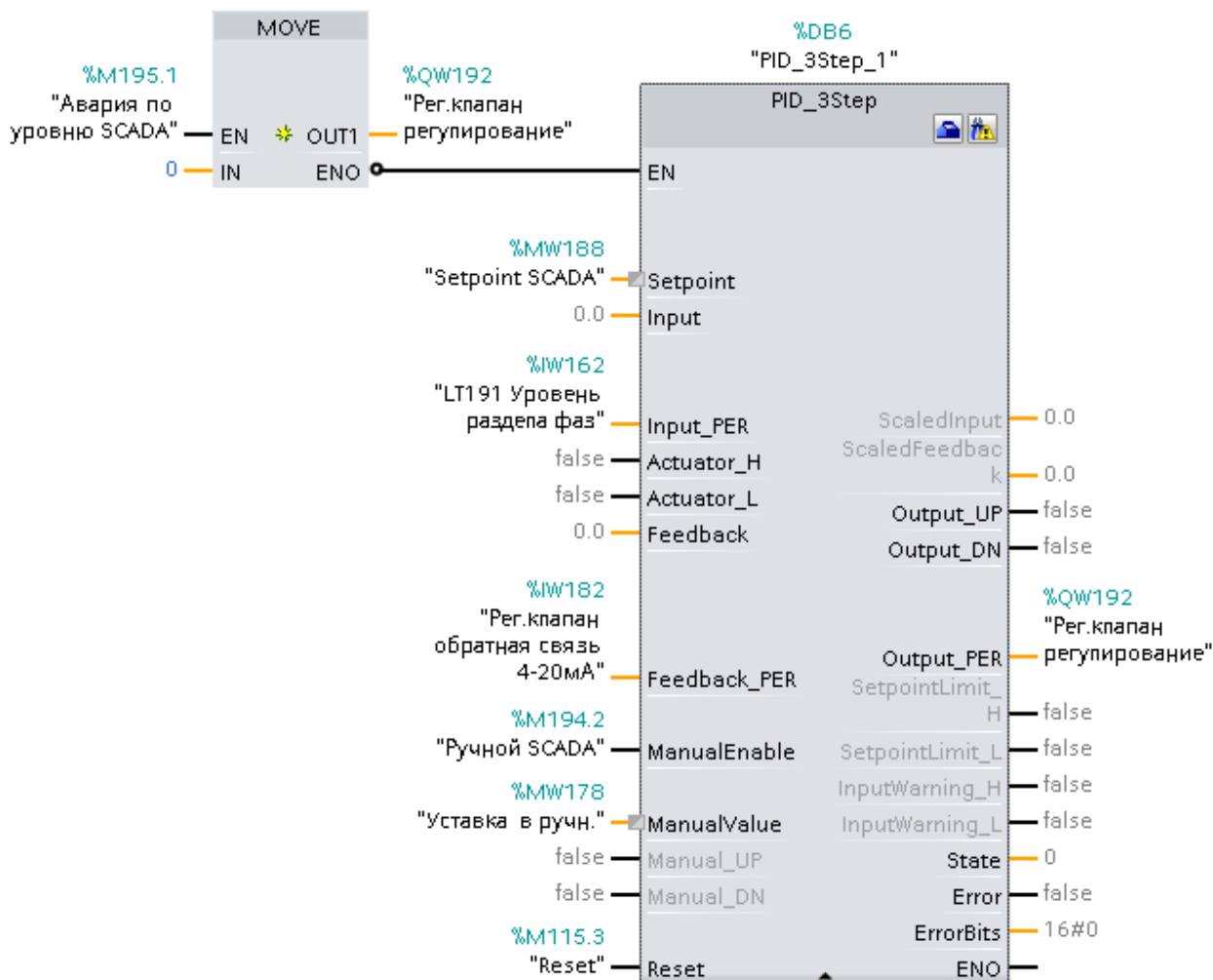


Рисунок 4.19. Работа регулятора в автоматическом режиме работы с использованием PID-регулятора

В автоматическом режиме работы регулирование клапана происходит от ПИД-регулятора. Работа PID-регулятора возможна только в случае, если у нас отсутствует сигнал с триггера «Авария по уровню» в емкости 19/2. В этом случае на вход EN приходит логическая «1» с инвертированного выхода ENO инструкции MOVE, имеющую привязку к триггеру «Авария по уровню». Приходящая логическая «1» разрешает работу ПИД-регулятора. На вход SETPOINT передается значение, установленное на SCADA, тип данных INTEGER. На вход INPUT\_PER передается значение уровня раздела фаз от датчика LT191, тип данных INTEGER. На вход Feedback\_PER передается значение положения клапана, тип данных INTEGER. На вход ManualEnable через, привязанную в битовой области ПЛК, со SCADA передается «0» или «1». На вход RESET со SCADA, через битовую область памяти, передается сигнал на сброс ПИД-регулятора. На выход регулятора OUTPUT\_PER формируется сигнал от 0 до 27648, тип данных INTEGER, который подается на АЦП аналогового выхода. Что соответствует 4-20мА, выставленных в настройках аналогового выхода (Рисунок 4.49).

При срабатывании аварийного уровня в емкости 19/2 и 19/3 произойдет блокировка функционального блока ПИД-регулятора. При этом на АЦП аналогового выхода поступит значение 0, тип данных INTEGER, что будет соответствовать 4мА на выходе аналогового выхода.

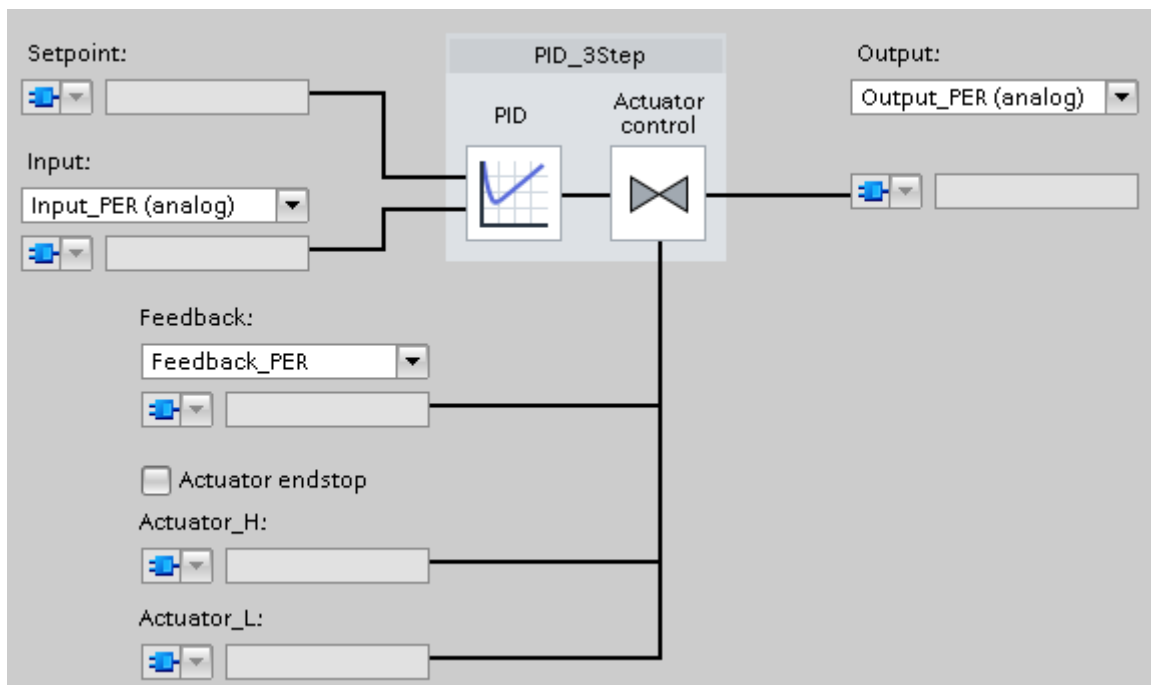


Рисунок 4.20. Конфигурация входов и выхода регулятора

Channel address:	QW192
Analog output type:	Current
Current range:	4 to 20 mA
Substitute value for channel on a change from RUN to STOP:	4.000 mA
	Empty

Рисунок 4.21. Конфигурация аналогового выхода

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Тема: Автоматизация процесса отстаивания среднего масла газогенераторной установки

Автор: Artjom Arhipov

Выпускная работа посвящена автоматизации процесса отстаивания среднего масла газогенераторной установки Кивиыльского сланцехимического комбината (Kiviõli Keemiatööstus).

В данной работе предлагается установка выбранного оборудования автоматизации, такого как: ПЛК, модули ввода/вывода дискретных и аналоговых сигналов, датчики температуры, датчики уровня, датчики двойного назначения – измерение общего уровня и уровня раздела фаз, датчики давления, датчики предельного уровня, регулирующийся клапан, концевые выключатели для ручных запорных клапанов, электропривод для аварийной задвижки. Основными критериями в выборе оборудования:

- обеспечение безопасной работы, оборудование имеет взрывобезопасное исполнение, так как место установки устройств передачи сигнала о технологическом процессе(датчики) и исполнительных устройств – взрывоопасная «Зона2».
- соответствие оборудования условиям технологического процесса и технического задания

В работе предлагаются разработанные алгоритмы работы насосов, регулятора поддержания раздела фаз и работа аварийной задвижки с целью автоматизации процесса отстаивания среднего масла. Для сбора показаний измерительных устройств и управления исполнительными механизмами был выбран контроллер SIEMENS S7-1200. Логика проверена в симуляции. Обработка информации и логика работы исполнительных устройств была реализована на базе TIAportal, с использованием языков программирования FBD и LAD.

Заключительная работа имеет общее представление о затронутом процессе. Следует продолжить изучение данной темы для более детального планирования автоматизации данного технологического процесса.

# KOKKUVÕTE

Teema: Gaasigeneraatoriseadme keskmise õli sadestumise protsessi automatiseerimine

Autor: Artjom Arhipov

Lõputöö on pühendatud põlevkivikeemiatehase Kiviõli Keemiatööstus gaasigeneraatoriseadme keskõli setitamise protsessi automatiseerimisele.

Antud töös tehakse ettepanek paigaldada valitud automaatikaseadmed, näiteks: PLC-d, diskreetsete ja analoogsignaali sisend-/väljundmoodulid, temperatuuriandurid, tasemeandurid, kahetoimelised andurid - üldise taseme ja faasierinevuse taseme mõõtmine, rõhuandurid, piirtaseme andurid, reguleerventiil, käsitsi juhitavate sulgeklappide lõpplülid, avariiklapi elektriajam. Seadmete valimise peamised kriteeriumid:

- ohutu töö tagamine, seadmed on plahvatuskindlad, kuna tehnoloogilise protsessi signaaliedastusseadmed (andurid) ja täiteseadmete paigaldamise koht on plahvatusohtlik "Tsoon2".
- seadmete vastavus tehnoloogilise protsessi tingimustele ja tehnilisele ülesandele.

Töös pakutakse välja väljatöötatud algoritmid pumpade tööks, regulaator faaside eraldumise säilitamiseks ja avariiklapi töötamine keskõli setitamise protsessi automatiseerimiseks. Mõõteseadmete näitude kogumiseks ja täitemehhanismide juhtimiseks valiti kontrolleri SIEMENS S7-1200. Loogika testitud simulatsioonis. Infotöötlus ja täitemehhanismide töö loogika teostati TIA-Portal baasil, kasutades programmeerimiskeeli FBD ja LAD.

Lõputöö annab üldise ettekujutuse antud protsessist. Selle protsessi automatiseerimise detailsemaks kavandamiseks tuleks jätkata antud teema uurimist.

## SUMMARY

Theme: Automation of the process of settling the middle oil of a gas generator set

Author: Artjom Arhipov

The Thesis is concerned with the automation of the settlement process of the middle fraction of shale oil obtained in the oil shale thermal processing plant of Kiviõli Keemiatööstus.

The emphasis in the Thesis is on mounting of selected automation equipment such as: programmed logical controller (PLC), input/output modules for discrete and analog signals, temperature sensors, level gauges, dual-purpose gauges – measuring of overall level and the interphase level, pressure gauges, max level sensors, control valve, terminal switches for manual shutoff valves, electric drive for the emergency gate valve. Main criteria on the selection of equipment were as follows:

- Ensuring safe operation: the equipment has an explosion-proof design, for installation place for the technological process transmitters (sensors) and actuators is explosion-hazardous Zone 2
- Correspondence of the equipment to the technological process conditions and to the technical assignment.

The following suggestions were put forward in the Thesis: algorithms were developed for pump operation along with those for the controller used to support phase separation, as well as the operation of the emergency gate valve aimed at automation of the settlement process of shale oil middle fraction. To collect instrument readings and to control the actuators, controller SIEMENS S7-1200 was chosen. Data processing and the logics of the actuation devices were implemented on the base of TIAportal with FBD and LAD programming languages used.

The Thesis gives a general idea of the process under consideration. It is worthwhile to continue the study of this theme for more detailed planning of automation of the technological process.

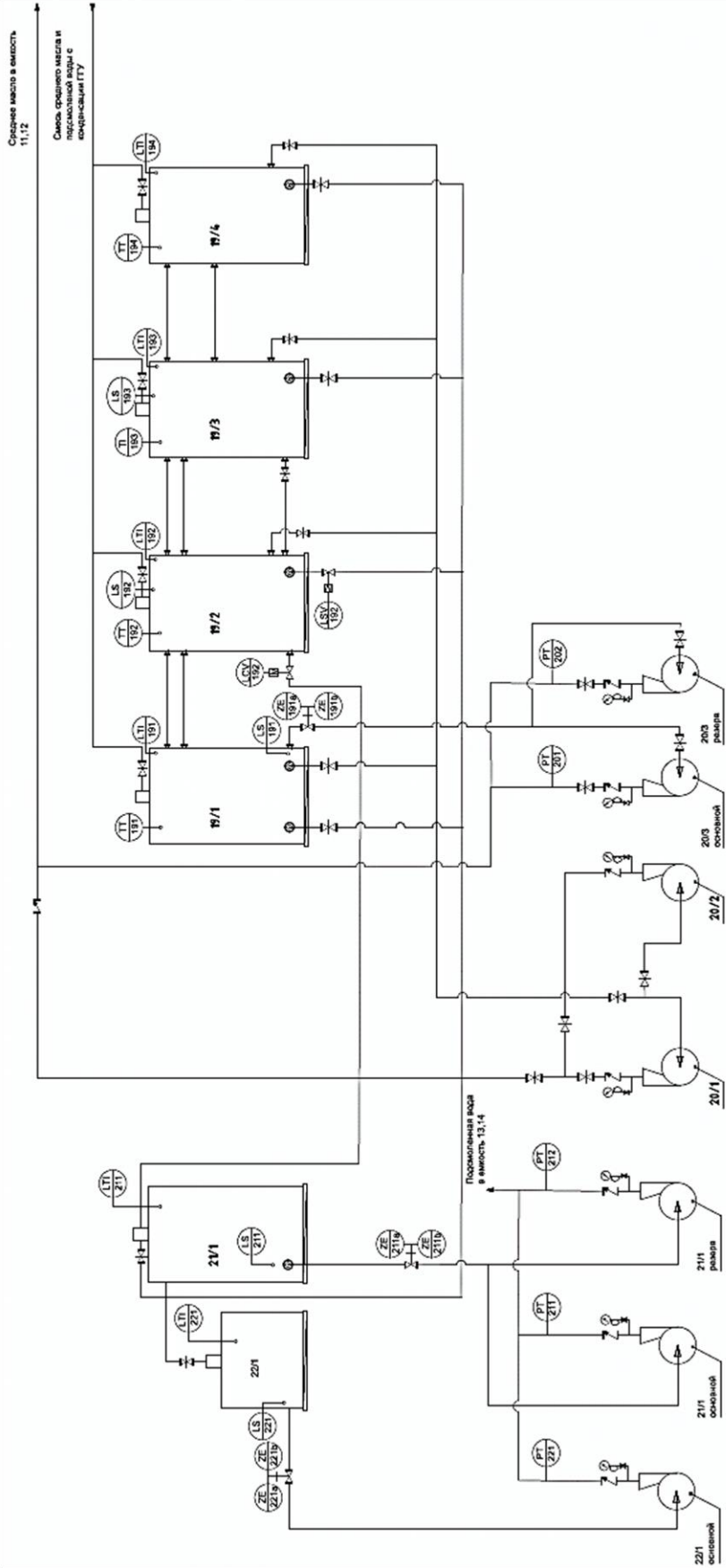
## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1) Сланцевая нефть[WWW]  
<https://petrodigest.ru/terms/slancevaja-neft>
- 2) Ю.Г.Фролов. Курс коллоидной химии. Поверхностные явления и дисперсные системы. М.: Альянс, 2004
- 3) Р.З. Сафиева, Л.А. Магадова, Л.З. Климова, О.А. Борисова. Физико-химические свойства нефтяных дисперсных систем. Под ред. проф. В.Н. Кошелева – М.: Изд. РГУ нефти и газа им. И.М.Губкина, 2001
- 4) Позднышев Г.Н. Стабилизация и разрушение эмульсий. М.: Недра, 1982
- 5) Е.С. Афанасьев, С.Г. Горлов, Ю.П. Ясьян. Факторы стабилизации водонефтяных эмульсий // Нефтепереработка и нефтехимия. 2008
- 6) Н.А. Небогина, И.В. Прозорова, Н.В. Юдина. Особенности формирования и осадкообразования водонефтяных эмульсий // Нефтепереработка и нефтехимия. 2013
- 7) Классификация зон АТЕХ[WWW]  
<https://www.icqc.eu/ru/certifikacija-ce/atex/klass-vzryvoopasnoj-zony>
- 8) IP класс защиты оборудования IEC 60529  
<https://www.icqc.eu/ru/certifikacija-ce/nizkovoltnoe-oborudovanie-es/iec-60529>
- 9) Таблица определения степени защиты оболочки[WWW]  
<https://www.master-prom.ru/articles/handbooks/special-notations/funksii-i-znachenie-zashchity-obolochki-ip>
- 10) ПЛК Siemens S7-1200[WWW]  
<https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/uuid:2961db0147fb92fd02cb65dea800734f8a911ac5/st70-simatic-s7-1200.pdf>
- 11) Модуль аналогового ввода SM 1231[WWW]  
<https://mall.industry.siemens.com/mall/ru/ru/Catalog/Product/6ES7231-4HF32-0XB0>
- 12) Модуль аналогового вывода SM 1232[WWW]  
<https://mall.industry.siemens.com/mall/ru/ru/Catalog/Product/6ES7232-4HB32-0XB0>
- 13) Модуль дискретного ввода SM 1221[WWW]  
<https://mall.industry.siemens.com/mall/ru/ru/Catalog/Product/6ES7221-1BH32-0XB0>
- 14) Преобразователь термоэлектрический TC61[WWW]  
<https://www.ru.endress.com/ru/Tailor-made-field-instrumentation/Temperature-measurement-thermometers-transmitters/Omnigrad-S-TC61>



- 15) Уровнемер микроволновый бесконтактный Micropilot FMR51[WWW]  
[https://portal.endress.com/wa001/dla/5001090/1436/000/00/TI01040FRU\\_0716.pdf](https://portal.endress.com/wa001/dla/5001090/1436/000/00/TI01040FRU_0716.pdf)
- 16) Микроимпульсный уровнемер Levelflex FMP55[WWW]  
<http://www.reduktor-mex.ru/files/u/catalog/1091/%D0%A2%D0%B5%D1%85.%20%D0%98%D0%BD%D1%84%D0%BE%D1%80%D0%BC%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F%20Levelflex%20M%20FMP55.pdf>
- 17) Вибрационный датчик предельного уровня Liquiphant FTL50[WWW]  
<https://www.ru.endress.com/ru/Tailor-made-field-instrumentation/uroven/Liquiphant-FTL50>
- 18) Электронная вставка FEL52[WWW]  
[https://avinsystems.ru/wp-content/uploads/2019/10/tehicheskoe-opisanie-liquiphant-m-ftl50h-ftl51h-ti00328fru\\_14.12.pdf](https://avinsystems.ru/wp-content/uploads/2019/10/tehicheskoe-opisanie-liquiphant-m-ftl50h-ftl51h-ti00328fru_14.12.pdf)
- 19) Датчики давления WIKA E-10[WWW]  
[https://www.wika.kz/upload/DS\\_PE8127\\_ru\\_ru\\_1491.pdf](https://www.wika.kz/upload/DS_PE8127_ru_ru_1491.pdf)
- 20) Взрывозащищенный электроприводы AUMA SAEx 10.2[WWW]  
<https://www.auma.com/ru/produkcija/mnogooborotnye-privody/vzryvozashchishchennye-ehlektroprivody-saex-i-sarex/#detailsTab>
- 21) Взрывозащищенный клапан Schubert Salzer[WWW]  
[https://www.schubertsalzerinc.com/fileadmin/user\\_upload/ControlSystems/Produkte/Typen/8037\\_GS3/EN/8037\\_-\\_Anleitung\\_-\\_Operating\\_Instructions\\_-\\_Manuel.pdf](https://www.schubertsalzerinc.com/fileadmin/user_upload/ControlSystems/Produkte/Typen/8037_GS3/EN/8037_-_Anleitung_-_Operating_Instructions_-_Manuel.pdf)
- 22) Концевой выключатель[WWW]  
<http://www.aksprom.biz/addcontent/img/Catalogs/KortemGorelteh/.pdf>

# Приложение 1 Функциональная схема



Приложение 2 Таблица ввода/вывода

№	Расположение	Позиция	Описание	Тип сигнала				Примечание
				DO	DI	AO	AI	
1	Емкость 19/4	TT194	Преобразователь термоэлектрический TC61					Вывод показаний на SCADA
2	Емкость 19/3	TT193	Преобразователь термоэлектрический TC61					Вывод показаний на SCADA
3	Емкость 19/2	TT192	Преобразователь термоэлектрический TC61					Вывод показаний на SCADA
4	Емкость 19/1	TT191	Преобразователь термоэлектрический TC61					Вывод показаний на SCADA
5	Емкость 19/4	LT194	Уровень Mtsoripilot FMR51					Вывод показаний на SCADA
6	Емкость 19/3	LT193	Уровень Mtsoripilot FMR51					Вывод показаний на SCADA
7	Емкость 19/2	LT192	Микроимпульсный уровень Levelflex FMP55					Общий уровень. Вывод показаний на SCADA, цель управления аварийной подвижкой
8	Емкость 19/1	LT191	Микроимпульсный уровень Levelflex FMP55					Общий уровень. Вывод показаний на SCADA, цель управления насосами 20/3
9	Емкость 19/2	LT192	Микроимпульсный уровень Levelflex FMP55					Общий уровень. Вывод показаний на SCADA, сигнал для PI-регулятора рег. клапана
10	Емкость 19/1	LT191	Микроимпульсный уровень Levelflex FMP55					Уровень раздела фаз. Вывод показаний на SCADA, цель управления насосами 20/3
11	Емкость 19/3	LS193	Датчик вибрационного типа Lqiphrant FTL50					Предельный уровень.Цель управления аварийной подвижкой ИС контакт
12	Емкость 19/2	LS192	Датчик вибрационного типа Lqiphrant FTL50					Предельный уровень.Цель управления аварийной подвижкой ИС контакт
13	Емкость 21/1	LT211	Уровень Mtsoripilot FMR51					Вывод показаний на SCADA. Цель управления насосами 21/1
14	Емкость 22/1	LT221	Уровень Mtsoripilot FMR51					Вывод показаний на SCADA. Цель управления насосами 22/1
15	Насос 20/3	RT201	Преобразователь давления WIKA E-10					Вывод показаний на SCADA, цель управления насосами 20/3
16	Насос 20/3	RT202	Преобразователь давления WIKA E-10					Вывод показаний на SCADA, цель управления насосами 20/3
17	Емкость 19/1	LS191	Датчик вибрационного типа Lqiphrant FTL50					Предельно низкий уровень, цель управления насосами 20/3
18	Насос 21/1	RT211	Преобразователь давления WIKA E-10					Вывод показаний на SCADA, цель управления насосами 21/1
19	Насос 21/1	RT212	Преобразователь давления WIKA E-10					Вывод показаний на SCADA, цель управления насосами 21/1
20	Насос 21/1	LS211	Датчик вибрационного типа Lqiphrant FTL50					Предельно низкий уровень, цель управления насосами 21/1
21	Насос 22/1	RT221	Преобразователь давления WIKA E-10					Вывод показаний на SCADA. Цель управления насосом 22/1
22	Насос 22/1	LS221	Датчик вибрационного типа Lqiphrant FTL50					Предельно низкий уровень, цель управления насосами 22/1
23	Емкость 19/1	ZE191a	19/1 запорный клапан					Индикация положения насосами 20/3
24	Емкость 19/1	ZE191b	19/1 запорный клапан					Индикация положения ЗАКР, цель управления насосами 20/3
25	Емкость 21/1	ZE211a	21/1 запорный клапан					Индикация положения ОТКР, цель управления насосами 21/1
26	Емкость 21/1	ZE211b	21/1 запорный клапан					Индикация положения ЗАКР, цель управления насосами 21/1
27	Емкость 22/1	ZE221a	22/1 запорный клапан					Индикация положения ОТКР, цель управления насосами 21/1
28	Емкость 22/1	ZE221b	22/1 запорный клапан					Индикация положения ЗАКР, цель управления насосами 21/1
29	Емкость 19/2	LCV192	19/2 регулирующий клапан					Управляющий сигнал
30	Емкость 19/2	LCV192	19/2 регулирующий клапан					Индикация положения %
31	Емкость 19/2	LSV192	19/2 аварийный клапан					Сигнал на открытие
32	Емкость 19/2	LSV192	19/2 аварийный клапан					Сигнал на закрытие
33	Емкость 19/2	LSV192	19/2 аварийный клапан					Индикация положения ОТКР в SCADA
34	Емкость 19/2	LSV192	19/2 аварийный клапан					Индикация положения ЗАКР в SCADA
35	Насос 20/3 "Основной"	15B20	Кнопка аварийного отключения					ИС, аварийный сигнал
36	Насос 20/3 "Основной"	15A20	Переключатель выбора режима - "местное"					
37	Насос 20/3 "Основной"	15A20	Переключатель выбора режима - "дистанционно"					
38	Насос 20/3 "Основной"	25B20	Кнопка "Пуск"					
39	Насос 20/3 "Основной"	35B20	Кнопка "Стоп"					
40	Насос 20/3 "Основной"	20/3	Сигнал на запуск насоса					
41	Насос 20/3 "Резервный"	45B20	Кнопка аварийного отключения					
42	Насос 20/3 "Резервный"	25A20	Переключатель выбора режима - "местное"					
43	Насос 20/3 "Резервный"	25A20	Переключатель выбора режима - "дистанционно"					
44	Насос 20/3 "Резервный"	55B20	Кнопка "Пуск"					
45	Насос 20/3 "Резервный"	65B20	Кнопка "Стоп"					
46	Насос 20/3 "Резервный"	20/3	Сигнал на запуск насоса					

№	Расположение	Позиция	Описание	Тип сигнала			
				DO	DI	AO AI	
47	Насос 21/1 "Основной"	1SB21	Кнопка аварийного отключения		•		Примечание НС, аварийный сигнал
48	Насос 21/1 "Основной"	1SA21	Переключатель выбора режима - "местное"		•		
49	Насос 21/1 "Основной"	1SA21	Переключатель выбора режима - "дистанционно"		•		
50	Насос 21/1 "Основной"	2SB21	Кнопка "Пуск"		•		
51	Насос 21/1 "Основной"	21/1	Сигнал на запуск насоса		•		
52	Насос 21/1 "Резервный"	4SB21	Кнопка аварийного отключения		•		НС, аварийный сигнал
53	Насос 21/1 "Резервный"	2SA21	Переключатель выбора режима - "местное"		•		
54	Насос 21/1 "Резервный"	2SA21	Переключатель выбора режима - "дистанционно"		•		
55	Насос 21/1 "Резервный"	5SB21	Кнопка "Пуск"		•		
56	Насос 21/1 "Резервный"	6SB21	Кнопка "Стоп"		•		
57	Насос 21/1 "Резервный"	21/1	Сигнал на запуск насоса		•		
58	Насос емкость 22/1	1SB22	Кнопка аварийного отключения		•		НС, аварийный сигнал
59	Насос емкость 22/1	22/1	Сигнал на запуск насоса		•		
60	Щитовое помещение	QF1	Автомат защиты двигателя 20/3 "Основной"		•		NO, сигнал в цепи управления, насосами 20/3, вывод сигнала на SCADA
61	Щитовое помещение	QF2	Автомат защиты двигателя 20/3 "Резервный"		•		NO, сигнал в цепи управления, насосами 20/3, вывод сигнала на SCADA
62	Щитовое помещение	QF3	Автомат защиты двигателя 21/1 "Основной"		•		NO, сигнал в цепи управления, насосами 21/1, вывод сигнала на SCADA
63	Щитовое помещение	QF4	Автомат защиты двигателя 21/1 "Резервный"		•		NO, сигнал в цепи управления, насосами 21/1, вывод сигнала на SCADA
64	Щитовое помещение	QF5	Автомат защиты двигателя 22/1 "Основной"		•		NO, сигнал в цепи управления, насосами 22/1, вывод сигнала на SCADA
65	Щит автоматики	QF6	Автомат защиты Двигателя "рег. клапан"		•		NO, вывод сигнал на SCADA
66	Щит автоматики	QF7	Автомат защиты "авар. клапан"		•		NO, вывод сигнал на SCADA