



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
INSENERITEADUSKOND
Virumaa kolledž

**TIA Portal platvormil veetaseme juhtimissüsteemi
katlates loomine**

**The boiler water level control system design based on TIA Portal
platform**

TOOTMISE AUTOMATISEERIMINE ÕPPEKAVA LÕPUTÖÖ

Üliõpilane: Armand Astashkin

Üliõpilaskood: 166140RDDR

Juhendaja: Olga Ruban



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
INSENERITEADUSKOND
Virumaa kolledž

**Создание системы управления уровнем воды в
бойлерах в среде TIA Portal**

TOOTMISE AUTOMATISEERIMINE ÕPPEKAVA LÕPUTÖÖ

Üliõpilane: Armand Astashkin

Üliõpilaskood: 166140RDDR

Juhendaja: Olga Ruban

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.

"...." 20.....

Autor:

/ allkiri /

Töö vastab rakenduskõrgharidusõppe lõputööle/magistritööle esitatud nõuetele

"...." 20.....

Juhendaja:

/ allkiri /

Kaitsmisele lubatud

"...." 20.....

Kaitsmiskomisjoni esimees

/ nimi ja allkiri /

LIHTLITSENTS LÕPUTÖÖ ÜLDSUSELE KÄTTESAADAVAKS TEGEMISEKS JA REPRODUTSEERIMISEKS

Mina Armand Astashkin (sünnikuupäev: 03.08.1995)

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose TIA Portal platvormil veetaseme juhtimissüsteemi katlates loomine, mille juhendaja on Olga Ruban,

1.1. reprodutseerimiseks säilitamise ja elektroonilise avaldamise eesmärgil, sealhulgas 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 punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.

3. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta kolmandate isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest ja teistest õigusaktidest tulenevaid õigusi.

TalTech Inseneriteaduskond Virumaa kolledž

LÕPUTÖÖ ÜLESANNE

Üliõpilane: Armand Astashkin, 166140RDDR

Õppekava, peeriala: RDDR08/14, Tootmise autimatiseerimine

Juhendaja(d): Olga Ruban, olga.ruban@taltech.ee

Konsultant:

Lõputöö teema:

(eesti keeles) TIA Portal platvormil veetaseme juhtimissüsteemi katlates loomine

(inglise keeles) The boiler water level control system design based on TIA Portal platform

Lõputöö põhieesmärgid:

varustuse konfigureerimine;

programmi koostamine, mis sisaldab veetaseme reguleerimist, hoiatus- ja häiresüsteemi;

süsteemi visualiseerimine, sündmuste graafikute vaatamise ja süsteemi seadistamise abil

Lõputöö etapid ja ajakava:

Nr	Ülesande kirjeldus	Tähtaeg
1.	Varustuse konfigureerimine	11.06.2019 12.06.2019
2.	Programmi koostamine	13.06.2019 21.06.2019
3.	Visualiseerimine	25.06.2019 09.07.2019
4.	Muudatused ja parandused	17.07.2019 19.07.2019

Töö keel: Vene keel **Lõputöö esitamise tähtaeg:** "....." 20.....a

Üliõpilane: Armand Astashkin "....." 20.....a
/allkiri/

Juhendaja: Olga Ruban "....." 20.....a
/allkiri/

Konsultant: "....." 20.....a
/allkiri/

Programmijuht: Sergei Pavlov "....." 20.....a
/allkiri/

СОДЕРЖАНИЕ

Содержание	7
ТЕРМИНЫ и СОКРАЩЕНИЯ.....	9
ПРЕДИСЛОВИЕ.....	10
ВВЕДЕНИЕ	11
1. ОБОРУДОВАНИЕ	12
1.1 PLC и модули расширения	12
1.2 Панель HMI	13
1.3 Программная часть	14
2. ПРОГРАММИРОВАНИЕ	15
2.1 Преобразование входных/выходных сигналов	15
2.1.1 Преобразование сигнала датчика и масштабирование уровня воды	15
2.1.2 Преобразование сигнала датчика и масштабирование потока конденсата	16
2.1.3 Чтение значения частотного преобразователя	17
2.1.4 Преобразование воздействующего сигнала на частотный преобразователь...17	
2.2 Гистерезис.....	18
2.3 Контроллер импульсов и PID - контроллер.....	19
2.3.1 Функция «Percent diff count»	19
2.3.2 Функция «Pause_Impulse scaling»	20
2.3.3 Функция «impulse_pause».....	21
2.3.4 Функциональный блок «controller and freq».....	22
2.4 Предупреждения и сигнализации.....	33
2.4.1 Функциональный блок «Timers».....	33
2.4.2 Высокие предупредительные и высокие аварийные сигналы	35
2.4.3 Срабатывание сигнализации после предупреждения	37
2.4.4 Меркеры для фиксирования предупреждений и сигнализаций в SCADA.....	38
2.5 Командные слова.....	39
2.5.1 Отправка командных слов	39
2.5.2 Чтение командных слов.....	40
2.6 Сбой питания второго контроллера	41
2.7 Main [OB1]	41
3. ВИЗУАЛИЗАЦИЯ	42
3.1 Основные экраны.....	42
3.2 Экраны настроек.....	45

3.2.1	Работа с битами в предупреждениях и сигнализациях	46
-------	---	----

ТЕРМИНЫ И СОКРАЩЕНИЯ

Квитирование – подтверждение ошибки

АЦП - аналого-цифровой преобразователь

ЦАП – цифро-аналоговый преобразователь

ОБ – обычный бойлер

ПБ – пиковый бойлер

ТЭЦ - теплоэлектростанция

ТЗ - техническое задание

PLC - programmable logic controller (ПЛК)

CPU - central processing unit, процессор

AI – analog input, аналоговый вход

HMI - human-machine interface (ЧМИ)

FC – function, функция

FB – functional block, функциональный блок

OB1 – organization block, организационный блок

SCADA - supervisory control and data acquisition, диспетчерское управление и сбор данных

L – низкий уровень

LL – аварийно-низкий уровень

H – высокий уровень

HH – аварийно-высокий уровень

SP – setpoint, уставка

PV - process variable, переменная процесса

ПРЕДИСЛОВИЕ

На многих производствах до сих пор эксплуатируются старые, полностью аналоговые системы автоматического управления. Такой внушительный срок эксплуатации обещает учащение случаев поломок элементов и выхода системы из строя, что чревато остановкой линий, убытками и даже причинением вреда здоровью сотрудников.

В качестве основной задачи на предприятии Viru RMT OÜ было поручено перенести управление уровнем воды в бойлерах на ТЭЦ с аналоговых щитов автоматического управления на современную цифровую систему. Такое решение позволяет сэкономить место на объекте, время на диагностику и починку в случае неисправности.

Решение также предусматривает возможность дальнейшей модернизации системы без монтажа.

ВВЕДЕНИЕ

ТЭЦ – это вид тепловой электростанции, которая производит как электроэнергию, так и является источником тепловой энергии. Основным органом ТЭЦ является паровой котел.

Паровой котел – устройство для генерации пара, давление которого значительно превышает атмосферное [8].

Процесс превращения воды в пар довольно прост: нужно просто нагреть воду до температуры кипения. Однако, в промышленном паровом котле требуется приготовление пара непрерывно в течение долгого времени, что намного сложнее.

Важным параметром, который необходимо измерять и контролировать во время всего процесса – уровень воды в бойлере (паровой барабан). Чтобы безопасно и эффективно производить непрерывный поток пара, необходимо гарантировать, что в бойлере уровень воды никогда не будет критически низким или высоким. При слишком низком уровне воды система может сгореть, потому что нечему передавать тепловую энергию, а при слишком высоком уровне, жидкая вода может попасть в уже паровой канал [7].

Согласно ТЗ, проект должен включать в себя регулирование уровня воды в двух группах бойлеров двумя исполнительными механизмами: регулирующим клапан и частотный преобразователь; иметь различные и настраиваемые системы предупреждений, сигнализаций и наборы действий в аварийных ситуациях. Должна быть реализована возможность мониторинга и управления процессом удаленно.

Система также должна иметь графический интерфейс для визуализации процесса с возможностью просмотра графиков, журнала сигнализаций, настройками и возможностью быстрого квитирования ошибки.

Поскольку итоговый проект содержит управление уровнем воды двух похожих групп бойлеров, в работе будет рассматриваться группа, содержащая большее количество функций.

1. ОБОРУДОВАНИЕ

1.1 PLC и модули расширения

Поскольку проект создавался «с нуля», выбор оборудования обуславливался только удобством и наличием всех необходимых функций.

В качестве программируемого логического контроллера был использован SIMATIC S7-1200 CPU 1215C DC/DC/DC [3] с модулем расширения SIMATIC SM 1231 AI8 [5]. (Рис 1)

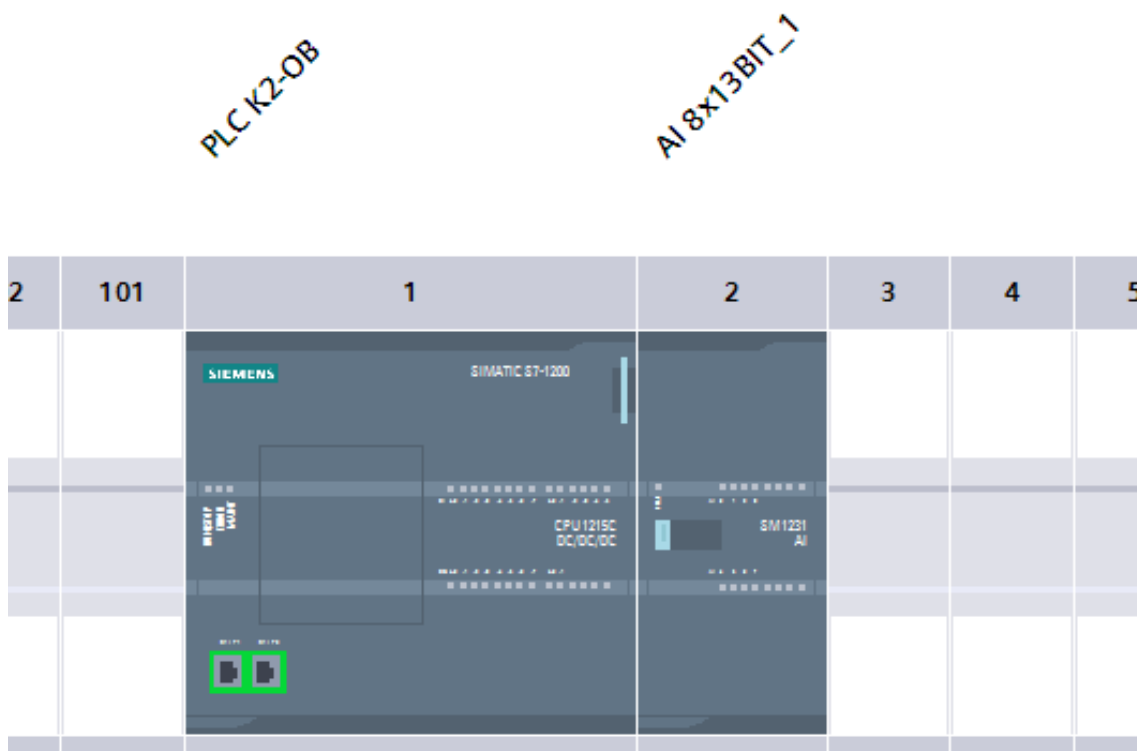


Рис 1. Конфигурация устройств

1.2 Панель HMI

В качестве панели оператора была использована панель SIMATIC HMI KTP700 Basic (7" TFT display, 800 x 480 pixel, 64K colors; Key and Touch operation, 8 function keys; 1 x PROFINET, 1 x USB) [4]. (Рис 2)

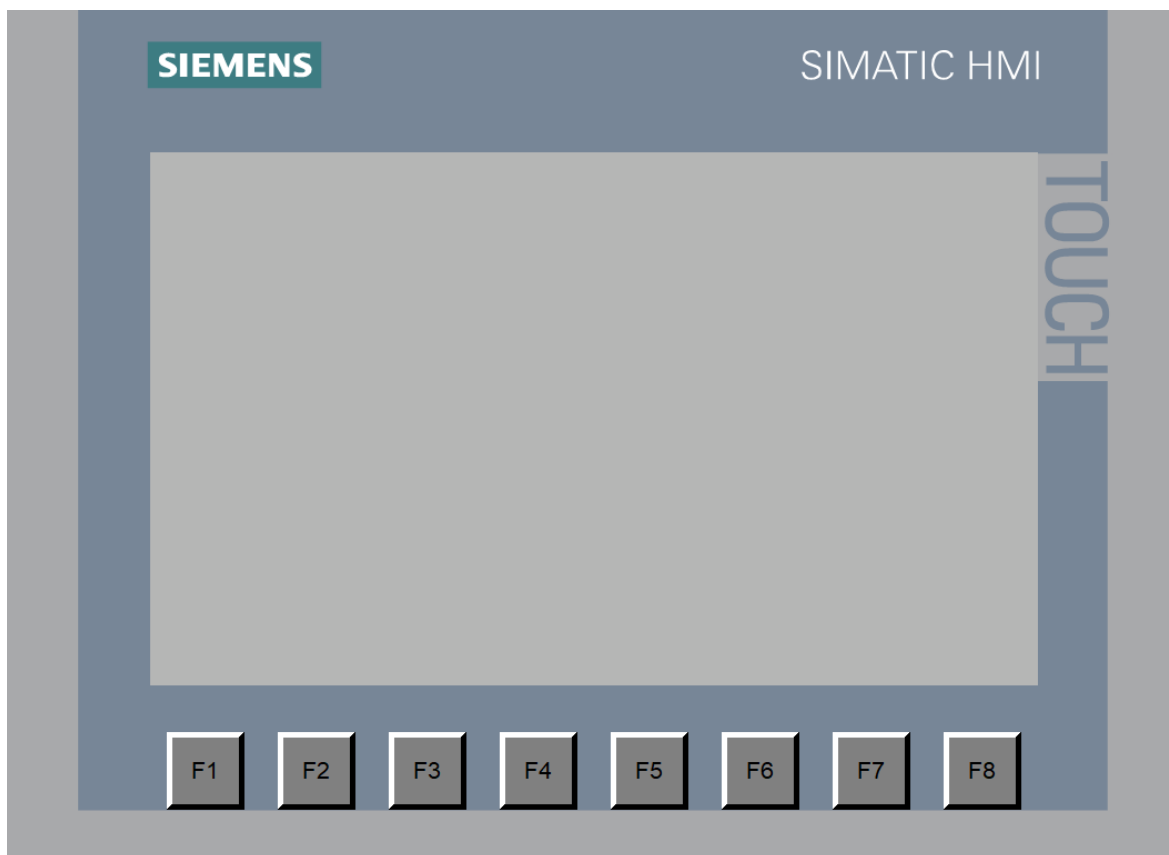


Рис 2. Панель SIMATIC HMI KTP700 Basic [4]

Выбор панели обуславливался хорошей видимостью графики и наличием физических кнопок.

1.3 Программная часть

Весь проект был создан в среде разработки TIA Portal V14 SP1 (STEP 7 Professional & WinCC Professional). [1][2] (Рис 3)

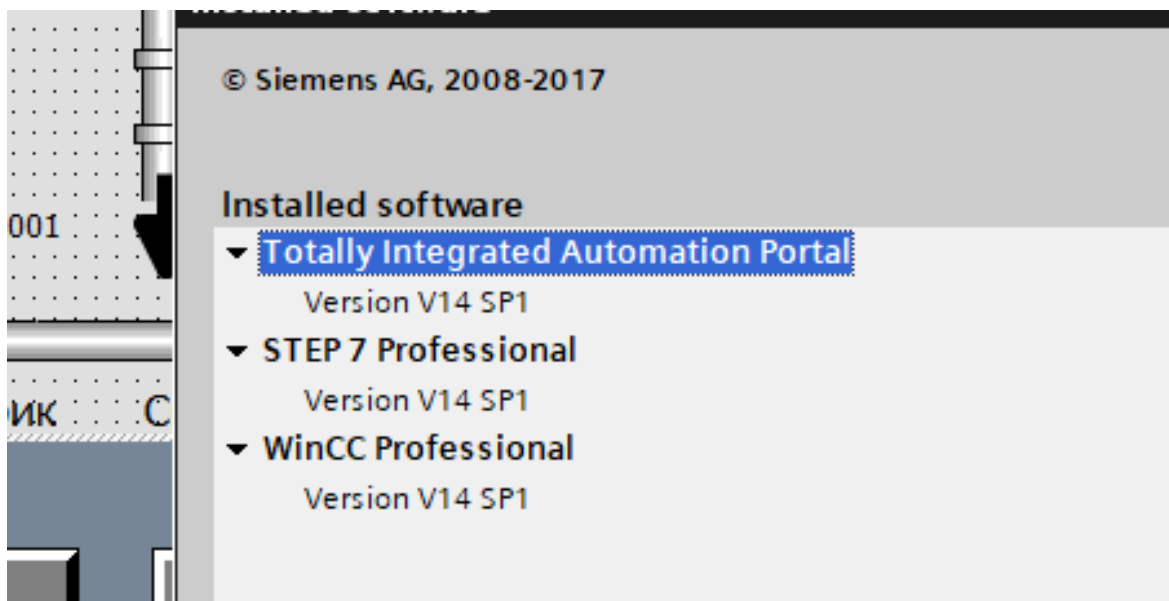


Рис 3. Используемые программы

2. ПРОГРАММИРОВАНИЕ

2.1 Преобразование входных/выходных сигналов

Контроллер – устройство полностью цифровое, а датчики аналоговых значений, соответственно, аналоговые. Чтобы начать работу с аналоговыми значениями, необходимо преобразовывать сигналы с датчиков в цифровой вид.

2.1.1 Преобразование сигнала датчика и масштабирование уровня воды

Хоть используемые датчики дают на выходе 4-20mA [5], было предложено настроить преобразователь на диапазон 0-20mA, чтобы находить обрыв цепи или неисправность датчика.

Уровень воды высчитывается следующим образом:

Уровень = (макс. уровень – мин. уровень) / 27648 * выход с датчика + мин. уровень

Далее идет проверка, находится ли уровень сигнала в допустимых пределах. При отрицательном ответе отправляется ошибка.

Преобразование и работа с сигналами выполнялись в виде функций на языке SCL. [6]

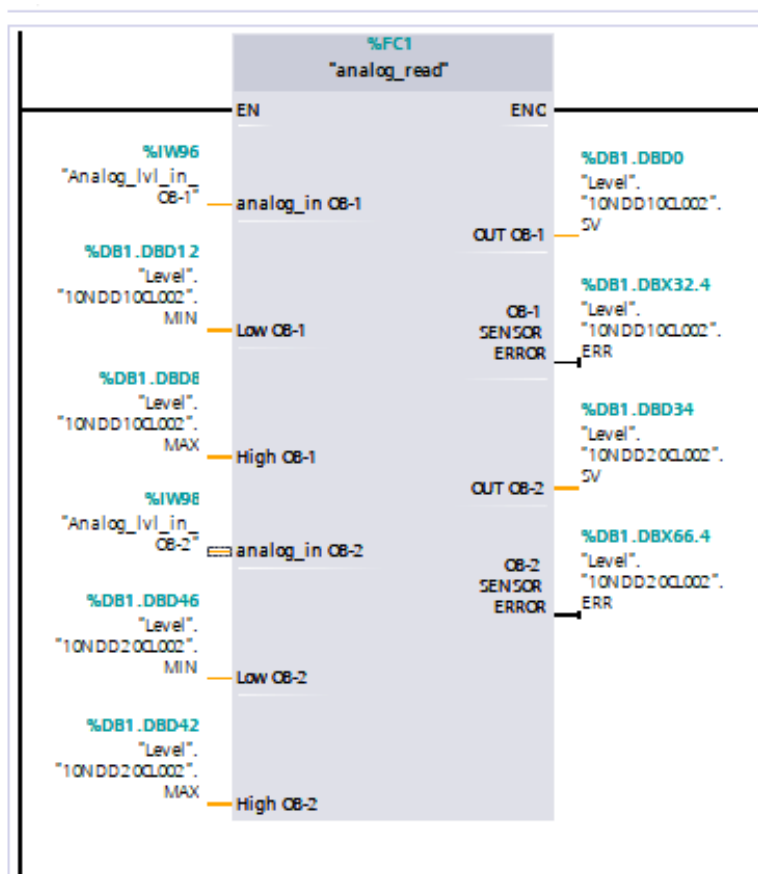


Рис 4. Блок функции «analog_read»

Функция «analog read» служит для масштабирования сигнала с датчиков и преобразования их в значение уровня. В левой части блока находятся входы для датчиков и пределов уровня бойлера, а в правой преобразованные данные об уровне и выходы для ошибок. (Рис 4, 5)

```

1  # "OUT OB-1" := (# "High OB-1" - # "Low OB-1") / 22118 * INT_TO_REAL(WORD_TO_INT(# "analog_in OB-1"-5530)) + # "Low OB-1";
2
3  IF (INT_TO_REAL(WORD_TO_INT(# "analog_in OB-1")) < 5200 OR INT_TO_REAL(WORD_TO_INT(# "analog_in OB-1")) > 30000)
4  THEN
5      # "OB-1 SENSOR ERROR" := TRUE;
6  ELSE
7      # "OB-1 SENSOR ERROR" := FALSE;
8  END_IF;
9
10 # "OUT OB-2" := (# "High OB-2" - # "Low OB-2") / 22118 * INT_TO_REAL(WORD_TO_INT(# "analog_in OB-2"-5530)) + # "Low OB-2";
11
12 IF (INT_TO_REAL(WORD_TO_INT(# "analog_in OB-2")) < 5200 OR INT_TO_REAL(WORD_TO_INT(# "analog_in OB-2")) > 30000)
13 THEN
14     # "OB-2 SENSOR ERROR" := TRUE;
15 ELSE
16     # "OB-2 SENSOR ERROR" := FALSE;
17 END_IF;
18
19 |

```

Рис 5. Код функции «analog_read» [6]

2.1.2 Преобразование сигнала датчика и масштабирование потока конденсата

Блок преобразования сигнала датчика для потока конденсата. В левой части расположены вход для информации с датчиков и порогов, в правой – преобразованные данные и сигнал об ошибке. (Рис 6, 7)

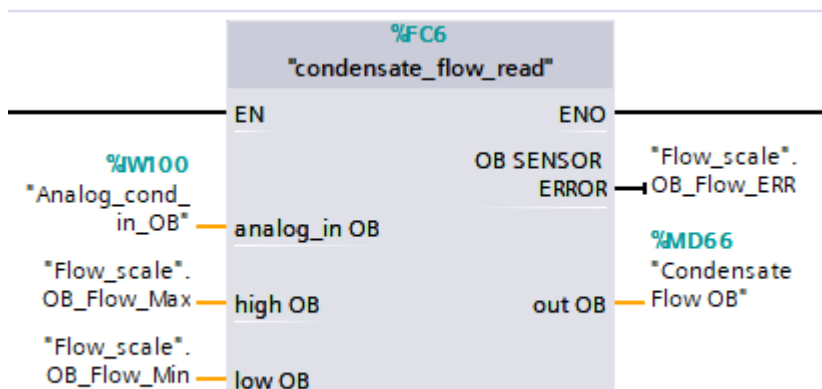


Рис 6. Блок функции «condensate_flow_read»

```

1  # "out OB" := (# "high OB" - # "low OB") / 22118 * INT_TO_REAL(WORD_TO_INT(# "analog_in OB")) + # "low OB";
2
3  IF INT_TO_REAL(WORD_TO_INT(# "analog_in OB")) < 5200 THEN
4      # "OB SENSOR ERROR" := TRUE;
5  ELSE
6      # "OB SENSOR ERROR" := FALSE;
7  END_IF;
8
9  IF INT_TO_REAL(WORD_TO_INT(# "analog_in OB")) > 30000 THEN
10     # "OB SENSOR ERROR" := TRUE;
11 ELSE
12     # "OB SENSOR ERROR" := FALSE;
13 END_IF;

```

Рис 7. Код функции «condensate_flow_read» [6]

2.1.3 Чтение значения частотного преобразователя

Блок для чтения сигнала о работе частотного преобразователя. В левой части – вход для непосредственного сигнала и пороги, в правой – работа частотного преобразователя в процентах. (Рис 8, 9)

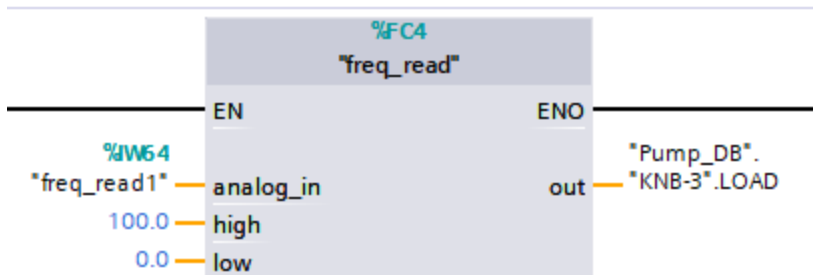


Рис 8. Блок функции «freq_read»

```
1 #out := (#high - #low) / 27648 * INT_TO_REAL(WORD_TO_INT("#analog_in")) + #low;  
2 |
```

Рис 9. Код функции «freq_read»

2.1.4 Преобразование воздействующего сигнала на частотный преобразователь

До этого использовался только АЦП, теперь, наоборот – ЦАП.

В левой части блока расположены входы для воздействующего сигнала, пороги для работы ЧП (в процентах) и пороги для преобразования сигнала в 16-значный вид. Справа выход 16-значного сигнала. (Рис 10, 11)

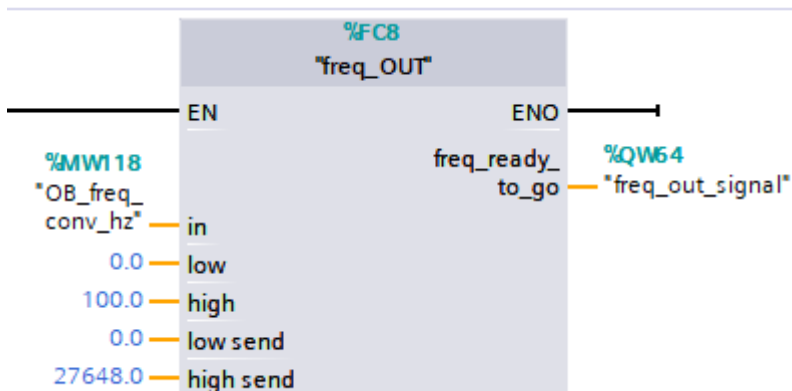


Рис 10. Блок функции «freq_OUT»

```
1 #freq_ready_to_go := INT_TO_WORD(((#in - #low) / (#high - #low) * (#"high send" - #"low send") + #"low send");  
2 |
```

Рис 11. Код функции «freq_OUT»

2.2 Гистерезис

Чтобы система не пыталась убрать малейшее отклонение от SP, была сделана функция «мертвой точки» - настраиваемая область около уставного значения, в котором не будет производиться регуляция уровня воды. (Рис 12)

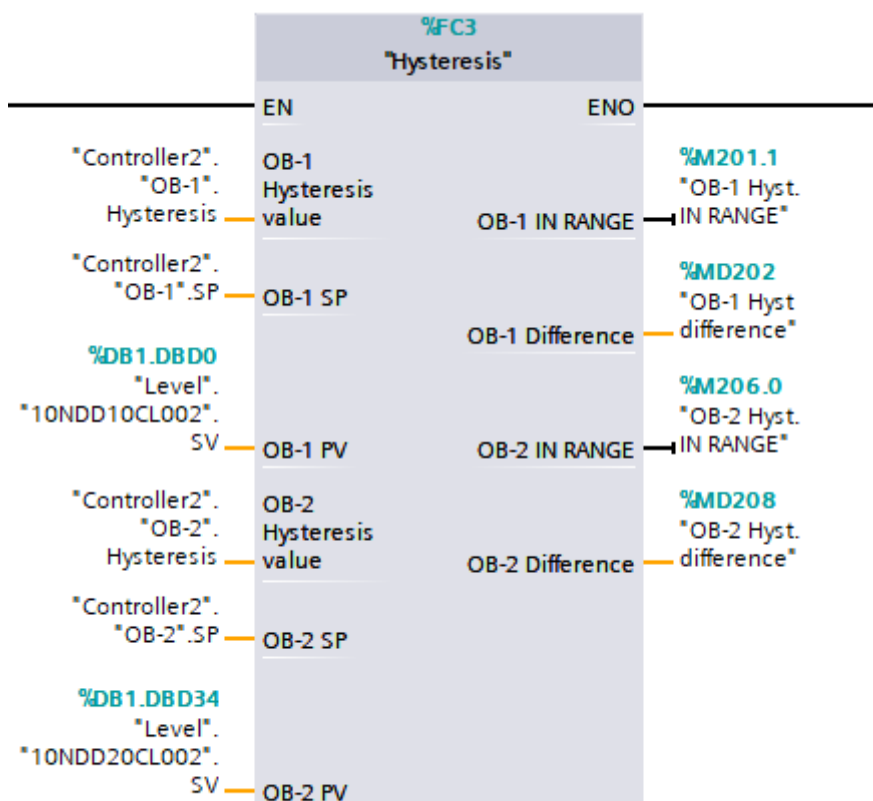


Рис 12. Блок функции «Hysteresis»

В левой части – значение гистерезиса (допустимое отклонение), SP, PV. В правой – выход для бинарного сигнала о том, что отклонение в норме и сама величина отклонения. (Рис. 13)

```

1 # "OB-1 Difference" := # "OB-1 SP" - # "OB-1 PV";
2
3 IF # "OB-1 Difference" < (# "OB-1 Hysteresis value" / 2) & # "OB-1 Difference" > (# "OB-1 Hysteresis value" / 2 * -1) THEN
4     # "OB-1 IN RANGE" := TRUE;
5     ;
6 END_IF;
7
8 # "OB-2 Difference" := # "OB-2 SP" - # "OB-2 PV";
9
10 IF # "OB-2 Difference" < (# "OB-2 Hysteresis value" / 2) & # "OB-2 Difference" > (# "OB-2 Hysteresis value" / 2 * -1) THEN
11     # "OB-2 IN RANGE" := TRUE;
12     ;
13 END_IF;

```

Рис 13. Код функции «Hysteresis»

2.3 Контроллер импульсов и PID - контроллер

Так как основной исполнительный механизм – регулирующий клапан без обратной связи по положению (только концевые переключатели), то был написан специальный импульсный генератор-регулятор.

Суть этого регулятора – генерировать импульсы воздействия на клапан. Длительность импульса настраивается и является статичной, а длительность пауз между импульсами высчитывается исходя из разности SP и PV.

2.3.1 Функция «Percent diff count»

Функция высчитывает процентную разницу PV от SP. Вспомогательная переменная "NO MINUS" помогает регулятору работать корректно при отрицательной разности (SP<PV). Далее процент инвертируется (вычитается от 100), чтобы, умножив на максимальную длину паузы между импульсами (которая указывается в настройках), получить регулирующее время паузы импульса. Высчитанная длина паузы преобразуется в формат time для дальнейшей его работы с таймером. (Рис 14, 15)

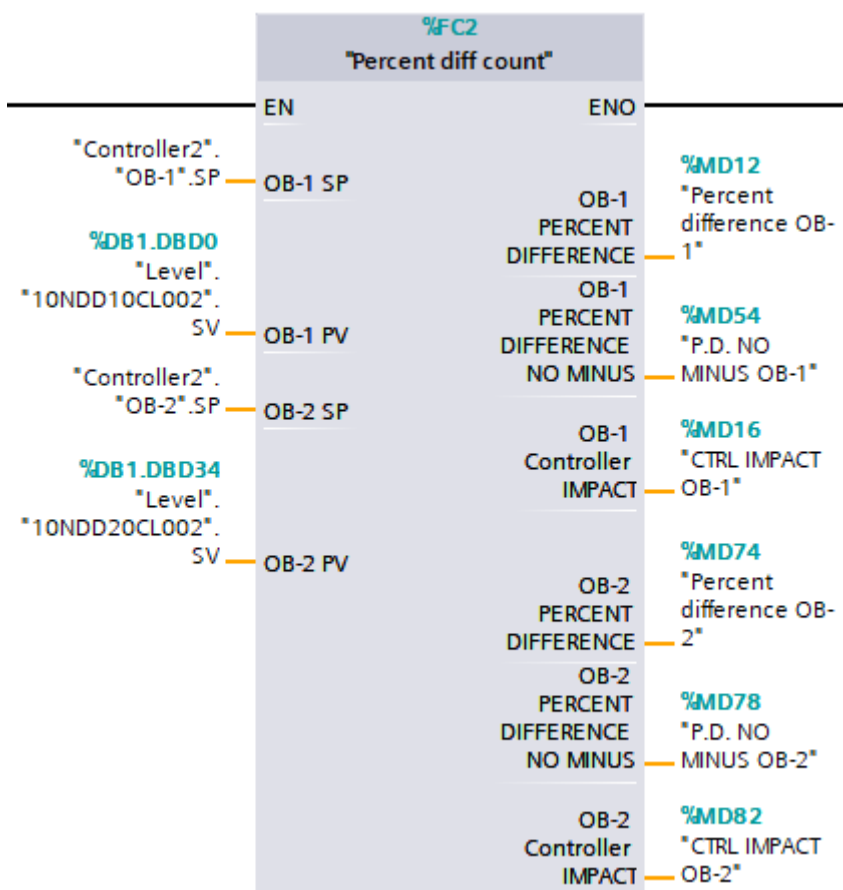


Рис 14. Блок функции «Percent diff count»

```

1  # "OB-1 PERCENT DIFFERENCE" := (((# "OB-1 SP" - # "OB-1 PV") / # "OB-1 SP") * 100);
2  IF # "OB-1 PERCENT DIFFERENCE" < 0 THEN
3      # "OB-1 PERCENT DIFFERENCE NO MINUS" := # "OB-1 PERCENT DIFFERENCE" * -1;
4      # "OB-1 Controller IMPACT" := 100 - # "OB-1 PERCENT DIFFERENCE NO MINUS";
5  ELSE
6      # "OB-1 Controller IMPACT" := 100 - # "OB-1 PERCENT DIFFERENCE";
7  END_IF;
8
9  IF # "OB-1 PERCENT DIFFERENCE" < -100 THEN
10     # "OB-1 Controller IMPACT" := 0;
11     ;
12 END_IF;
13
14
15 # "OB-2 PERCENT DIFFERENCE" := (((# "OB-2 SP" - # "OB-2 PV") / # "OB-2 SP") * 100);
16 IF # "OB-2 PERCENT DIFFERENCE" < 0 THEN
17     # "OB-2 PERCENT DIFFERENCE NO MINUS" := # "OB-2 PERCENT DIFFERENCE" * -1;
18     # "OB-2 Controller IMPACT" := 100 - # "OB-2 PERCENT DIFFERENCE NO MINUS";
19 ELSE
20     # "OB-2 Controller IMPACT" := 100 - # "OB-2 PERCENT DIFFERENCE";
21 END_IF;
22
23 IF # "OB-2 PERCENT DIFFERENCE" < -100 THEN
24     # "OB-2 Controller IMPACT" := 0;
25     ;
26 END_IF;

```

Рис 15. Код функции «Percent diff count»

2.3.2 Функция «Pause_Impulse scaling»

Функция высчитывает длительность паузы в зависимости от максимально возможной. (Рис 16, 17)

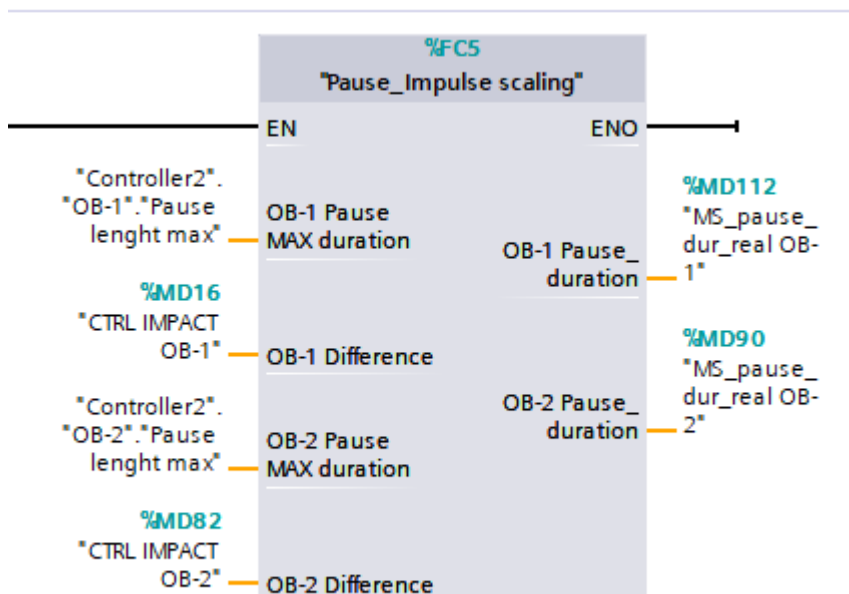


Рис 16. Блок функции «Pause_Impulse scaling»

```

1 # "OB-1 Pause_duration" := ((#"OB-1 Difference" / 100)) * #"OB-1 Pause MAX duration";
2 # "OB-2 Pause_duration" := ((#"OB-2 Difference" / 100)) * #"OB-2 Pause MAX duration";
3 |

```

Рис 17. Код функции «Pause_Impulse scaling»

2.3.3 Функция «impulse_pause»

В этой функции находятся таймеры для создания импульсов. Длительность импульсов указывается в левой части блока и настраивается с экрана оператора. (Рис 18, 19)

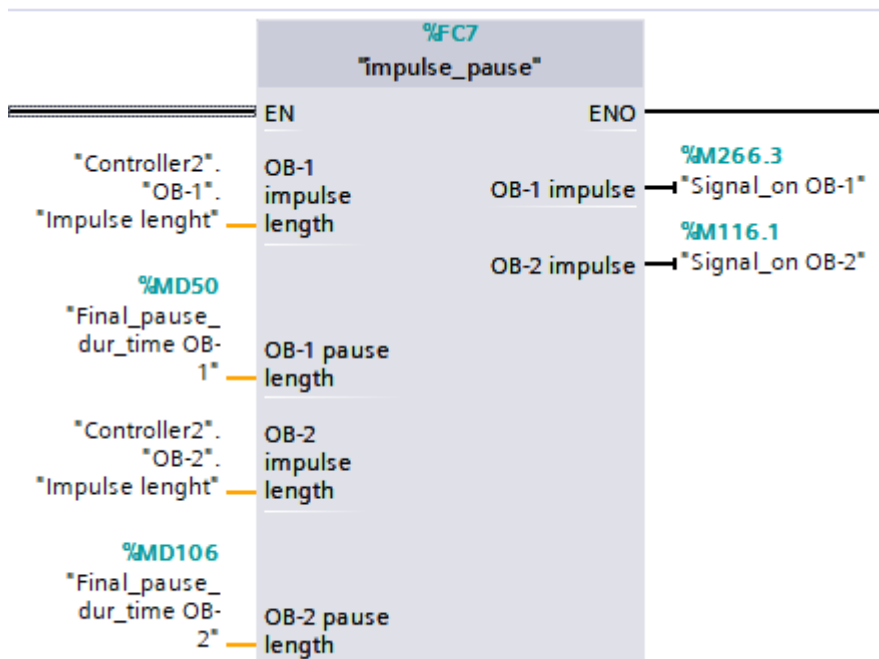
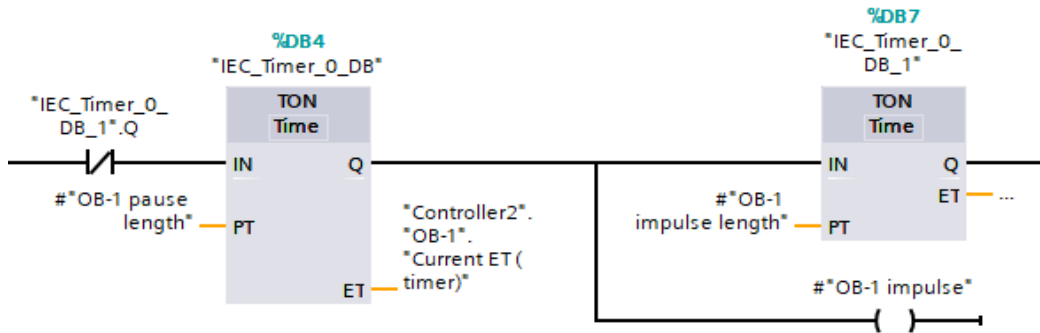


Рис 18. Блок функции «impulse_pause»



Network 2:

Comment

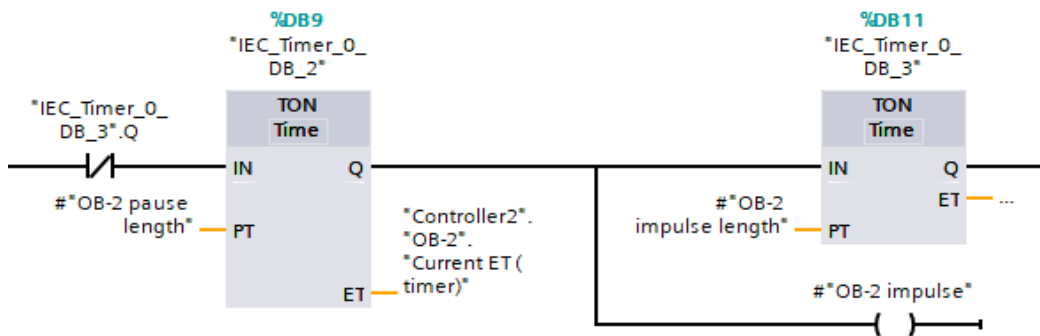


Рис 19. Содержимое функции «impulse_pause»

2.3.4 Функциональный блок «controller and freq»

Этот блок «суммирует» все функции, связанные с регулированием воды и является регулятором со всеми настройками.

2.3.4.1 Процентная разность PV и SP

Здесь находится процентная разность PV от SP, чтобы в дальнейшем высчитывать паузу между импульсами, и происходит преобразование в другой тип данных для дальнейшей работы. (Рис 20)

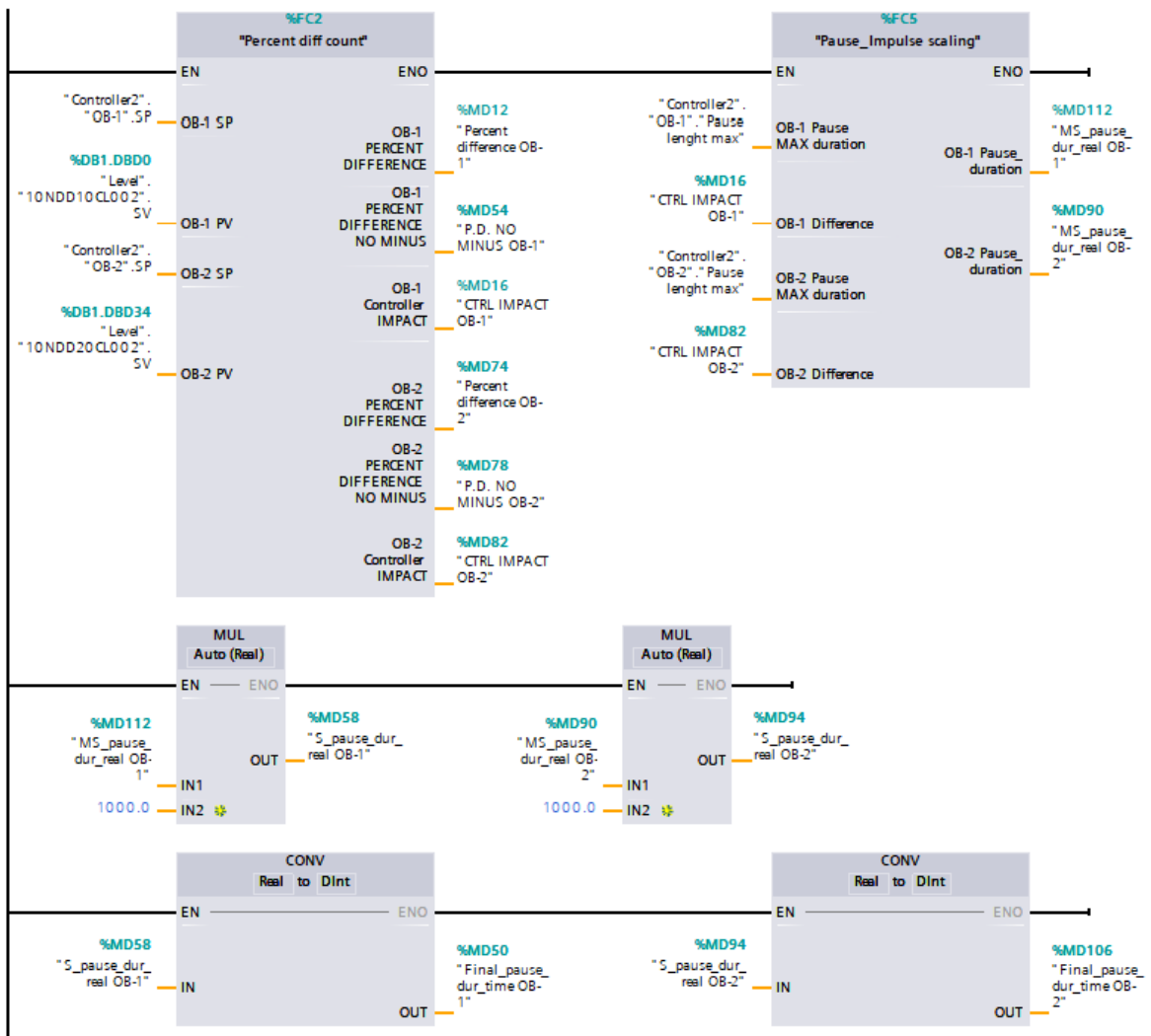


Рис 20. Функциональный блок «controller and freq»

2.3.4.2 PID – регулятор

Когда PID – регулятор не нужен, в качестве SP ставится PV, тогда регулятор бездействует. (Рис 21, 22) [9]

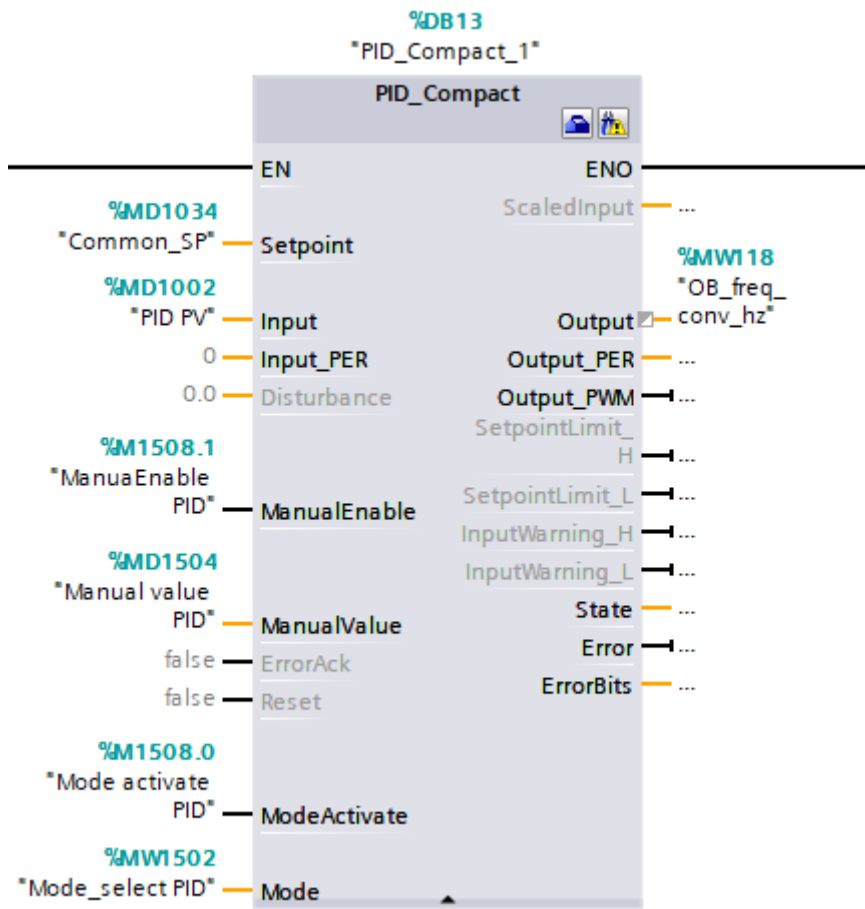


Рис 21. Блок PID - регулятора

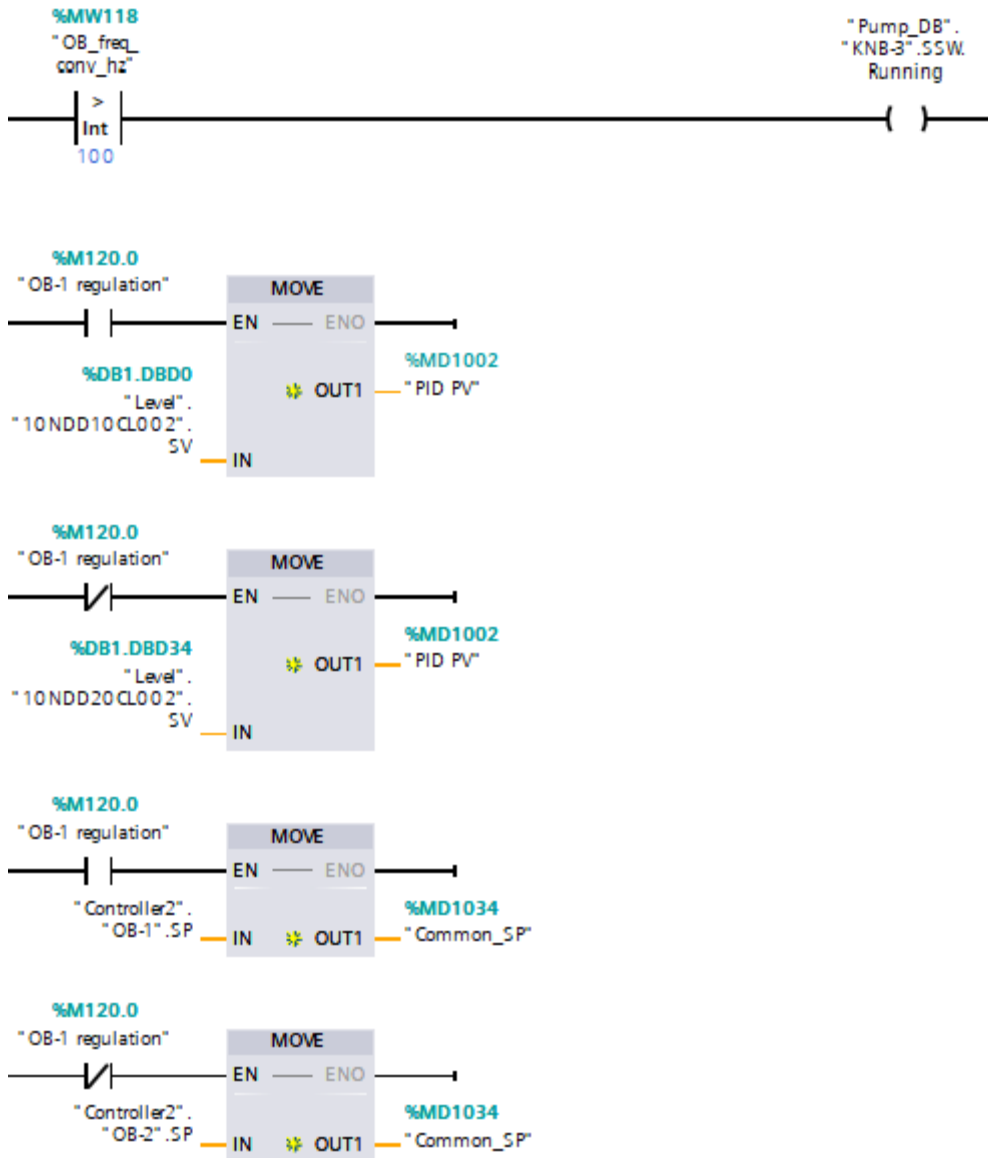


Рис 22. Дополнение к PID – регулятору

2.3.4.3 Переключение режимов «регулирование клапаном» и «регулирование насосом»

Выбор автоматического режима для обоих бойлеров одновременно невозможен. При включении автоматического режима у насоса, клапан открывается полностью до срабатывания концевого переключателя; при включении автоматического режима у клапана, насос включается на 100%. (Рис 23, 24)

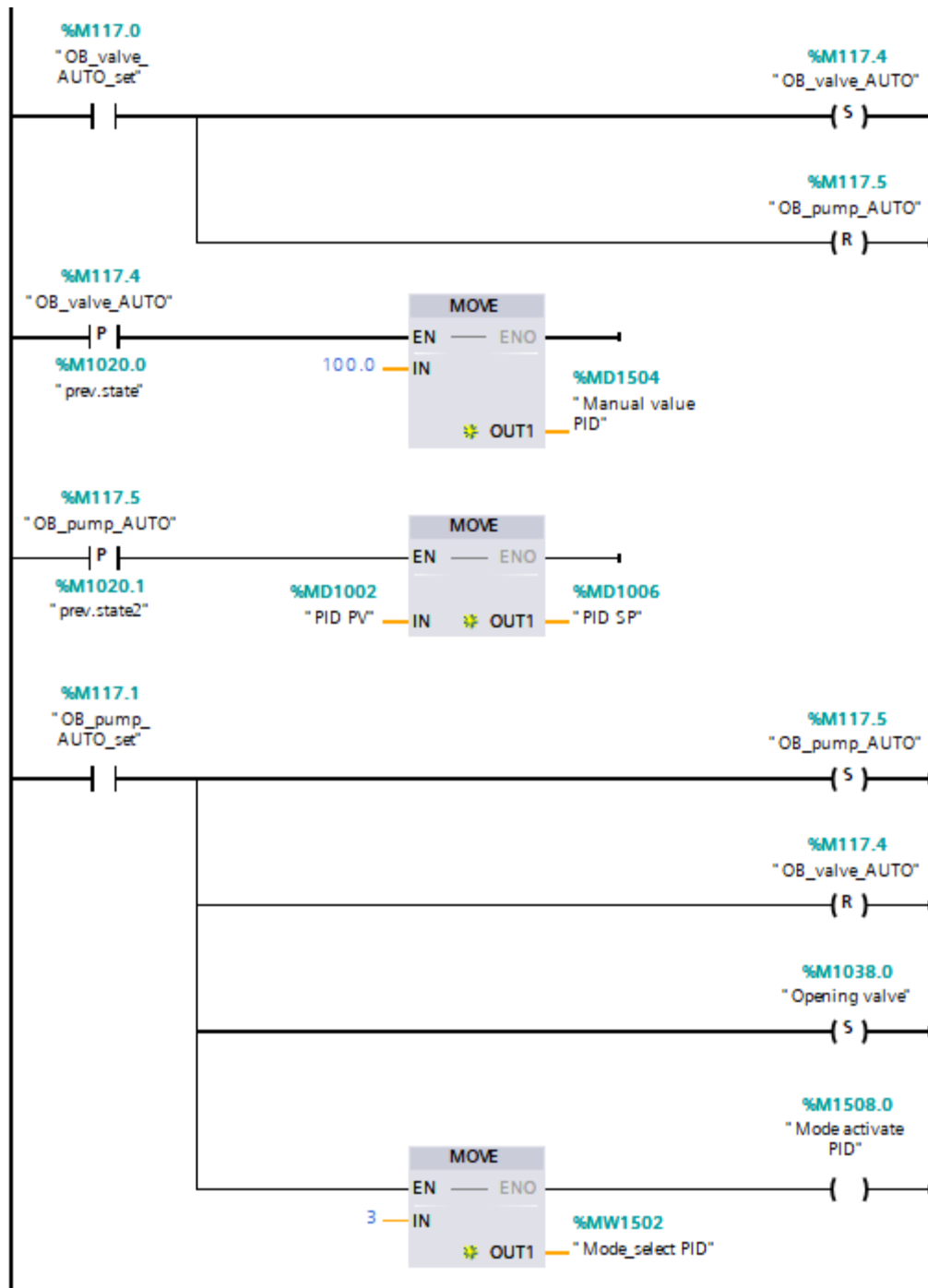


Рис 23. Переключение режимов клапана и насоса

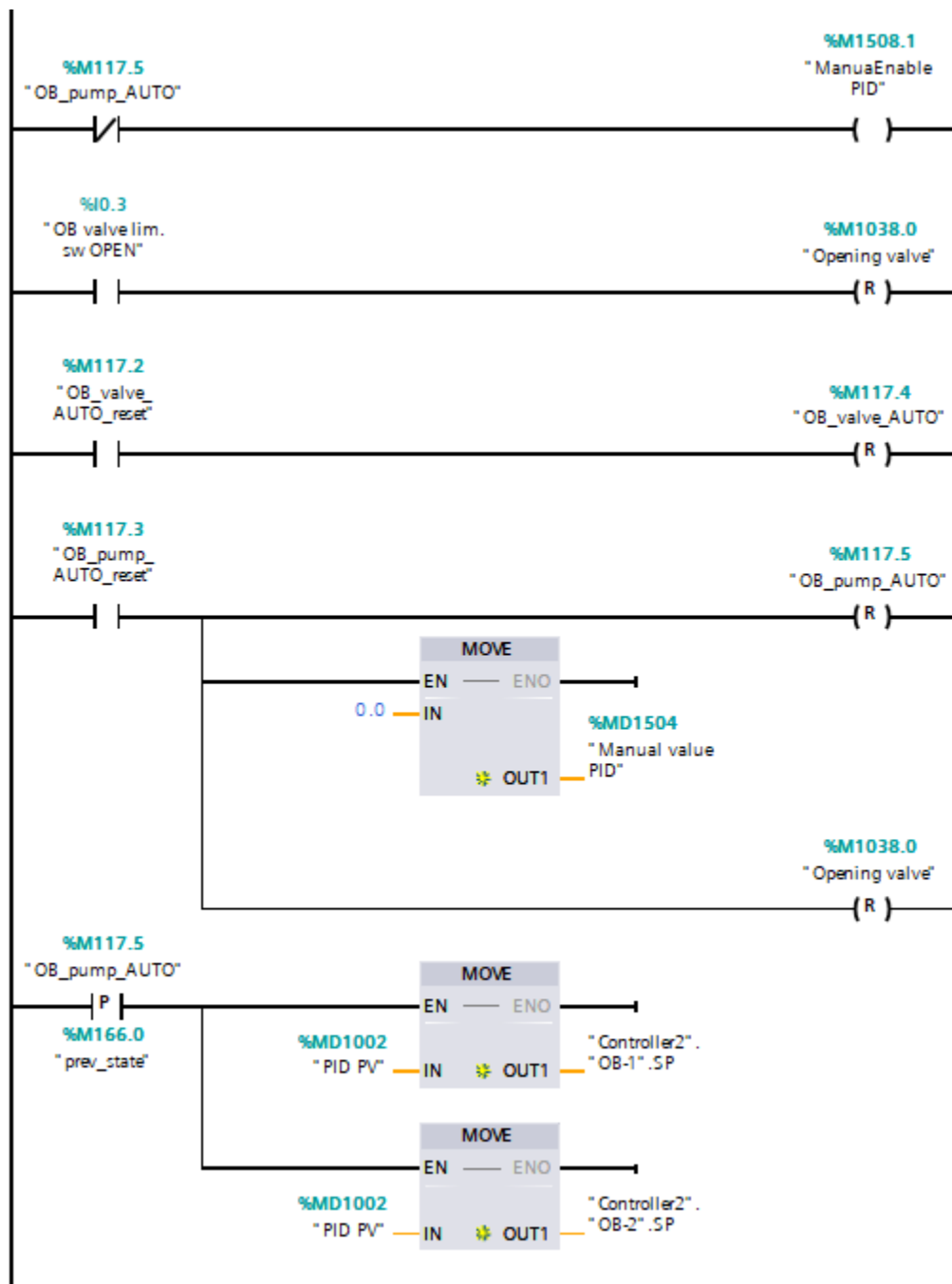


Рис 24. Переключение режимов клапана и насоса

2.3.4.4 Определение «знака» уровня воды относительно уставки SP

Специфика регулятора обязывает указывать, ниже или выше текущий уровень воды относительно SP. (Рис 25)

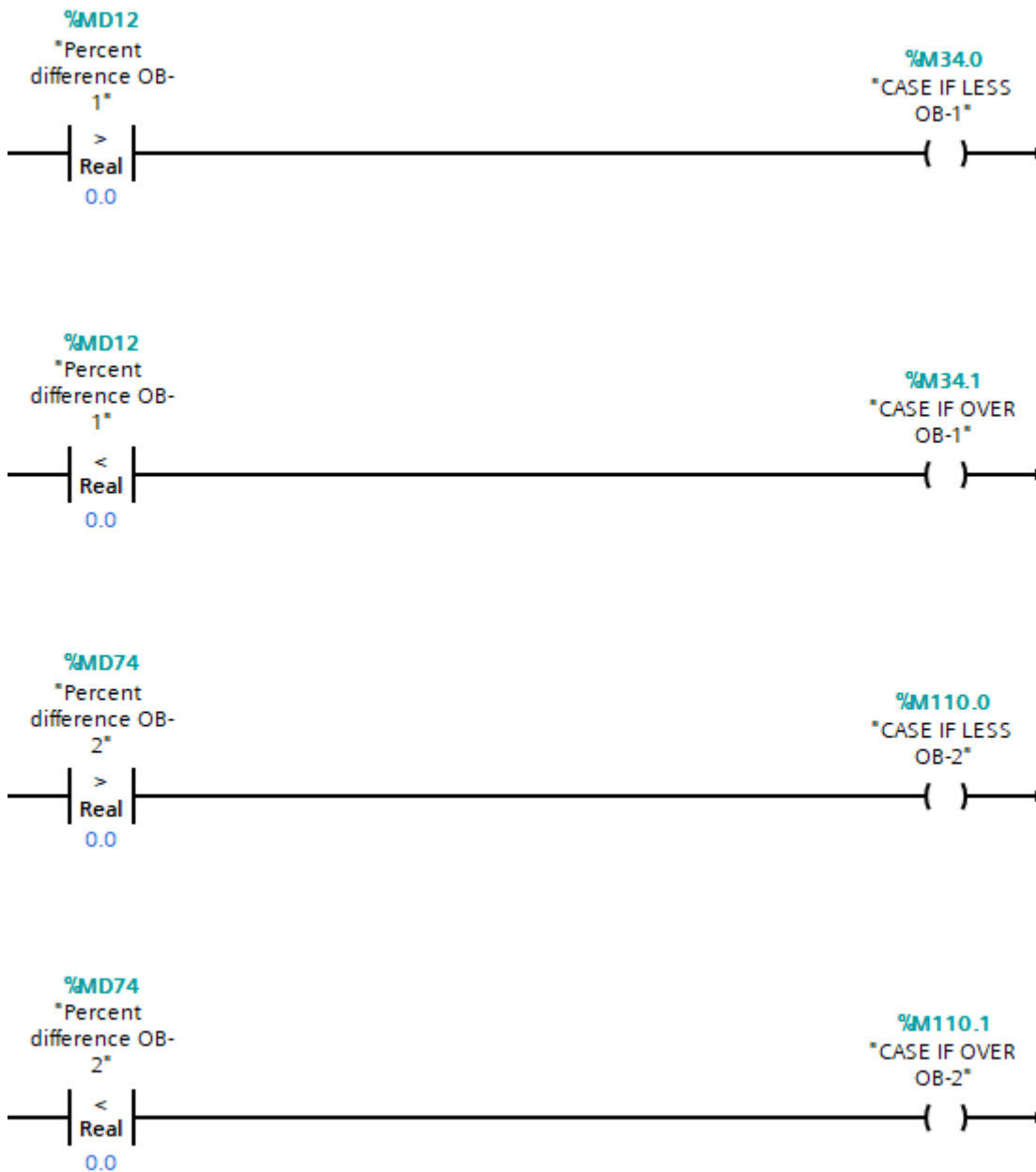


Рис 25. Определение «знака» уровня воды

2.3.4.5 Генератор импульсов

Поочередно срабатывают 2 (на каждый бойлер) таймера. На выходе появляется только импульс. (Рис 26)

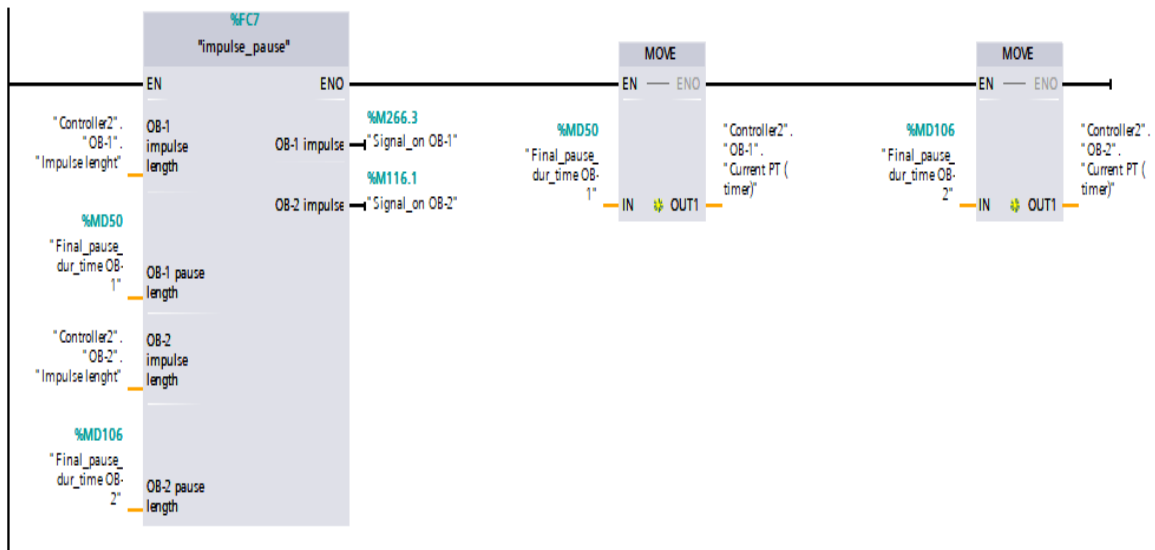


Рис 26. Генератор импульсов

2.3.4.6 Воздействие импульса на клапан в автоматическом режиме

Сигнал проходит ряд условий: включен ли автомат, режим ли клапана, в диапазоне гистерезиса ли PV, какой бойлер выбран, какой сигнал импульса, нужно приоткрыть или прикрыть клапан, не сработал ли концевой переключатель. (Рис 27)

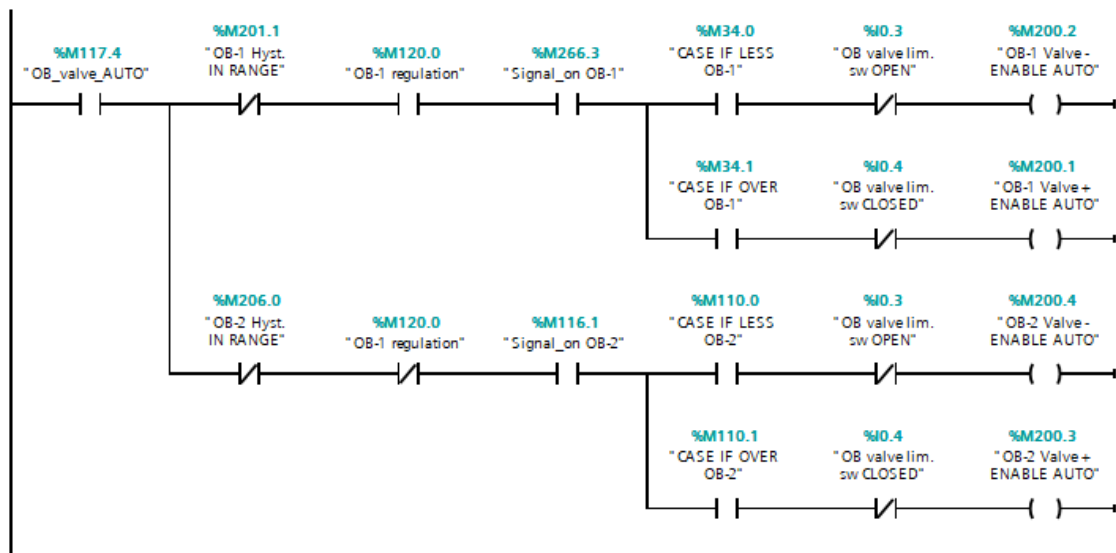


Рис 27. Автоматический режим клапана

2.3.4.7 Воздействие на клапан в ручном режиме

Добавилось условие, чтобы нельзя было подать сигнал на открытие и закрытие клапана одновременно. (Рис 28, 29)

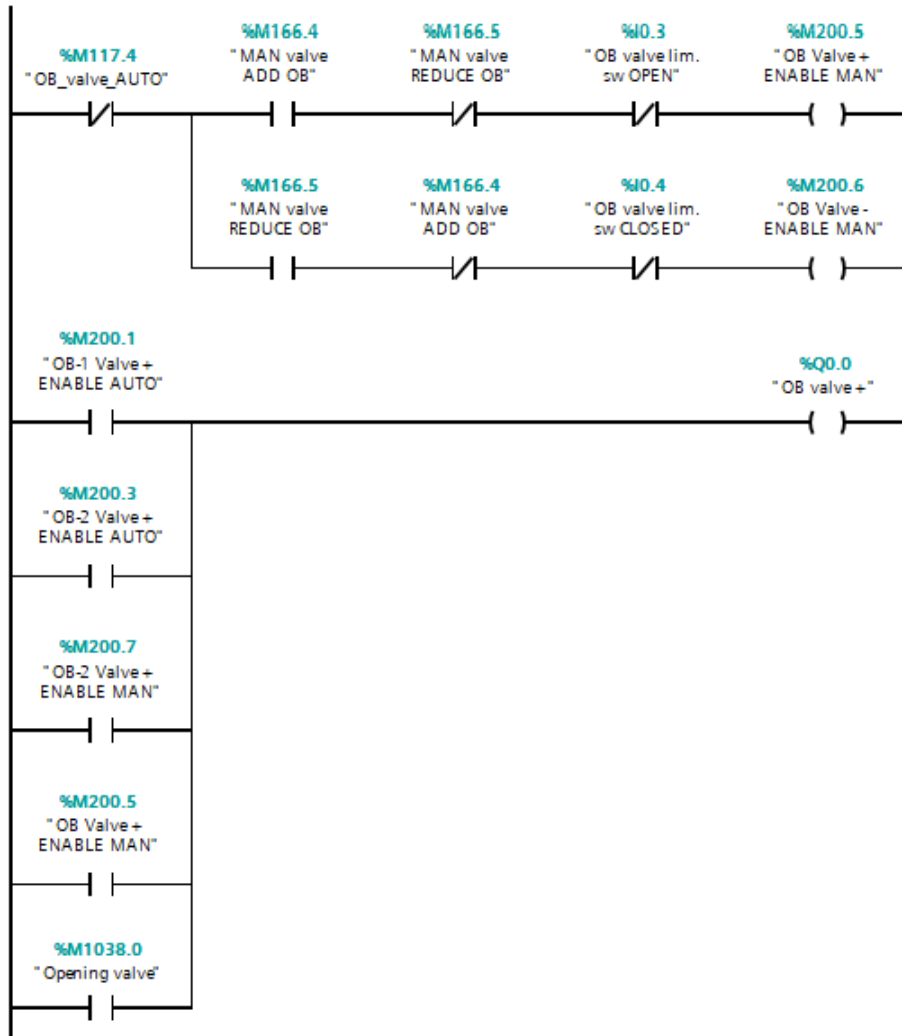


Рис 28. Клапан в ручном режиме

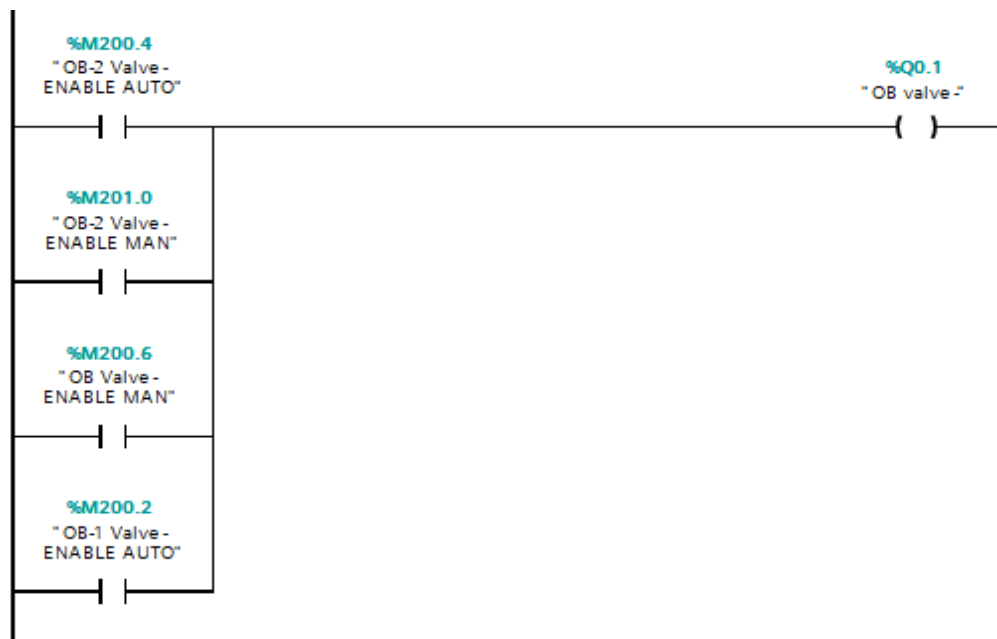


Рис 29. Клапан в ручном режиме

2.3.4.8 Аварийный слив

Аварийный слив сработает в случае, если:

- либо аналоговый датчик засек превышение ННАV уровня (высокий аварийный), либо уровень воды дошел до уровня дискретного датчика;
- не отключена защита от аварийного уровня воды;
- выбран именно этот тип защиты (от дискретного или аналогового датчика). (Рис 30)

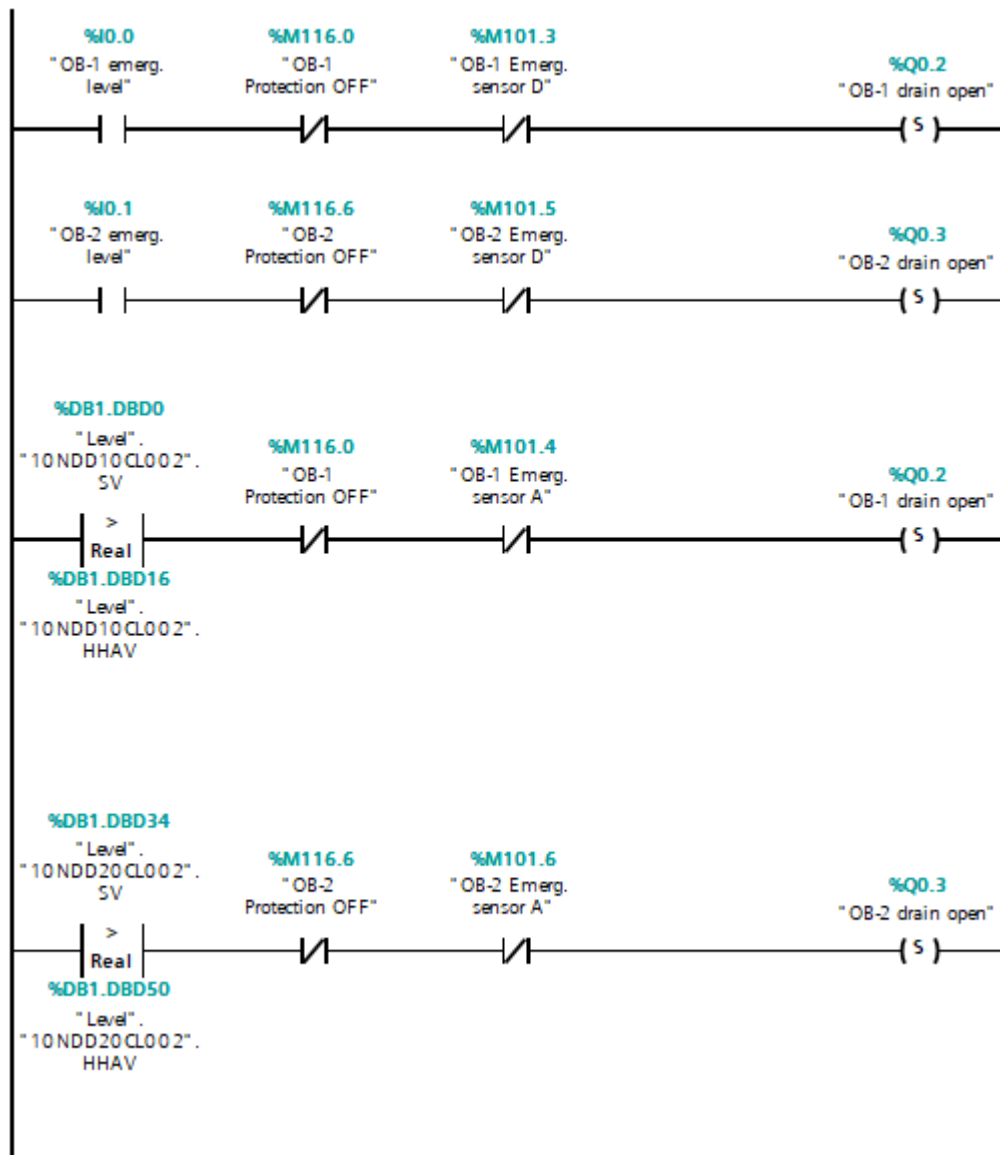


Рис 30. Аварийный слив

2.3.4.9 Статусы о работе насосов, ошибка частотного преобразователя

Программная часть для отправки статусов работы частотных преобразователей на экран HMI. (Рис 31)

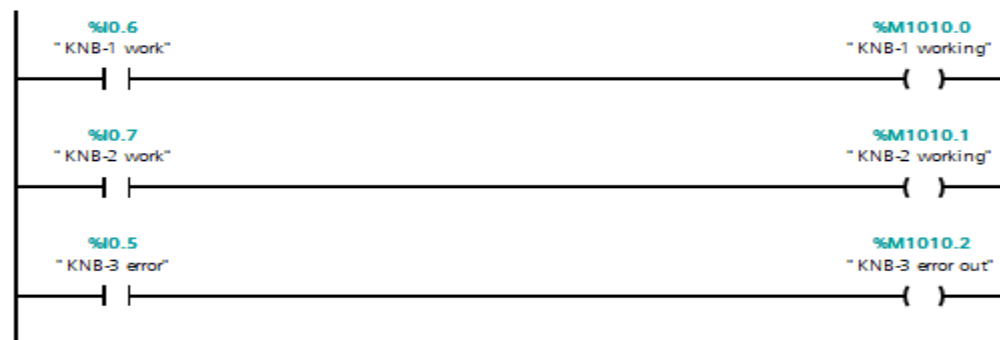


Рис 31. Статусы о работе насосов

2.4 Предупреждения и сигнализации

При предупреждениях и авариях сигнал подается сотрудникам на рации/происходит индикация светом.

2.4.1 Функциональный блок «Timers»

Сигналы из блока идут всегда. Интервалы оповещения радиосигналом и световой индикацией (предупреждение и сигнализация) постоянны. Они выйдут на выход контроллера только при условии аварийных ситуаций. (Рис 32, 33)

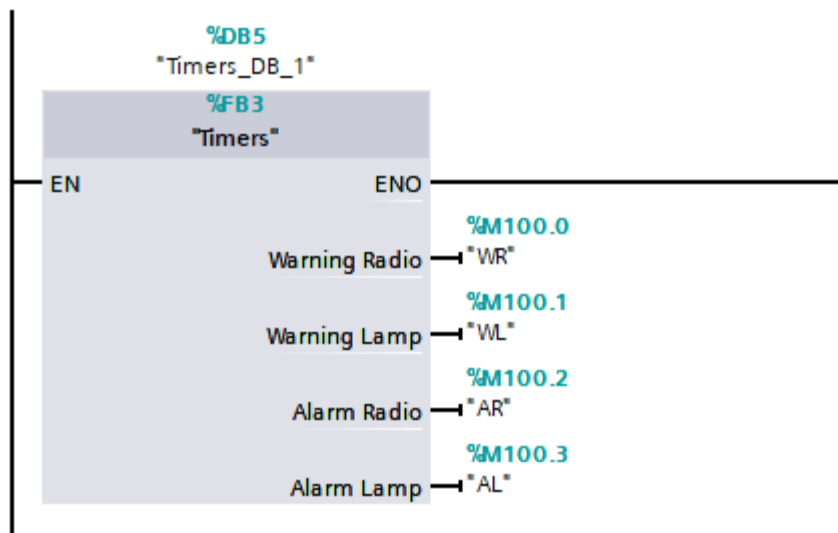


Рис 32. Функциональный блок «Timers»

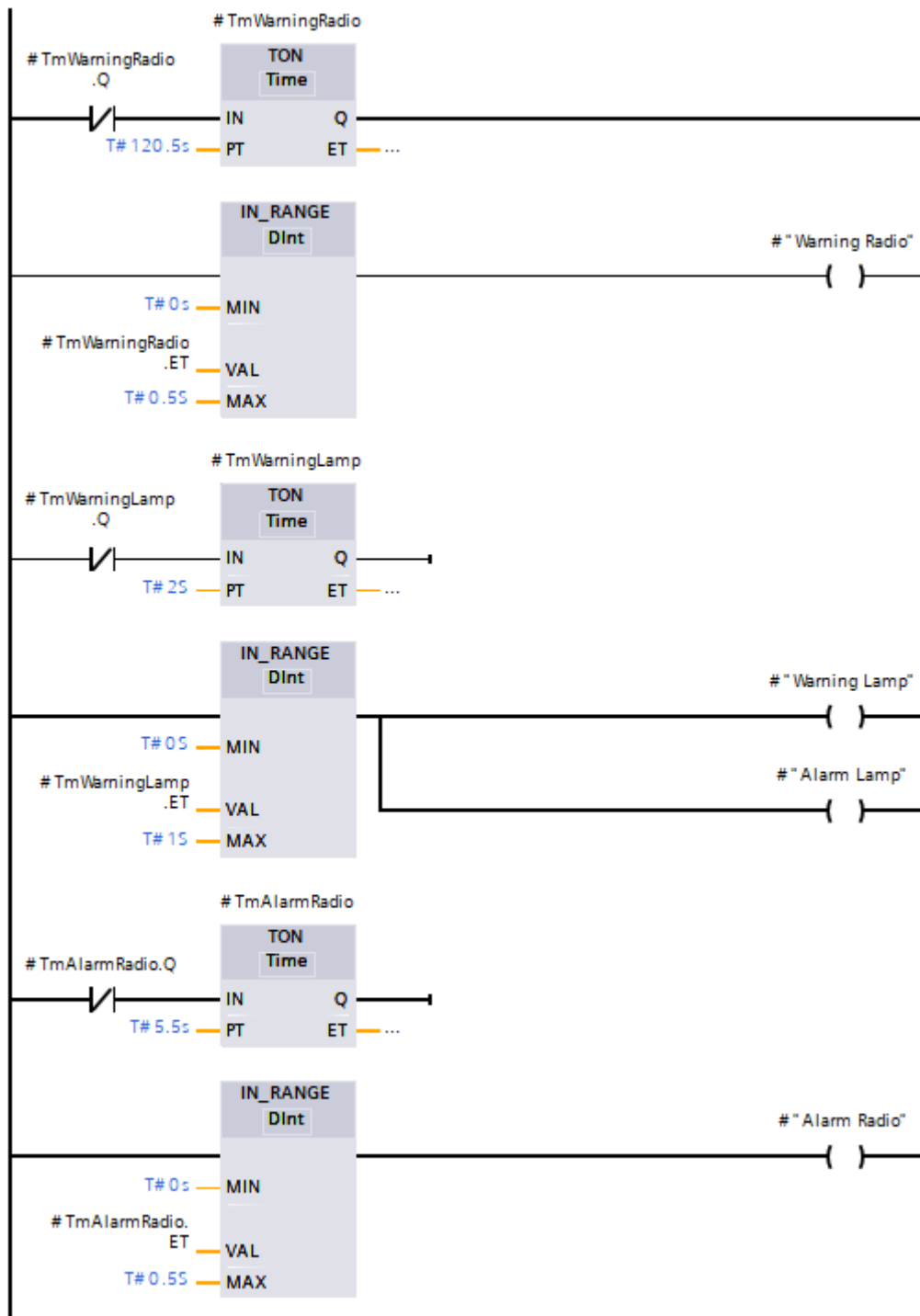


Рис 33. Содержимое FB «Timers»

2.4.2 Высокие предупредительные и высокие аварийные сигналы

При достижении уровня Н (высокий предупредительный) на радио и лампу будут идти сигналы, и при спаде уровня они отключатся. При достижении уровня НН (высокий аварийный) сигналы будут идти до квитирования. (Рис 34, 35)

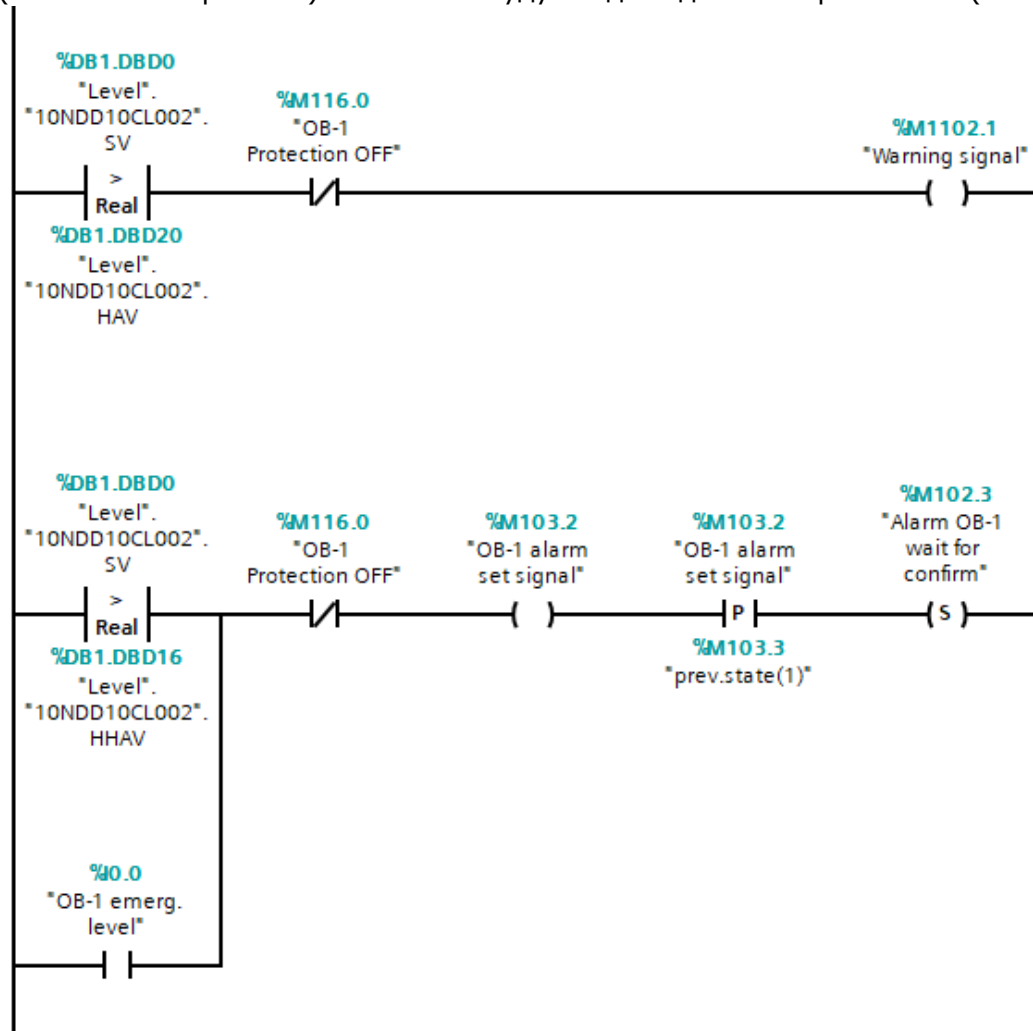


Рис 34. Предупреждения и аварии

2.4.3 Срабатывание сигнализации после предупреждения

Сигнал проходит ряд условий. Сигнализация имеет приоритет над предупреждением, поэтому при срабатывании сигнализации, предупреждения отключаются. (Рис 36)

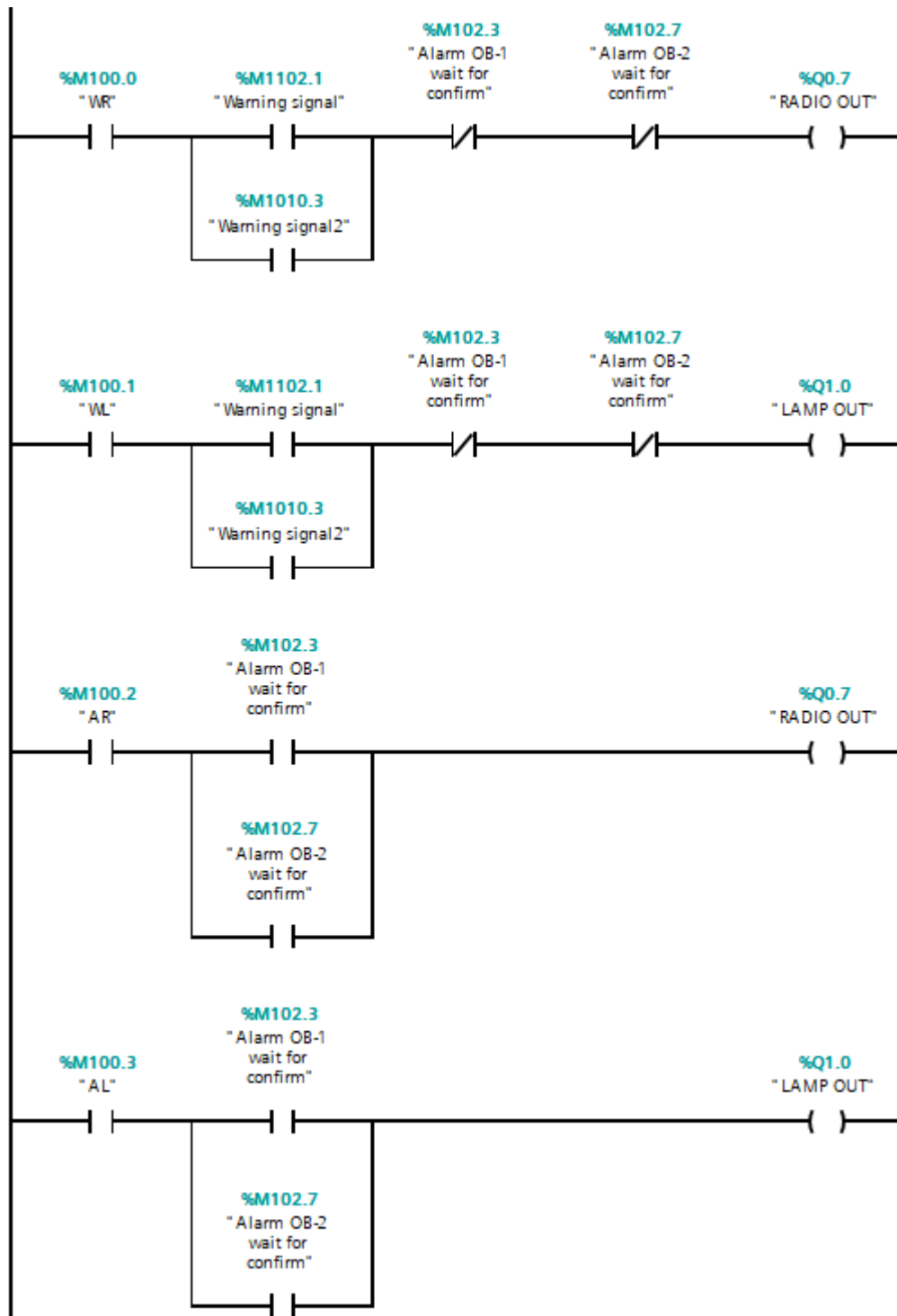


Рис 36. Сигнализация после предупреждения

2.4.4 Меркеры для фиксирования предупреждений и сигнализаций в SCADA

Меркеры, которые в формате word будут отправлены на SCADA для фиксирования предупреждений и сигнализаций, представлены ниже. (Рис 37)

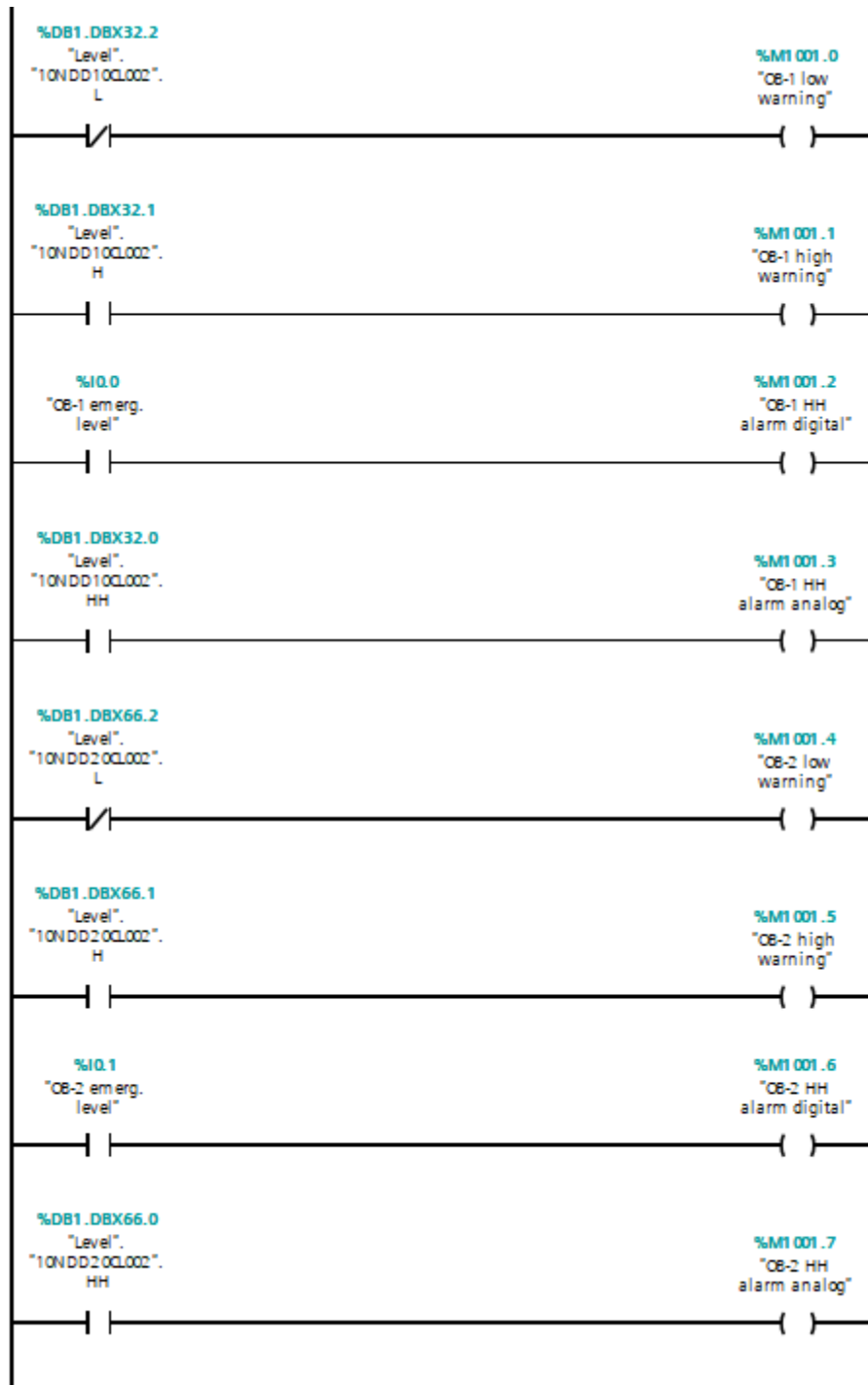


Рис 37. Меркеры предупреждений и аварий в SCADA

2.5 Командные слова

Для того, чтобы иметь возможность удаленно осуществлять мониторинг и управлять процессом, в программе создавались командные слова из структуры.

2.5.1 Отправка командных слов

Данные о работе системы в данный момент отправляются по локальной сети, чтобы их можно было наблюдать, не находясь непосредственно у экрана оператора. (Рис 38)

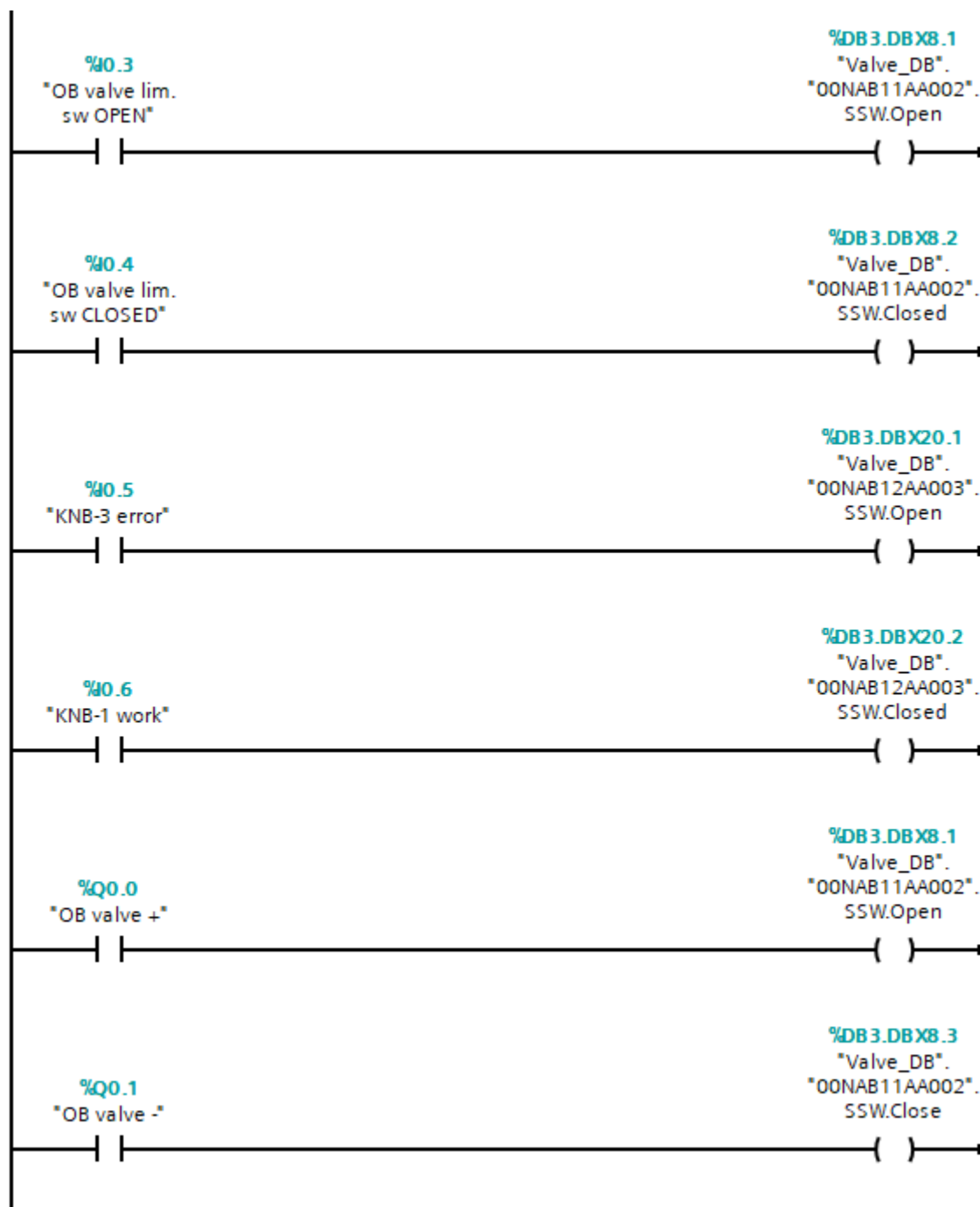


Рис 38. Отправка командных слов

2.5.2 Чтение командных слов

Реализована возможность отправлять системе команды на действия, не находясь у экрана оператора. (Рис 39)

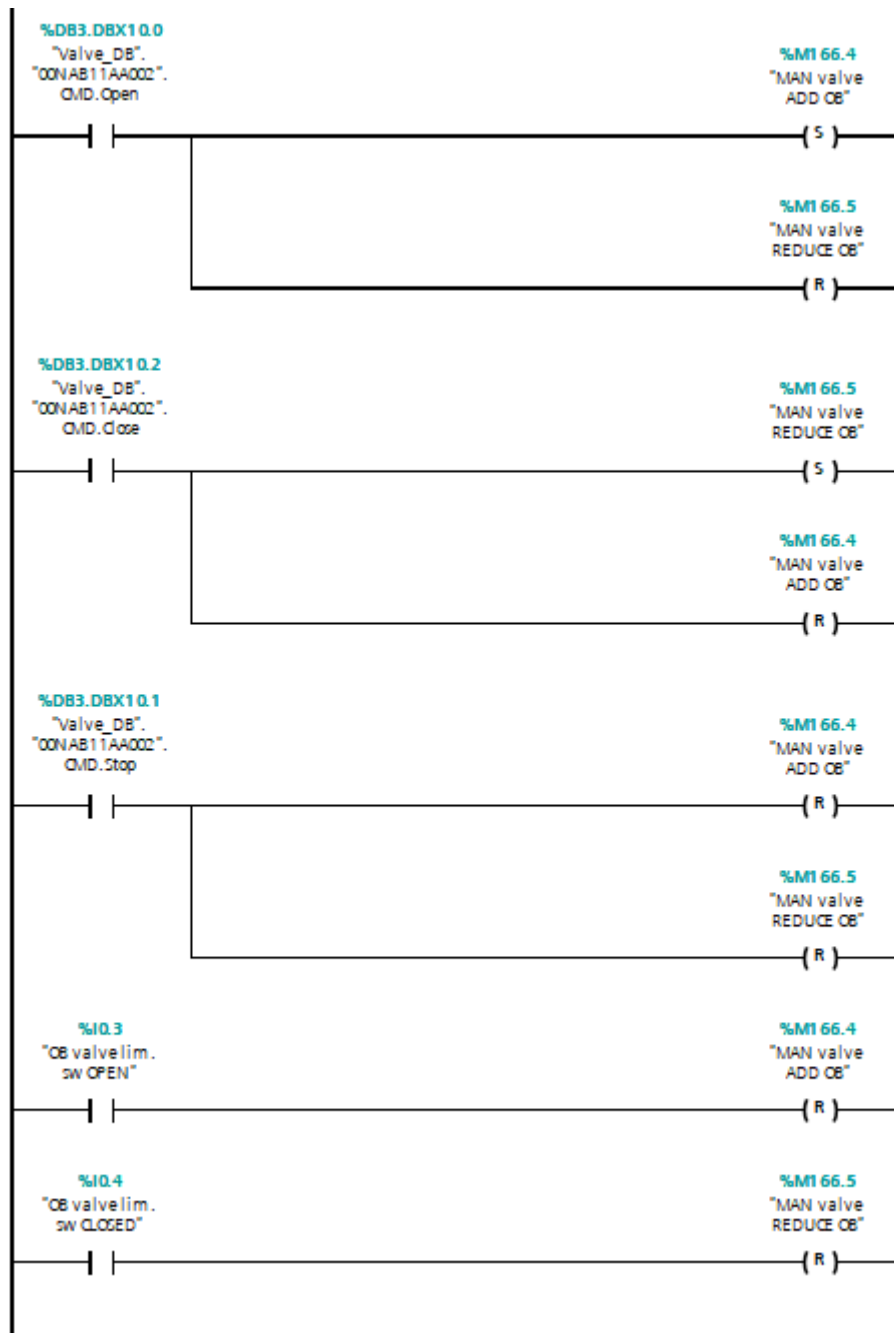


Рис 39. Чтение командных слов

2.6 Сбой питания второго контроллера

Так как в проекте задействовано два контроллера, реализована индикация сбоя питания парного контроллера. (Рис 40)

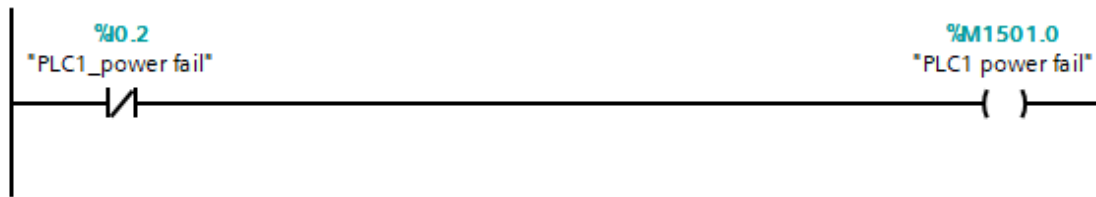


Рис 40. Сбой питания парного контроллера

2.7 Main [OB1]

В OB1 циклично происходят только обработка сигналов, «дается питание» на функциональные блоки и происходит проверка, есть ли питание у второго контроллера. (Рис 41)

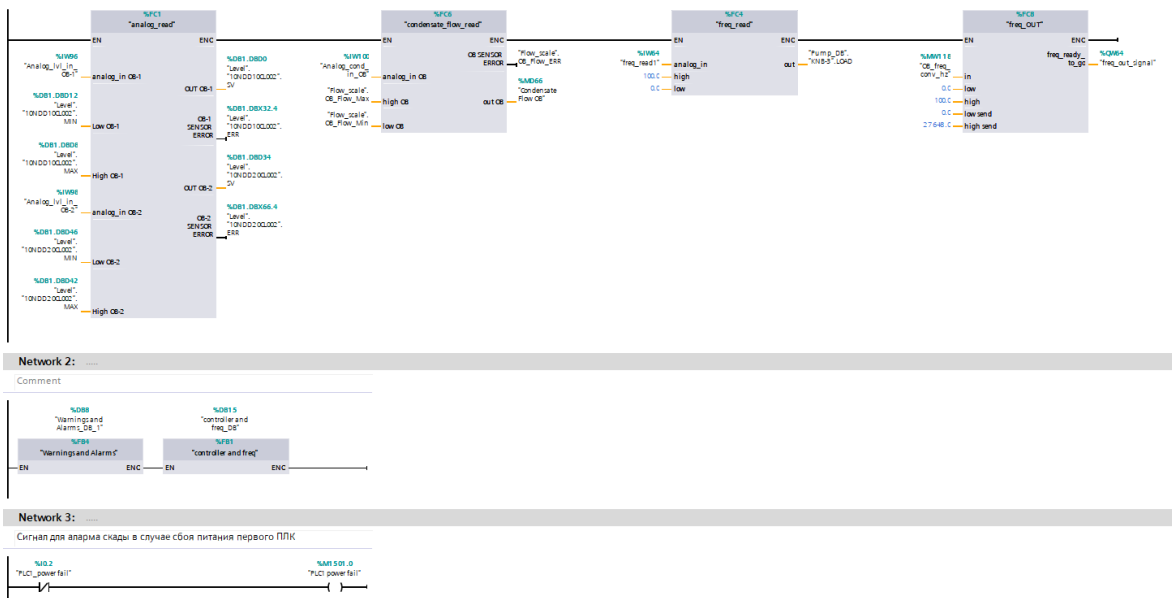


Рис 41. Содержимое OB1

3. ВИЗУАЛИЗАЦИЯ

3.1 Основные экраны

На основном экране можно наблюдать общую схему системы, визуальное изображение уровня в бойлерах, воздействие системы на исполнительные механизмы, статусы работы некоторых элементов. (Рис 42)

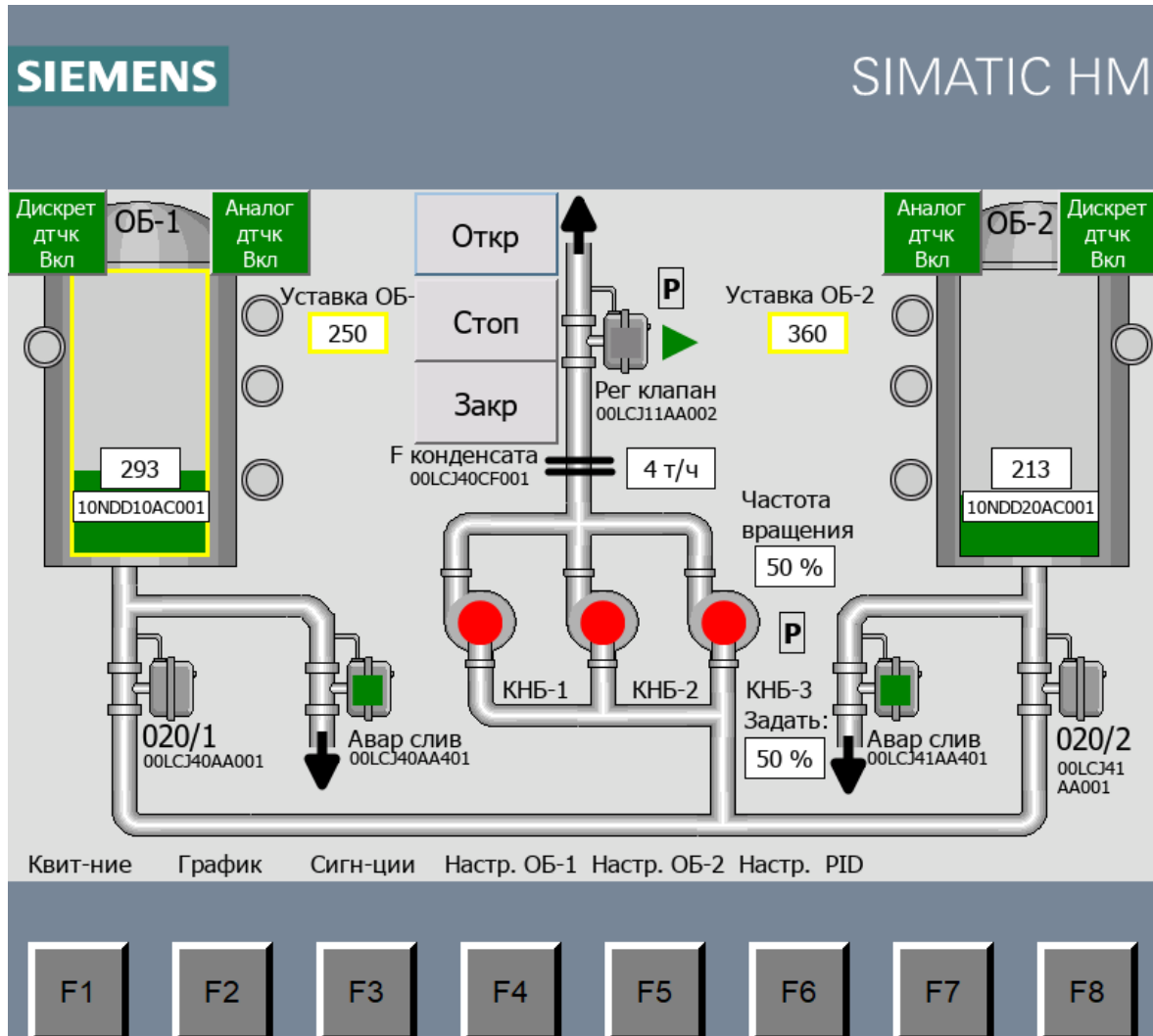


Рис 42. Основной экран

Экран графиков показывает изменение измеряемых значений за определенный промежуток времени. (Рис 43)

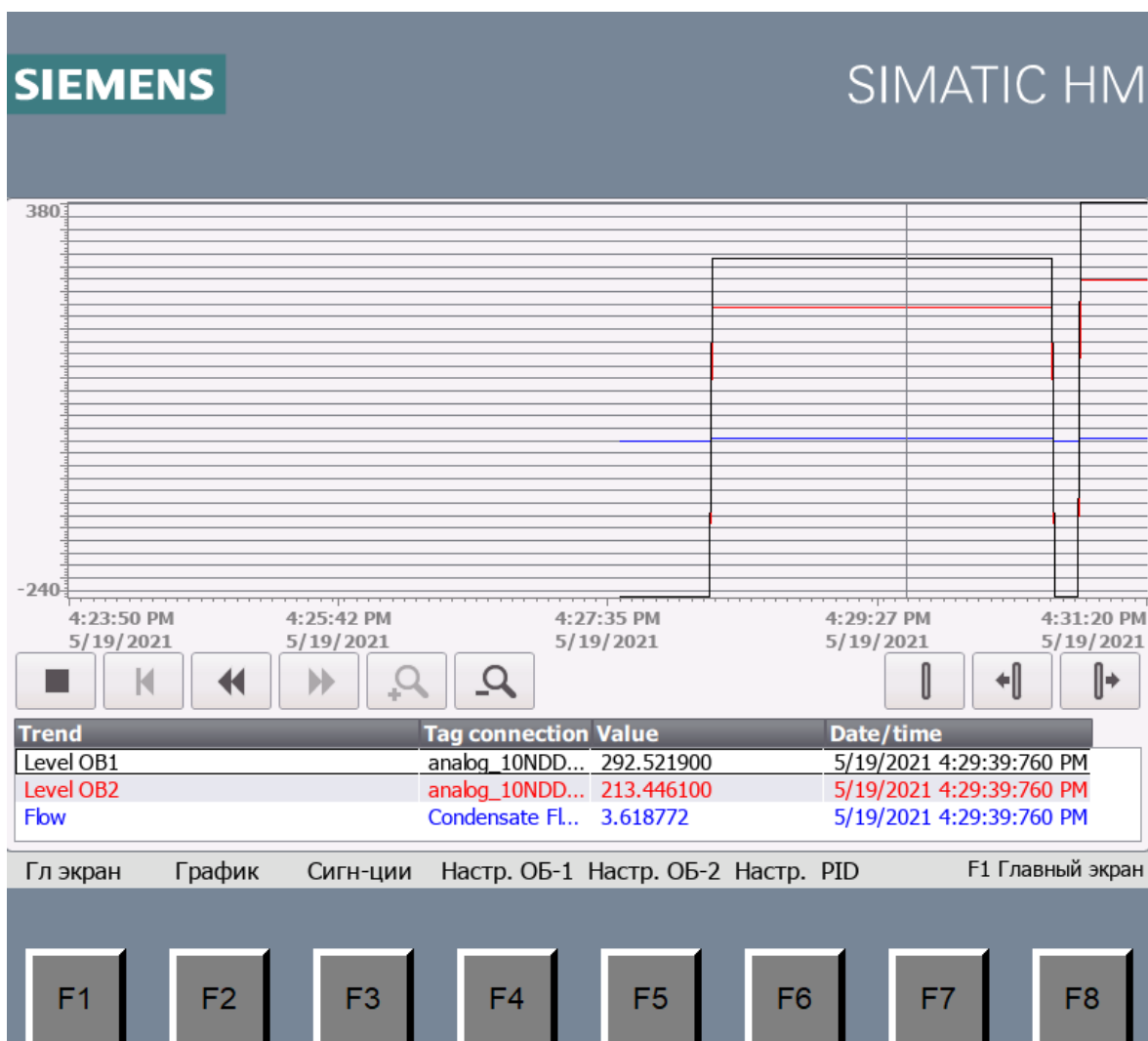


Рис 43. Экран графиков

Экран предупреждений и аварий фиксирует все соответствующие ситуации. (Рис 44)

SIEMENS SIMATIC HM

No.	Time	Date	Status	Text
A 1	4:21:08 PM	5/19/2021	I	Аварийно-высокий уровень в ОБ-1 по аналоговому датчику
3	4:21:08 PM	5/19/2021	I	Высокий уровень в ОБ-1
8	4:21:01 PM	5/19/2021	I	Низкий уровень в ОБ-2
9	4:09:47 PM	5/19/2021	I	Сбой блока питания контроллер 1

Гл. экран График Сигн-ции Настр. ОБ-1 Настр. ОБ-2

F1 F2 F3 F4 F5 F6 F7 F8

Рис 44. Экран предупреждений и аварий

3.2 Экраны настроек

Система настраивается в специальном экране настроек. Здесь задаются уровни, параметры регуляторов, режимы работы, сигнализации, выбор бойлера. (Рис 45, 46)

SIEMENS SIMATIC HM

Настройка параметров ОБ-1		Настройка уставок регулятора ОБ-1	
Аварийный высокий уровень	550 мм	Уставка уровня	250 мм
Предупредительный высокий уровень	500 мм	Ширина импульса 1 с = 1000 мс	3000 мс
Макс. знач. шкалы уровня	1000 мм	Период регулирования	15 с
Мин. знач. шкалы уровня	0 мм	Гистерезис	0 мм
Макс. знач. шкалы расхода	40 мм		
Мин. шкалы расхода	0 мм		

Рег. клапан	Насос КНБ-3	Сигнализация	Выбор бойлера
Автомат	Автомат	Вкл	ОБ-1
Ручной	Ручной	Выкл	ОБ-2

Гл. экран График Сигн-ции Настр. ОБ-1 Настр. ОБ-2 Настр. PID

F1 F2 F3 F4 F5 F6 F7 F8

Рис 45. Экран настроек

Настройка параметров ОБ-1

Аварийный высокий уровень: 550

Предупредительный высокий уровень: 500

Макс. знач. шкалы уровня: 1000

Мин. знач. шкалы уровня: 0 м

Макс. знач. шкалы расхода: 40 м

Мин. шкалы расхода: 0 м

Настройка уставок регулятора ОБ-1

Настройка PID

P - составляющая: 1.000

I - составляющая: 20 с

D - составляющая: 0 с

Рег. клапан

Автомат

Ручной

Насос КНБ-3

Автомат

Ручной

Сигнализация

Вкл

Выкл

Выбор бойлера

ОБ-1

ОБ-2

Гл. экран
График
Сигн-ции
Настр. ОБ-1
Настр. ОБ-2
Настр. PID

F1

F2

F3

F4

F5

F6

F7

F8

Рис 46. Настройка коэффициентов PID-контроллера

3.2.1 Работа с битами в предупреждениях и сигнализациях

В программной части биты собираются в word, а средство для работы с сигналами в WinCC разбивает этот word на отдельные биты.

Discrete alarms										
ID	Name	Alarm text	Alarm class	Trigger tag	Trigge..	Trigger address	HMI acknowl...	HMI a...	HMI acknowl...	
1	НН А - ОБ-1	Аварийно высокий уровень в ОБ-1	Acknowledge...	AlarmTag	3	*Alarms and ...	Aknowleg...	3	3	
2	НН D ОБ-1	Аварийно высокий уровень в ОБ-1	Acknowledge...	AlarmTag	2	*Alarms and ...	Aknowlegme...	2	2	
3	Н ОБ-1	Высокий уровень в ОБ-1	Warnings	AlarmTag	1	*Alarms and ...	<No tag>	0		
4	L ОБ-1	Низкий уровень в ОБ-1	Warnings	AlarmTag	0	*Alarms and ...	<No tag>	0		
5	НН А ОБ-2	Аварийно высокий уровень в ОБ-2	Acknowledge...	AlarmTag	7	*Alarms and ...	Aknowlegme...	7	7	
6	НН D ОБ-2	Аварийно высокий уровень в ОБ-2	Acknowledge...	AlarmTag	6	*Alarms and ...	Aknowlegme...	6	6	
7	Н ОБ-2	Высокий уровень в ОБ-2	Warnings	AlarmTag	5	*Alarms and ...	<No tag>	0		
8	L ОБ-2	Низкий уровень в ОБ-2	Warnings	AlarmTag	4	*Alarms and ...	<No tag>	0		
9	PLC1 Power fail	Сбой блока питания контроллер 1	Warnings	PLC1_powerfail	0	*PLC1 power f...	<No tag>	0		
	<Add new>									

Рис 47. Настройка битов ошибок

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате данной работы были рассмотрены меры, необходимые для создания системы управления уровнем воды в бойлерах на ТЭЦ с данным оборудованием. Ввиду морального и физического устаревания оборудования актуальность данного вопроса довольно высока.

Появилась возможность модернизации системы путем добавления новых измерительных устройств и исполнительных механизмов.

В ходе работы были рассмотрены варианты управления исполнительным механизмом без обратной связи по положению в качестве регулятора уровня воды в бойлерах.

Было произведено:

- конфигурация оборудования;
- создание поддающегося настройке импульсного регулятора с функцией гистерезиса;
- настройка PID-регулятора;
- создание системы предупреждений и сигнализаций;
- внедрение командных слов;
- визуализация системы с возможностью просмотра графиков и настройки системы.

Также расширились возможности настройки системы: появилась возможность управлять системой посредством HMI, а то и вовсе дистанционно.

RESÜMEE

Paljud tööstusharud töötavad endiselt vanade täiesti analoogsete automaatjuhtimissüsteemidega. Nii pikk tööiga töötab komponentide rikete ja süsteemi rikete sagenemist, mis on täis liinide seiskumist, kadusid ja isegi töötajate tervisele kahju.

Viru RMT OÜ põhiülesandena oli ülesandeks viia soojuse ja elektri koostootmisjaama veetaseme reguleerimine kateldes analoogautomaatjuhtpaneelidelt kaasaegsesse digitaalsüsteemi. See lahendus võimaldab kokku hoida ruumi ruumis, vähendada rikke korral diagnoosimiseks ja parandamiseks kuluvat aega.

Lahendus näeb ette ka süsteemi edasise kaasajastamise võimaluse ilma paigalduseta.

Töö käigus uuriti ja rakendati teadmisi koostootmisjaamast, kateldest ja tööstusliku auru tootmisest, samuti:

- Seade on konfigureeritud,
- Välja töötati programmid veetaseme reguleerimiseks kateldes koos hoiatus- ja hädaolukordade näitamisega
- Programmi visuaalne osa koostati võimalusega jälgida, juhtida, graafikuid vaadata ja süsteemi konfigureerida.

Peamine regulaator ehitati ajami eripära tõttu nullist.

Kuna projekt loodi nullist, dikteeris seadmete valiku ainult kõigi vajalike funktsioonide mugavus ja kättesaadavus.

Programmeeritava loogikakontrollerina kasutati SIMATIC S7-1200 protsessorit 1215C DC / DC / DC, laiendusmoodulina SIMATIC SM 1231 AI8. Operaatoripaneelina kasutati paneeli SIMATIC HMI KTP700 Basic. Kogu projekt loodi TIA Portal V14 SP1 arenduskeskkonnas (STEP 7 Professional & WinCC Professional).

Töö käigus täiendas õpilane oma oskusi signaalide teisendamise ja skaleerimisega, tutvus mõistega "hüsterees", kirjutas tagasisideta ajamiga amortisaatori enda kontrolleri, lõi tingimused hoiatusteks ja hädaolukordadeks. Õpiti käsusõnade olemasolu ja struktuuri nende edastamiseks üle võrgu.

Töö graafilises osas koostati kogu protsessi esindavad ekraanid, graafikute vaatamise ekraanid, vigade ja häirete vaatamise ekraanid ning seadete ekraanid.

See projekt tutvustab õpilasele tööstuslikku programmeerimist, kus tuleks läbi mõelda absoluutselt kõik.

Leiti mittestandardseid viise probleemide lahendamiseks ja projekti tõsiduse tõttu viidi läbi TIA Portaali platvormi sügavam uurimine.

Nüüd saab operaator jälgida kõiki veetaseme kontrollnäidikuid ühelt ekraanilt ja süsteemi toimimist paari klikiga reguleerida.

Nüüd on süsteem hõlpsasti täiendatav. Kõik, mida peate tegema, on lisada paar koodirida, paar releed ja ühendused.

SUMMARY

Many industries still operate old, completely analog, automatic control systems. Such a long service life promises an increase in the frequency of component breakdowns and system failure, which is fraught with line stoppages, losses and even harm to the health of employees.

As the main task at Viru RMT OÜ, the task was to transfer the water level control in boilers at the CHP plant from analog automatic control panels to a modern digital system. This solution allows to save space at the place, reduce time for diagnostics and repair in the event of a malfunction.

The solution also provides for the possibility of further modernization of the system without installation.

In the course of the work, knowledge about the CHPP, about boilers and the production of industrial steam was studied and applied, as well as:

- The equipment has been configured,
- Programs were designed to control the water level in boilers with indication of warning and emergency situations
- The visual part of the program was compiled with the ability to monitor, control, view graphs and configure the system.

The main regulator, due to the specifics of the actuator, was built from scratch.

Since the project was created from scratch, the choice of equipment was dictated only by convenience and availability of all the necessary functions.

A SIMATIC S7-1200 CPU 1215C DC / DC / DC were used as a programmable logic controller with a SIMATIC SM 1231 AI8 as an expansion module. The SIMATIC HMI KTP700 Basic panel was used as the operator panel. The entire project was created in the TIA Portal V14 SP1 development environment (STEP 7 Professional & WinCC Professional).

In the course of work, the student improved his skills with the conversion and scaling of signals, got acquainted with the concept of "hysteresis", wrote his own controller for a damper with a drive without feedback, made conditions for warnings and emergency situations. The existence and structure of command words for transmitting them over the network were learnt.

In the graphical part of the work, screens were compiled representing the whole process, screens for viewing graphs, screens for viewing errors and alarms, and settings screens.

This project introduces the student to industrial programming, where absolutely everything should be thought out.

Non-standard ways of solving problems were found, and due to the seriousness of the project, a deeper study of the TIA Portal platform was carried out.

Now the operator can monitor all water level control indicators from one screen and adjust the system operation in a couple of clicks.

The system is now easily upgradeable. All you need to do is add a few lines of code, a couple of relays and wiring.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Руководство по программированию S7-1200/S7-1500. [WWW] <https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/uuid:6f74436a53942bf8f1c7b6ed34d2ae72e92ed8a8/programming-guideline-v14-rus.pdf> (23.03.2021)
2. How you configure a connection in the TIA Portal? [WWW] <https://support.industry.siemens.com/cs/document/109486139/how-you-configure-a-connection-in-the-tia-portal?dti=0&lc=en-US> (23.03.2021)
3. S7-1200 Programmable controller. [WWW] https://cache.industry.siemens.com/dl/files/465/36932465/att_106119/v1/s71200_system_manual_en-US_en-US.pdf (23.03.2021)
4. SIMATIC HMI KTP700 Basic Manuals. [WWW] <https://www.manualslib.com/products/Siemens-Simatic-Hmi-Ktp700-Basic-8739976.html> (23.03.2021)
5. Analog signal modules (SMs). [WWW] <https://www.manualslib.com/manual/1453610/Siemens-S7-1200.html?page=907> (23.03.2021)
6. Плейлист «TIA PORTAL». [WWW] <https://www.youtube.com/watch?v=cgpYgTi5TmI&list=PLZUatPj8413Zqe8DBuIDazFRIsNGeeI7K> (23.03.2021)
7. Boiler Water Level Control System Example. [WWW] <https://control.com/textbook/introduction-to-industrial-instrumentation/example-boiler-water-level-control-system/> (23.03.2021)
8. Паровые котлы. [WWW] <http://www.beltexnotim.by/2018/07/16/parovye-kotly/> (23.03.2021)
9. Proven Methods and Best Practices for Automatic PID Control. [WWW] <https://controlguru.com/table-of-contents/> (23.03.2021)