



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
INSENERITEADUSKOND
Virumaa kolledž

**Raudteevagunite vedelate toodetega laadimise
automatiseeritud süsteemi täiustamine.**

**Upgrading of the automated system for filling railway tanks with
liquid products.**

TOOTMISE AUTOMATISEERIMISE ÕPPEKAVA LÕPUTÖÖ

Üliõpilane: Oleg Sokolov

Üliõpilaskood: RDDR178715

Juhendaja: Sergei Ponomar, lektor



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
INSENERITEADUSKOND
Virumaa kolledž

**Усовершенствование автоматизированной системы
налива железнодорожных цистерн жидкими
продуктами.**

TOOTMISE AUTOMATISEERIMISE ÕPPEKAVA LÕPUTÖÖ

Üliõpilane: Oleg Sokolov

Üliõpilaskood: RDDR178715

Juhendaja: Sergei Ponomar, lektor

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.

“05” jaanuar 2022.

Autor: Oleg Sokolov /allkirjastatud digitaalselt/

Töö vastab rakenduskõrgharidusõppe lõputööle/magistritööle esitatud nõuetele

“05” jaanuar 2022.

Juhendaja: Sergei Ponomar /allkirjastatud digitaalselt/

Kaitsmisele lubatud

“05” jaanuar 2022.

Kaitsmiskomisjoni esimees: Sergei Pavlov /allkirjastatud digitaalselt/

LIHTLITSENTS LÕPUTÖÖ ÜLDSUSELE KÄTTESAADAVAKS TEGEMISEKS JA REPRODUTSEERIMISEKS

Mina Oleg Sokolov (sünnikuupäev: 13.04.1988)

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose:

Raudteevagunite vedela tootega laadimise automatiseeritud süsteemi täiustamine,

mille juhendaja on Sergei Ponomar.

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: Oleg Sokolov, RDDR178715

Õppekava, peeriala: RDDR08/17 - Tootmise automatiseerimine

Juhendaja: Lektor, Sergei Ponomar, sergei.ponomar@taltech.ee

Lõputöö teema:

(eesti keeles) Raudteevagunite vedela tootega laadimise automatiseeritud süsteemi täiustamine.

(inglise keeles) Improvement of the automated system for loading railway wagons with liquid product.

Lõputöö põhieesmärgid:

1. Praeguste tehasesüsteemide täiustamise projekti koostamine.
2. Projekti väljatöötamine TIA portaalisüsteemi ja Siemensi kontrollereid kasutades.
3. Projekti ettepanek ettevõttele tootmiskulude vähendamiseks.

Lõputöö etapid ja ajakava:

Nr	Ülesande kirjeldus	Tähtaeg
1.	Projekti idee. Projekti eesmärgid. Teoreetilise osa kirjeldus. Esialgsete skeemide ja algoritmide koostamine. Kirjanduse uurimine.	01.02.2021- 28.02.2021
2.	Projekti loomise algus TIA portaalis: sildid, adresseerimine, elementide määramine.	01.03.2021- 31.03.2021
3.	Projekti jaoks tarkvara väljatöötamine, elementide ühendamine, kontrollereile lisamine, funktsionaalsuse kontrollimine ja vigade tuvastamine. Visualiseerimine.	01.04.2021- 30.04.2021
4.	Eelkaitsmine	14.12.2021
5.	Valmis projekti esitlus, kinnitamine juhendaja poolt.	05.01.2022

Töö keel: Vene keel **Lõputöö esitamise tähtaeg:** 05.01.2022

Üliõpilane: Oleg Sokolov /allkirjastatud digitaalselt/ 05.01.2022

Juhendaja: Sergei Ponomar /allkirjastatud digitaalselt/ 05.01.2022

Programmijuht: Sergei Pavlov /allkirjastatud digitaalselt/ 05.01.2022

Оглавление

Предисловие	7
ТЕРМИНЫ И СОКРАЩЕНИЯ.....	8
Введение	10
1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ	11
2. Предлагаемое решение	12
3. Предлагаемый алгоритм работы системы	13
4. Предлагаемый состав и элементы системы.....	16
4.1. Требования предъявляемые к системе	18
4.2. Расходомер.....	19
4.3. Насос и частотный преобразователь.....	21
4.4. Датчики.....	24
4.4.1. Датчик сухого хода.....	24
4.4.2. Датчик давления	24
4.4.3. Датчик температуры	24
4.4.4. Плотномеры (датчики плотности)	25
4.4.5. Дискретный датчик уровня.....	25
4.5. Соединение устройств	26
5. Предлагаемое программное обеспечение, описание программных блоков.....	27
5.1. Реализация программной части	28
5.1.1. Настройка контроллера в TIA Portal	28
5.1.2. Реализация функции преобразования аналогового сигнала.....	28
5.1.3. Использование функционального блока преобразования аналоговых сигналов в цифровой 29	
5.1.4. Реализация связи контроллера с отсечным клапаном.....	30
5.1.5. Дата блок для насоса.....	31
5.1.6. Дата блок для датчиков	32
5.1.7. Реализация логики счётчиков и сумматоров	33
5.1.8. Чтение сигналов насоса	34
5.1.9. Реализация основной программы.....	35
5.1.10. PLC-Теги	37
5.1.11. Реализация визуализации	38
5.1.12. HMI-Теги.....	39
5.1.13. Реализация анимации	39
5.1.14. Список сигнализаций.....	40
ВЫВОД.....	42
КОККУVÖTE.....	43
SUMMARY	44
СПИСОК ИСТОЧНИКОВ И ЛИТЕРАТУРЫ	45

ПРЕДИСЛОВИЕ

«Автоматизация эффективных операций увеличивает эффективность, автоматизация неэффективных операций увеличивает неэффективность.» © Bill Gates. Основная задача любого проекта по автоматизации — это повышение качества исполнения процесса. Нельзя сказать, что процесс должен быть идеальным, поскольку он не будет идеальным, однако нужно стремиться к доведению его до совершенства. Во многих случаях автоматизация может повысить производительность, сократить время выполнения процессов, снизить затраты и повысить точность и стабильность операций.

Проект по усовершенствованию процесса налива цистерн создавался для одного из дочерних предприятий концерна VKG и был направлен на повышение качества процесса, на безопасность, на эффективность и продуктивность. Имеющаяся в настоящее время система устаревает как морально, так и технически. Нужна замена. На сегодняшний день невозможно представить ни одного процесса автоматизации, который бы происходил без контроллера, рабочей станции, датчиков и, разумеется, без участия человека как в создании, так и в обслуживании процесса.

Представленный проект является одним из возможных вариантов решения проблемы по изменению текущего процесса с максимально-возможным доведением его до безупречности. Окончательное решение по установке или по модификации предлагаемого варианта остаётся за конечным пользователем продукта.

ТЕРМИНЫ И СОКРАЩЕНИЯ

VKG — Viru Keemia Grupp - крупное промышленное предприятие, основанное на частном эстонском капитале. Основными видами деятельности компании являются добыча сланца, когенерация сланцевого масла, тепла и электроэнергии, а также производство и продажа тонких химикатов. [\[1\]](#)

Оператор — означает специалиста, который контролирует работу сложного механизма или отвечает за выполнение определенного производственного процесса.

Система — (от греч. Σύστημα - целое, состоящее из частей, соединение) - совокупность элементов, находящихся во взаимосвязи между собой и в связи, образующей определенную целостность, единство.

Автоматизация — одно из направлений научно-технического прогресса, использование саморегулируемых технических средств и математических методов для исключения или значительного сокращения участия человека в процессах получения, преобразования, передачи и использования энергии, материалов, продуктов или информации.

Автоматика (Греческое: αὐτόματος - самодействующий) — отрасль науки и техники, разрабатывающая технические средства и методы для применения технологических процессов без прямого участия человека.

Алгоритм Алгоритм (лат. Algorithmi - от имени среднеазиатского математика Аль-Хорезми) — это определенный набор четко определенных правил для решения класса задач или набор инструкций, описывающих последовательность действий, которые решатель выполняет для решения конкретной проблемы/задачи. [\[2\]](#)

КИП — Контрольно-измерительное устройство/прибор - средство измерения, предназначенное для получения значений измеряемой физической величины в заданном диапазоне. Измерительным прибором часто называют прибор для генерации сигнала измерительной информации в форме, которая может быть непосредственно воспринята оператором. [\[3\]](#)

Кориолисовы расходомеры — использование эффекта Кориолиса для измерения массового расхода жидкостей, газов. Принцип действия основан на изменении механических колебаний U-образных трубок, по которым движется компонент. Фазовый сдвиг пропорционален массовому расходу. Массовый расход через входные патрубки расходомерных трубок. Это сопротивление явно ощущается, когда гибкий шланг скручивается под давлением перекачиваемой через него жидкости. [\[4\]](#)

Программное обеспечение (ПО/Software) — неотъемлемая часть компьютерной системы. Логичное продолжение технических средств. Объем конкретного компьютера

определяется для него программным обеспечением. Вся область проектирования и разработки программного обеспечения также принадлежит программному обеспечению (Software).

Тег — это отметка/метка, которая отмечает и каталогизирует информацию для облегчения процесса поиска. Другими словами, теги — это ключевые слова, по которым вы найдете нужный вам материал.

Аларм — часть информации, используемая для предупреждения оператора и привлечения его внимания к отклонению от нормы в процессе или системе.

TIA-Portal — интегрированная среда разработки компании Siemens (SCADA).

ВВЕДЕНИЕ

Автоматизация в настоящее время является неотъемлемой в жизни каждого из нас. Средства автоматики окружают нас повсюду, начиная от бытовых приборов и заканчивая сложными системами. Производства не исключение. Сейчас уже практически повсюду на любом заводе, фабрике и даже на сельскохозяйственных фермах имеются автоматизированные системы. Они используются в разных целях, но основные их функции — это упрощение, быстрота, производительность, продуктивность и безопасность. За последние 100 лет даже по самым простым сравнениям, без обращения к источникам, а опираясь на известные факты мы можем наблюдать существенное снижение несчастных случаев на производствах и повышение производительности. Например, шахты Эстонии: благодаря автоматике и автоматизации добыча сланца стала проще, а человек тратит меньше сил и времени на получение необходимого.

В данной работе поднимается вопрос совершенствования системы автоматического налива железнодорожных цистерн путём применения инновационных методов автоматики.

Выполнение данной работы проводилось на заводе VKG в OÜ Viru RMT которое является дочерним предприятием концерна Viru Keemia Grupp AS (VKG), которое начало свою деятельность 1 сентября 2001 года. Предприятие было основано на базе ремонтного и механического цеха Viru Õlitööstus AS (с 20.07.2005. г. VKG Oil AS). Именно поэтому у предприятия имеется обширный опыт по обслуживанию предприятий химической и энергетической промышленности. [\[1\]](#)

1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

На заводе имеется установка сланцевых масел концерна Viru Keemia Grupp в которой имеется система налива железнодорожных цистерн сжиженными продуктами переработки сланца. По состоянию на данный момент времени наполнение цистерн происходит путём измерения уровня объёма жидкости поплавковым уровнемером, при достижении необходимой высоты в цистерне закрывается отсечной клапан и налив останавливается. Система начинает устаревать, в её работе замечено два основных недостатка: некорректное срабатывание и погрешность в измерениях. В случае некорректного срабатывания по ряду причин может произойти перелив, поскольку дополнительных средств контроля не предусмотрено, что в свою очередь влечёт за собой экологические и финансовые проблемы. Погрешность измерения предусматривает необходимость контрольного взвешивания цистерны что создаёт дополнительное плечо, в логистике которое отнимает время и увеличивает расходы на персонал, работающий на взвешивании.

Некоторое время назад была произведена небольшая модернизация системы, установлены массовые расходомеры, оператором вводится необходимая доза продукта в м³ и на основании счётчика с массового расходомера происходит налив цистерны. Текущая система управления реализована в системе DeltaV v11.1.

Таким образом, согласно техническому заданию, необходимо разработать обновлённую систему, налива и внедрить новое программное обеспечение, в целях исключения перелива и устранения погрешностей в измерении.

2. ПРЕДЛАГАЕМОЕ РЕШЕНИЕ

Предлагаемое решение в рамках данного исследования - замена устаревшей системы на инновационную путём метода внедрения усовершенствованных расходомера и насоса и автоматизация системы с добавлением различных датчиков и пользовательского интерфейса. Также в рамках обновления системы рекомендуется замена программного обеспечения. Новый расходомер должен более точно фиксировать необходимый объём исходящего продукта, передавать данные для записи в электронные журналы, вспомогательные датчики позволят контролировать, налив что позволит упразднить процедуру взвешивания, также расходомер должен подавать сигнал остановить, налив при выдаче заданного объёма что предотвратит перелив и сэкономит средства предприятия и сохранит природу. Кроме того, различные датчики выводят информацию на экран оператора что в свою очередь позволяет наблюдать в режиме реального времени за ситуацией.

В качестве выбранной методики автоматизации рекомендуется оснастить трубопровод современным насосом с частотным преобразователем, расходомером, датчиками такими как: сухого хода, давления и дискретным датчиком в конце системы для дополнительного контроля. Также потребуются клапаны-отсекатели для открытия и закрытия налива. Несмотря на столь малое количество элементов нельзя не отметить и сложность системы поскольку особое внимание уделено нюансам программного обеспечения. Система должна быть чувствительна к различным факторам, должна происходить остановка в целях предотвращения развития аварийной ситуации с одновременным максимально возможным сохранением работоспособности компонентов системы.

3. ПРЕДЛАГАЕМЫЙ АЛГОРИТМ РАБОТЫ СИСТЕМЫ

Основная суть в работе системы - максимальная автоматизация и контроль. Иными словами, оператор на пользовательском интерфейсе только вводит необходимое значение налива (например, 60 тонн) система опрашивает все элементы, если отовсюду поступает корректный сигнал система срабатывает. Если до начала налива или в процессе налива поступает некорректный сигнал, система останавливает процесс и выводит необходимое сообщение на экран.

Принцип работы системы при автоматическом режиме:

В таблице 3.1 приведено описание алгоритма, указаны возможные действия, их описание и исполнение. Отражены основные команды и их влияние на систему. Также в рисунке 3.1 представлено иллюстрированное изображение предлагаемого процесса.

Таблица 3.1 Команды алгоритма

№	Действие	Описание	Роль
1.	Значение налива (IN)	На главном экране оператор выставляет значение налива, например, 60 тонн	Оператор
2.	Сигналы неработоспособности	Визуальная проверка информации на пользовательском интерфейсе, внутреннее считывание некорректных сигналов системой	Оператор/Система
3.	Кнопка «Старт»	Нажатие на кнопку "старт". Кнопка старт не должна срабатывать если один из элементов системы подает отрицательный сигнал или если не выставлено значение налива (проверка SP)	Оператор/Система
4.	Передача команд	При нажатии на "старт" при отсутствии запретов со стороны всех систем открывается клапан отсекающий налива на входе в цистерну и включается насос	Система
5.	Включение насоса	Насос включается при отсутствии от других систем	Система

		некорректного сигнала. Насос должен быть немедленно отключен при поступлении отрицательного сигнала от датчика сухого хода или при выходе из строя какого-либо из элементов системы	
6.	Критичность	Основные два параметра которые должны срабатывать сразу при наличии сбоя это остановка насоса и перекрытие клапана отсекающего на выходе из резервуара	Система
7.	Расходомер	Расходомер считывает наливаемую жидкость до выставленного значения, при успешном наливе происходит отключение насоса, закрытие клапана на входе в цистерну. Далее текущее показание расходомера сбрасывается. Но запись накопителя остается	Система
8.	Аварийный стоп	Кнопка помещена в пользовательский интерфейс, выделена красным. При нажатии полностью останавливается процесс и перекрываются клапаны	Оператор
9.	Физические элементы	Имеется аварийный вентиль для ручного перекрытия подачи продукта в целях безопасности. При желании заказчика возможна физическая кнопка «Стоп», монтируемая на пульт оператору или на стене	Оператор

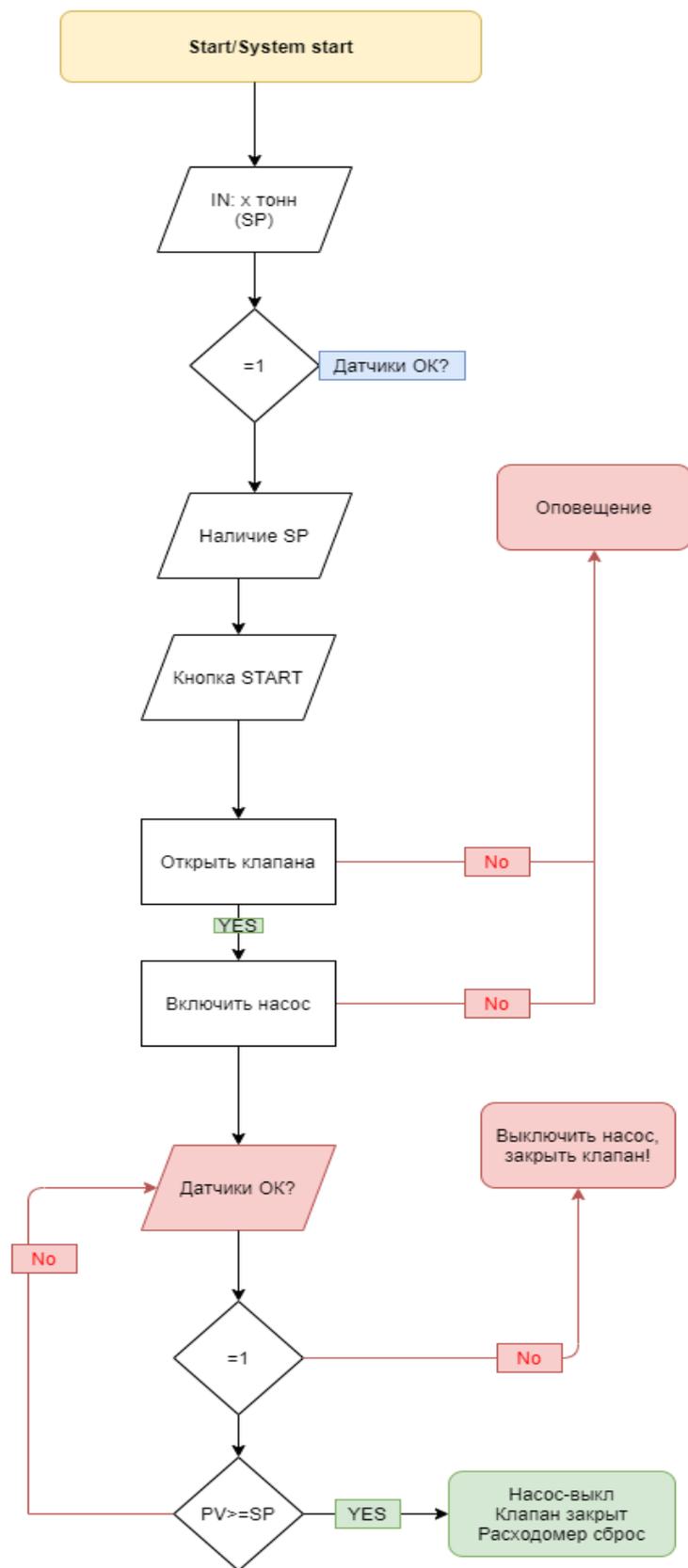


Рисунок 3.1 Схематическое изображение алгоритма работы системы

4. ПРЕДЛАГАЕМЫЙ СОСТАВ И ЭЛЕМЕНТЫ СИСТЕМЫ

Система должна состоять из 11 элементов, которые в свою очередь подразделяются на два главных элемента это насос и расходомер, пять датчиков и четыре соединительных элемента оборудования. Ниже представлено иллюстрированное изображение системы (см. рисунок 4.1), а также в таблице 4.1 дано развёрнутое описание по составным её частям.

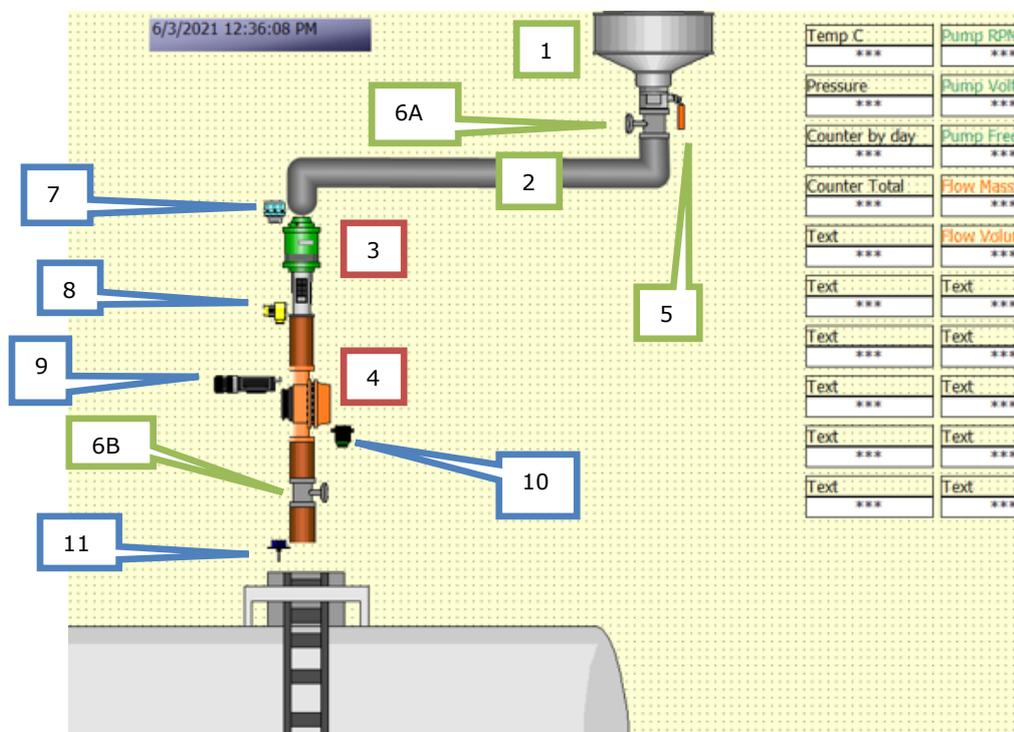


Рисунок 4.1 Иллюстрированное изображение состава и элементов системы

В таблице ниже представлено подробное описание элементов системы. Также элементы поделены на цветовые группы: зелёная категория означает элементы системы, обеспечивающие физическое функционирование процесса, красным отмечены насос и расходомер, синим отмечены датчики.

Таблица 4.1 Состав системы

№	Наименование элемента	Описание
1.	Резервуар	Ёмкость для хранения продукта
2.	Трубопровод	Соединительный элемент для подачи продукта в цистерну
5.	Вентиль аварийного перекрытия потока	Необходим для ручного прекращения подачи, на случай если произойдёт серьезная авария. Допускается добавление сервопривода для авто закрытия на случаи критических ситуаций, например, в случае срабатывания пожарной сигнализации

6А, 6В.	Клапан отсекающий	Размещён на выходе из резервуара после аварийного вентиля, должен закрываться в сомнительных случаях (предаварийных ситуациях), или на случай обслуживания системы или проведения ремонтных работ. Также если выдаётся сигнал ошибки от насоса, расходомера, если срабатывает датчик сухого хода или не отвечает дискретный датчик, то клапан должен перекрыть подачу потока. Второй на входе в цистерну открывается для подачи жидкости при нажатии на кнопку старт, когда от всех остальных систем подаётся положительный сигнал. Перекрывается при естественном окончании процесса и при подачи отрицательного сигнала со стороны остальных приборов
3.	Насос с частотным преобразователем	Включается, когда от датчика сухого хода есть положительный сигнал и показание расходомера на нуле. Выключается при заданном оператором показании расходомера в большинстве случаев это значение в 60 тонн, однако в разных ситуациях показания можно менять, например, если требуется залить половину цистерны или если цистерна нестандартных размеров. Выключается, когда расходомер не отвечает или выдаёт некорректные данные, или, когда датчик сухого хода выдает любое значение, кроме положительного. Рабочая мощность насоса 80–90% снижение оборотов при достижении значения расходомера 70% наполняемого объёма (умеренный налив). Значения налива указаны в процентах, поскольку объёмы выдаваемого продукта могут быть различными, и чтобы не вводить необходимые параметры в несколько мест принято решение сделать процентные значения, которые подойдут далее ко всему
4.	Расходомер массовый	Параметр налива фиксируется оператором, вводится перед наливом в специальное поле интерфейса программы. Зависит от требования заказчика. Обычно значение составляет в 60 тонн. Расходомер должен обнуляться при каждом успешном завершении процесса, но должен при этом сохранять каждую

		запись и общее значение для последующих сравнений, и статистики
7.	Датчик сухого хода	Останавливает работу насоса при отсутствии жидкости или при образовании воздушных масс, пузырьков в потоке. Подает сигнал включиться насосу при наличии стабильного потока жидкости или остановиться при иных случаях
8.	Датчик давления	Показывает давление в трубе. Используется как средство дополнительной защиты от поломки системы. В случае пропадания расхода должен подавать сигнал тревоги, останавливать насос и перекрывать клапаны
9.	Датчик температуры	Существует множество датчиков температуры, каждый из которых отличается своими характеристиками и назначением. Но остается главная задача измерение температур требуемых объектов с необходимой точностью, скоростью и передачей информации, управляющего сигнала в систему. Внедрение обратной связи, предотвращение выхода из строя оборудования
10.	Датчик плотности/ Плотномер	Устройство для непрерывного измерения плотности веществ в процессе их производства, переработки которое устанавливается непосредственно на технологической линии и/или производственном участке
11.	Дискретный датчик	Для дополнительного контроля налива для исключения перелива. Монтируется на конец наливающей трубы и останавливает систему в случае, если не произошла остановка насоса при показателе расходомера 100% или если цистерна наполнена, но по каким-либо причинам не произошла остановка процесса. Необходимо как дополнительная защита, и предотвращение перелива

4.1. Требования предъявляемые к системе

Все элементы системы в особенности датчики, расходомеры и прочая электроника должны быть взрывопожароустойчивы и изготовлены в соответствии с наивысшими требованиями по классификации пожарной безопасности (в большинстве стран это категория А пожарной опасности).

4.2. Расходомер

Требуется для повышения точности измерения расхода и управления технологическим процессом. Измерение расхода — это процесс измерения жидкости на заводе. Безусловно, поток можно измерить с помощью различных устройств, таких как расходомеры Кориолиса, измерители перепада давления, вихревые, электромагнитные, ультразвуковые и турбинные измерители. Требования к расходомеру варьируются от массового расхода до объемного и так далее. Конкретный тип расходомера выбирается компанией самостоятельно, исходя из внутренних требований и процедур. Также выбор расходомера зависит от финансового состояния предприятия.

Проанализировав текущее состояние на производстве, было принято решение о выборе кориолисового расходомера.

Самыми точными расходомерами на сегодняшний день считаются кориолисовы расходомеры. Кориолисовы расходомеры идеально подходят для любого применения, где высокая точность является ключом к качеству продукции, безопасности и рентабельности. Такие устройства из-за их высокой точности, поддерживаемой в широком диапазоне внешних условий и низких требований к техническому обслуживанию, часто используются в коммерческих счетчиках. Например, кориолисовы расходомеры Micro Motion от Emerson используются на VKG, поскольку они специально разработаны для удовлетворения потребностей предприятия. [\[5\]](#)

Расходомеры Кориолиса состоят из сенсора, который содержит измерительные трубки, и преобразователя, который отображает выходные параметры и позволяет настраивать расходомер для конкретного процесса. Основной режим работы расходомера Кориолиса основан на принципах механического движения. Когда жидкость движется через вибрирующую трубку, она вынуждена ускоряться, поскольку смещается в точку с максимальной амплитудой колебаний. При этом тормозящая жидкость удаляется от точки с максимальной амплитудой колебаний при выходе из трубы. В результате поток закручивается во время своего течения, поскольку он пересекает каждый цикл колебаний. [\[5\]](#)

Расходомер Кориолиса работает по принципу закона механики. Когда технологическая жидкость попадает в датчик, она отделяется. Во время работы катушка возбуждения заставляет трубки вибрировать с их собственными свойствами. Когда трубки вибрируют, напряжение, генерируемое каждой измерительной катушкой, создает синусоидальные колебания. Это указывает на движение одной трубки относительно другой. Измеренная разница во времени между волнами называется Дельта-Т и прямо пропорциональна массовому расходу. [\[5\]](#)



Рисунок 4.2.1. Изображение/размещение расходомера на участке трубопровода. [5]

Существуют также другие типы расходомеров, такие как измерители дифференциального давления, которые чаще всего используются для измерения и контроля промышленных процессов, коммерческого учета природного газа и многих других компонентов. [6]

Турбинные счетчики используются для коммерческого учета во многих областях нефтяной и химической промышленности. Турбинный расходомер измеряет также объемный расход, но, в отличие от вихревого расходомера, он может измерять с очень высоким разрешением и точностью низкие потоки и жидкости с более высокой вязкостью. [6]

Таким образом, согласно изученной информации и сравнив варианты существующих расходомеров кориолисовый расходомер наиболее точен в показателях и универсален в применении поэтому рекомендован для установки на предприятии. Также данный продукт можно рекомендовать с учётом специфики производства, например, тип и плотность жидкости, скорость потока жидкости, универсальность применения и т. д.

4.3. Насос и частотный преобразователь

Немаловажную роль в системе безусловно играет насос. Наряду с расходомером это один из ключевых и неотъемлемых элементов системы. Насосы подразделяются в свою очередь на различные модификации, среди которых выделяют и насосы с частотным преобразователем.

Преимущества использования преобразователя частоты:

- A. Стабилизация напора. Установка преобразователя частоты поддерживает давление в трубопроводе на нужном уровне независимо от количества открытых клапанов и конфигурации линии. Это и ряд других преимуществ: при изменении температуры в трубопроводе температура жидкости остается неизменной; остальные элементы и датчики трубопровода продолжают работать в оптимальном режиме [7].
- B. Защита насоса от перегрева. Преобразователь частоты включает реле расхода. В связи с этим насосное устройство защищено от работы всухую [7].
- C. Плавный старт. Исключает перегрузки при подаче напряжения на электродвигатель [7].
- D. Оптимизация энергопотребления. Поскольку насос постоянно переключается с одного режима на другой, потребление энергии становится более экономичным. Если насосное устройство большой мощности, снижение достигает 50%. По некоторым оценкам, только это окупит преобразователь частоты примерно от одного до полутора лет [7].
- E. Сниженный риск утечек (обрыв линий). Объяснение простое - давление поддерживается в пределах нормы, а значит аварийные ситуации из-за его скачков исключены. Оказывается, преобразователь частоты косвенно экономит материалы и время, необходимые для устранения неполадок в системе. Следовательно, не будет связанного с этого перерасхода выходящего продукта (проникновения в землю, перелива) [7].
- F. Увеличенный ресурс насоса. Преобразователь частоты регулирует ток и напряжение, а отсутствие резких скачков продлевает срок эксплуатации насосного устройства [7].
- G. Дистанционное управление. Насос подключается к контроллеру с помощью кабеля ProfiBus и позволяет удаленно управлять работой и получать необходимую информацию [7].
- H. Аварийное отключение насоса. Как следствие, одна из функций преобразователя частоты – защитная [7].

Помимо деления насосов на различные конфигурации, подразделяются и преобразователи частоты. Они могут быть как внешними, так и внутренними. Ниже приводится описание и небольшое сравнение обоих вариантов [8].

В двигатель встроены (внутренний) преобразователи частоты, они могут быть выполнены в едином корпусе с двигателем или расположены на двигателе (внешний). Эти модели насосов производятся в основном самими инновационными компаниями. Внешние преобразователи частоты имеют одно очень важное преимущество - в случае отказа насос продолжает работать, а со встроенным в двигатель преобразователем частоты устройство перестает работать в случае отказа. Ниже приведено сравнительное иллюстративное изображение вариантов монтажа частотного преобразователя в насос: внутренний и внешний варианты. [8]



Рисунок 4.3.1 Насос со встроенным в двигатель преобразователем частоты [8]



Рисунок 4.3.2 Насос со стандартным двигателем [8]

В перечень особенностей частотно-регулируемого насоса входят:

- A. Работа по постоянной характеристике [8].
- B. Работа для поддержания постоянного или дифференциального давления (требуется датчик давления, датчик дифференциального давления) [8].
- C. Операция по поддержанию постоянного расхода (с электронным расходомером) [8].
- D. Работа для поддержания постоянной или дифференциальной температуры (требуется датчик температуры, датчик дифференциальной температуры) [8].
- E. В загрузочных системах наиболее распространенная схема работы - поддержание постоянного давления. Преобразователь регулирует скорость насоса таким образом, чтобы при изменении расхода продукта давление в сети оставалось неизменным [8].
- F. Снижение потребления электроэнергии с помощью преобразователя частоты [8].

Г. Большинство инженерных систем в жилых домах и промышленных объектах представляют собой системы с переменным расходом (например, тепло- и водоснабжение, кондиционирование воздуха), где разница между пиковой и фактической нагрузкой может быть значительной. Эта разница связана с неравномерностью потребления во времени (рабочая смена, день, время года и т. Д.). Причем, чем больше эта разница, тем больше энергии смогут сэкономить насосы [\[8\]](#).

VKG в основном использует насосы Schneider Electric. Schneider Electric - компания мирового уровня по управлению энергопотреблением, предлагающая комплексные решения для ключевых сегментов рынка: гражданского и жилого, промышленного, энергетического и инфраструктурного, центров обработки данных и сетей. В настоящее время выбор осуществляется по принципу цена-качество. Поскольку большинство предприятий ставят в приоритет безопасность, надежность и качество, они стараются искать проверенные технологии. При этом всегда уделяется внимание ценам. [\[9\]](#)

4.4. Датчики

Датчики — это устройства, которые обнаруживают изменения в окружающей среде и передают сигналы о них в выходные каналы другой системы. Датчики преобразуют физическое явление в измеряемое аналоговое напряжение (или цифровой сигнал), преобразованное в читаемую форму или переданное для считывания и дальнейшей обработки. Датчики также играют важную роль в улучшении системы в рамках этой работы. Ниже приводится краткое описание предлагаемых к использованию датчиков.

[\[11\]](#)

4.4.1. Датчик сухого хода

Все виды насосного оборудования требуют специальной защиты. Для изделий этой группы аварийной ситуацией является, например, отсутствие или недостаточное количество жидкости в подающей магистрали (это называется «сухой ход»). Это приводит к повышенному износу и поломке насоса. Использование перекачивающего устройства, если в линии нет жидкого продукта недопустимо. Следовательно, отказы из-за сухого хода не подпадают под определение «гарантийный ремонт». В случае возникновения форс-мажорных обстоятельств из-за недостаточного уровня жидкости для предотвращения выхода насоса из строя, его необходимо вовремя выключить. В системах заправки цистерн за это отвечает автоматика, одним из обязательных элементов которой является датчик, предохраняющий насос от работы при отсутствии жидкости в магистрали.

4.4.2. Датчик давления

Датчик давления — это устройство, которое реагирует на изменения давления, преобразуя показания в сигнал устройства. При достижении верхнего предела он размыкает контур, подает сигнал тревоги и останавливает систему в аварийном режиме, в случае, когда давление восстанавливается до нормального уровня, насос продолжает работать. Датчик давления состоит из первичного датчика давления, который содержит чувствительный элемент - приемник давления, вторичные схемы обработки сигналов, различные части над конструкцией, в том числе датчик для герметичного соединения с объектом и защиты от внешних воздействий. Устройство вывода сигнала. Основными отличиями некоторых устройств являются пределы измерений, динамический и частотный диапазоны, точность регистрации давления, допустимые условия эксплуатации, весогабаритные характеристики в зависимости от принципа преобразования давления в электрический сигнал: тензометрический, пьезорезистивный, емкостной, индуктивный, резонансный и другие. [\[12\]](#)

4.4.3. Датчик температуры

Датчики температуры используются во многих промышленных процессах и сегодня являются наиболее популярными измерительными приборами. Как следует из

названия, основная функция этого типа датчика - контролировать температуру различных объектов. Это температура воздуха, температура различных жидкостей, газов, твердых тел и многое другое. Из-за необходимости измерения температуры они широко используются в широком спектре приложений, от систем управления технологическими процессами до бытовых приложений. Поскольку мы имеем дело с жидкими продуктами, особенно с горючими продуктами, информация о температуре является одним из обязательных параметров в этом проекте. Чтобы избежать аварии, пожара или экологической катастрофы, всегда необходимо поддерживать приемлемую температуру. [\[13\]](#)

4.4.4. Плотномеры (датчики плотности)

Плотномер — это устройство для непрерывного (или производственного) измерения плотности веществ (конвертер) во время производства или обработки, которое используется непосредственно в технологических линиях или производственных единицах. По принципу действия плотномеры для измерения плотности жидкостей (они самые распространенные) делятся на следующие основные группы: поплавковые, весовые, гидростатические, радиоизотопные, вибрационные, ультразвуковые датчики плотности. Для неопасных продуктов - общее количество неопасных продуктов в системе. Такой датчик позволяет на раннем этапе обнаруживать неисправности наполнения, например, если плотность жидкости внезапно увеличивается или уменьшается по сравнению с начальным заданным значением, оператор информируется об ошибке. [\[14\]](#)

4.4.5. Дискретный датчик уровня

Дискретные датчики — это устройства, которые позволяют контролировать количество уровня. В зависимости от принципа действия датчики могут выдавать дискретный (при достижении определенного уровня) или непрерывный сигнал (абсолютная зависимость от текущего уровня). [\[15\]](#)

4.5. Соединение устройств

В оборудовании, используемом в области автоматизации процессов, таком как датчики, исполнительные механизмы, передающие устройства, приводы и программируемые логические контроллеры, используется цифровая микроэлектроника. Для подключения этих промышленных цифровых устройств к компонентам автоматизации более высокого уровня все чаще используются полевые шины с последовательным битовым интерфейсом. В настоящее время в области полевых шин используется широкий спектр частных сетей. Это часто приводит к изолированным несовместимым решениям. [\[16\]](#)

PROFIBUS PROcess FIeld BUS - это открытая промышленная сеть, прототип которой был разработан компанией Siemens для своих промышленных контроллеров SIMATIC. На основе этого прототипа организация пользователей Profibus разработала международные стандарты, которые затем были приняты некоторыми национальными комитетами по стандартизации. Очень широко распространен в Европе, особенно в машиностроении и управлении промышленным оборудованием. [\[16\]](#)

Насос и контроллер ввиду большого объема передаваемой информации соединены между собой при помощи PROFIBUS 1243-5 модуля. Остальные датчики подключаются к контроллеру напрямую. Персональный компьютер оператора подключён через PROFINET.

5. ПРЕДЛАГАЕМОЕ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, ОПИСАНИЕ ПРОГРАММНЫХ БЛОКОВ

Для обеспечения системного функционирования требуется оснащение программным обеспечением и контроллером. Для проведения программной настройки системы, с учётом рекомендаций предприятия и изученной документации было разработано необходимое ПО с применением software TIA Portal V-15, контроллера PLC Simatic S7-1200, соединительных системы связи Profibus и Profinet, и PC Station в качестве устройства вывода информации и управления.

Система по структуре не сложная, следовательно, одного контроллера и одного ПК будет достаточно для ее функционирования. Большинство функционала системы предназначено для работы в автоматическом режиме. В ручном режиме предусмотрена только экстренная остановка как с применением ПО, так и с применением физических действий (кнопки, краны, вентили и т. д.). Система построена на исключительной взаимосвязи элементов, в случае выхода какого-либо элемента из строя дальнейшее функционирование системы не предполагается возможным до момента устранения неисправности.

5.1. Реализация программной части

5.1.1. Настройка контроллера в TIA Portal

На основании полученной информации ранее имеется ясность в том, что достаточно одного контроллера для работы системы, поскольку при таком количестве элементов как правило достаточно минимального набора.

В случае необходимости допускается расширение модулей (например, в случае, когда работает несколько наливных установок), или формирование ПО и системы на каждую установку отдельно. Во втором случае стоимость существенно возрастёт так как понадобится на каждую установку по контроллеру и PC-Station.

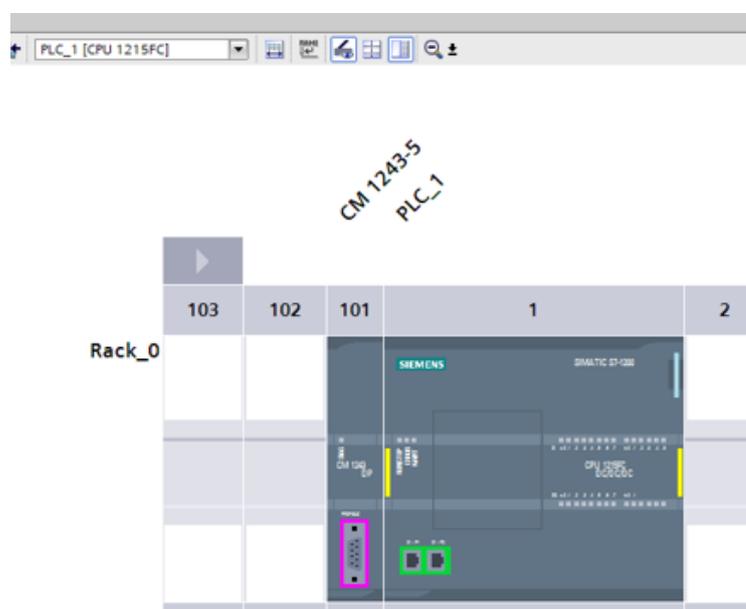


Рисунок 5.1.1 Экранный снимок TIA-portal: добавление контроллера

Используемый контроллер PLC Simatic серии S7-1200. Обозначен как PLC_1 CPU 1215FC. Модуль Profibus CM 1243–5, для соединения насоса с контроллером. Остальные датчики подключаются к контроллеру напрямую т. к. они передают малый объём информации, и не требуют усиленного соединения.

5.1.2. Реализация функции преобразования аналогового сигнала

Поскольку почти все датчики являются аналоговыми необходимо преобразование для возможности их дальнейшего взаимодействия со смежными системами. Аналоговые сигналы используются для измерения различных изменяющихся физических величин, таких как давление, температура, расход и пр. Для преобразования в TIA-портале необходимо:

1. Добавить функциональный блок. В рамках данной работы это блок FC2 Scale;
2. Max_Inp и Min_Inp – диапазон выходного сигнала с датчика 4-20мА;
3. Внести необходимые данные для преобразования, в которых содержится 5 входов и 1 выход, где input значения на входе (аналоговые), а также их максимальные и минимальные величины max_inp, min_inp, и преобразованные значения min_scale и max_scale, а также output соответствующие значения на выходе;
4. Указать тип обрабатываемых данных Word, Real и т. д., в зависимости от типа информации, при желании можно добавить комментарий;
5. В строке формул прописать необходимую задачу. Преобразование осуществляется по формуле: $(High-Low) / 27648 * IN + Low$, где High - верхнее значение шкалы Low – нижнее IN - вход аналогового сигнала;
6. Добавить условия IF-THEN, например если value_inp меньше минимального или value_inp меньше нуля, то на выходе будет получено min_scale (минимальное значение).

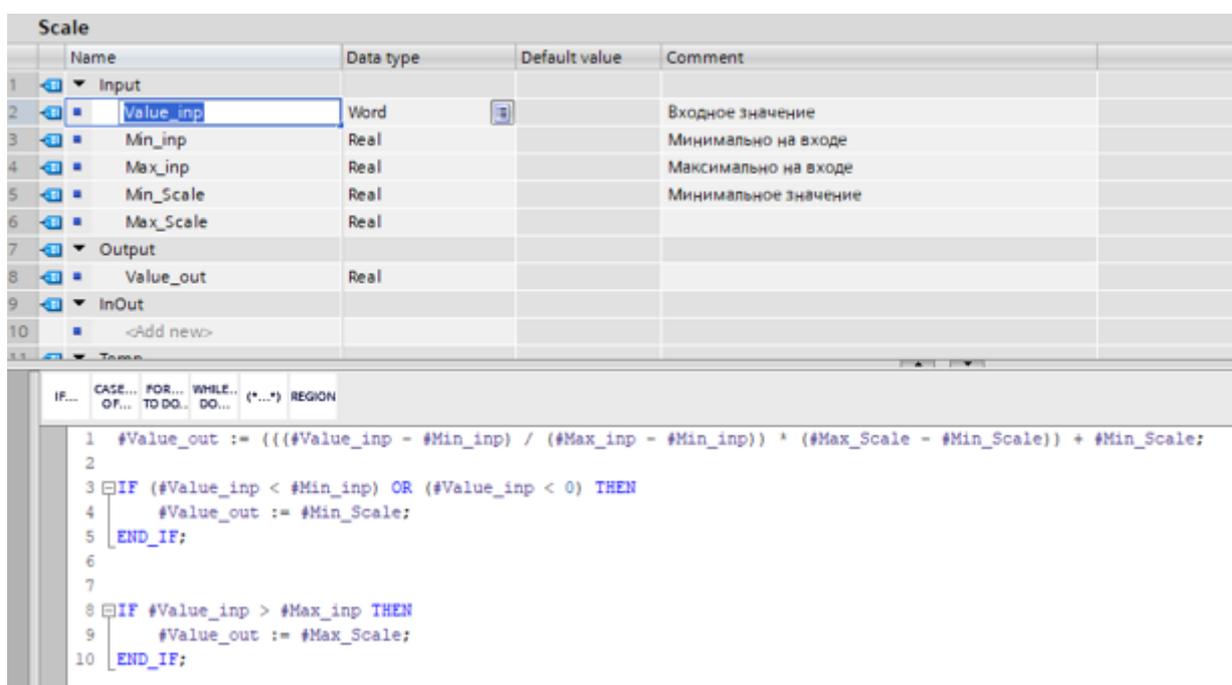


Рисунок 5.1.2 Экранный снимок TIA-portal: дата блок настройка преобразования сигнала

5.1.3. Использование функционального блока преобразования аналоговых сигналов в цифровой

Далее необходимо добавление ещё одного функционального блока, в котором через Network настраивается непосредственно преобразование сигналов из аналогового в цифровой. К примеру, на вход блока FC2 подаются аналоговый сигнал value_inp, границы его значений min/max_inp и границы для уже масштабированного сигнала min/max scale. На выходе – масштабированный цифровой сигнал Value_out, с которым можно работать. Аналогичная формула применяется ко всем датчикам, изменяется

лишь тег, который отвечает за ту или иную функцию в конкретном элементе. Как в случае с приведённым в работе примером, Network 1 отвечает за преобразование сигнала с датчика давления %IW6.4 DetectorPressure.

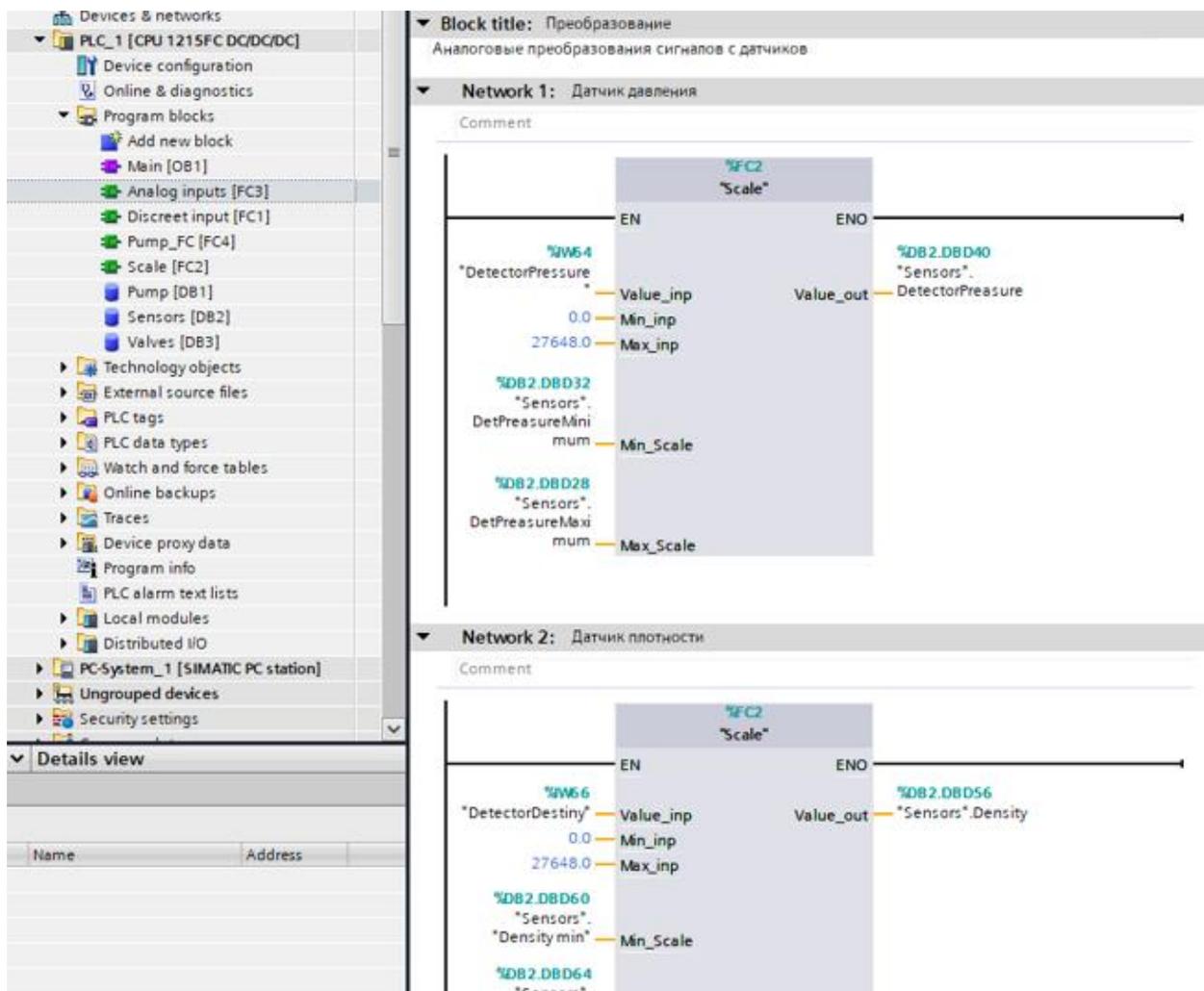


Рисунок 5.1.3 Экранный снимок TIA-portal: дата блок настройка масштабирования сигнала.

5.1.4. Реализация связи контроллера с отсечным клапаном

Далее в рамках операции по программированию контроллера необходима связь между кнопками и приводами и внутренними меркерами в системе. Иными словами, это те же самые кнопки и приводы, но виртуальные. В качестве примера было выбрано настраивание отсечных клапанов поскольку с их программированием образовалось усложнение. Так как система предполагает максимальную автоматизацию, необходимо продумать все ситуации, в частности что делать если мембрана отсечного клапана оказалась в промежуточном положении, когда она не открыта и не закрыта. Данный вопрос имеет высокую значимость поскольку незакрытый клапан может образовать утечку, что повлечёт за собой экономические и экологические последствия. Для решения данного вопроса было предложено считать, что промежуточным положением можно назвать сигнал двух нулей, когда не открыто и не закрыто. На отсечных клапанах имеются концевые выключатели, которые содержат пару 1/0 на каждое

состояние. В таблице 5.1.1 дано подробное описание сигналов с концевых выключателей и их статусов:

Таблица 5.1.1 Логика клапанов-отсекателей

Нормальное состояние ОТКРЫТО	Нормальное состояние ЗАКРЫТО	Ошибка если
1 – Да, открыто	1 – Да, закрыто	0 – Нет, не открыто
0 – Нет, не открыто	0 – Нет, не закрыто	0 – Нет, не закрыто

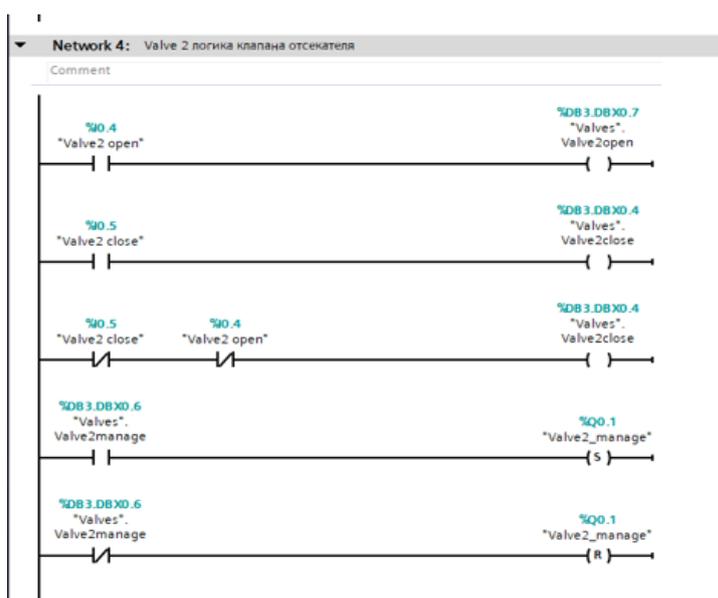


Рисунок 5.1.4 Экранный снимок TIA-portal: логика клапана-отсекателя.

Для настройки данной логики применяется функция нормального открытого контакта на входе и выходе, условие и/или при нормально закрытом контакте с выходным значением на закрытие клапана, и в случае застревания применяется функция S/R на выходе для сброса значений.

5.1.5. Дата блок для насоса

Насос является ключевым элементом в системе. Так как насос – сложное технологическое устройство, включает в себя также элемент электроники такой как частотный преобразователь рекомендуется создание отдельного дата-блока, для хранения всех значений насоса. В блоке присутствуют названия переменных, их тип данных, комментарии. Эти данные можно использовать как в самой системе, так и с внешней системы. Если подключиться к контроллеру по локальной связи с другой системы, используя данные этого дата блока можно управлять насосом. При формировании дата-блока особое автора было внимание уделено названиям и пояснениям, то есть все названия должны быть чёткими, ясно означающими суть и на

английском языке. В поле комментариев можно добавить описание на удобном для пользователей языке для обозначения дополнительной информации.

pump										
	Name	Data type	Offset	Start value	Retain	Accessible f...	Writa...	Visible in ...	Setpoint	Comment
1	Static									
2	PumpErrStatus	Bool	0.0	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Ошибка насоса
3	PumpFreqHz	Real	2.0	0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Частота насоса Герц
4	PumpMainStatus	Bool	6.0	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Основной статус насоса, работоспособность
5	PumpOperationEnabled	Bool	6.1	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
6	PumpFault	Bool	6.2	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
7	StartStopButton	Bool	6.3	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
8	PumpNoConnection	Bool	6.4	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
9	PumpFaultResetOut	Bool	6.5	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
10	PumpEnableOperatio...	Bool	6.6	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
11	PumpSwitchOnDisabled	Bool	6.7	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
12	PumpQuickStopOut	Bool	7.0	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
13	PumpSwitchOnOut	Bool	7.1	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
14	PumpTargetReached	Bool	7.2	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
15	PumpIntLimitActive	Bool	7.3	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
16	PumpStopKey	Bool	7.4	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
17	PumpStatusWord	Word	8.0	16#0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
18	PumpDirectionRotation	Bool	10.0	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
19	Remote	Bool	10.1	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
20	Warning	Bool	10.2	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
21	PumpQuickStop	Bool	10.3	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
22	PumpSwitchOn	Bool	10.4	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
23	PumpReadySwitchOn	Bool	10.5	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
24	PumpNetworkStatus	Bool	10.6	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Сетевой статус насоса
25	PumpRPM	Int	12.0	0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Обороты насоса
26	PumpStreamSpeed	Real	14.0	0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Скорость налива насоса
27	PumpVoltage	Real	18.0	0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Напряжение насоса вольт

Рисунок 5.1.5 Экранный снимок TIA-portal: дата блок для насоса

Названия и ввод переменных также классифицируются по типу. Тип зависит от обрабатываемой информации, например Bool, int, Real и т. д. Иными словами происходит некое формирование базы данных со свойственным для неё набором. Как правило данные для дата-блока насоса уже присутствуют в инструкции к устройству, и их можно интегрировать в TIA-портал. В колонке offset при компиляции присваивается адрес к каждой переменной, что в последствии используется уже в контроллере. При необходимости под некоторые переменные заносится Start value стартовое значение.

5.1.6. Дата блок для датчиков

Дата-блок для датчиков был создан отдельно, но поскольку по датчикам имеется сравнительно немного информации, оказалось достаточно единого дата блока DB для всех датчиков сразу. Аналогично дата блоку насоса и здесь также внимание уделено названиям и пояснениям, к примеру в третьей строке Flow имеется переменная, отвечающая за расход, с типом данных Real так как там используется числовое обозначение, с присвоенным адресом 8.0 и без минимального стартового значения.

Name	Data type	Offset	Start value	Retain	Accessible f...	Writa...	Visible in ...	Setpoint	Comment
Static									
Flow max	Real	0.0	300.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Расход максимальный
Flow min	Real	4.0	0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Расход минимальный
Flow	Real	8.0	0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Расход
CounterCollection	Int	12.0	0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Подсчёт по счётчику
CounterDose	Int	14.0	60	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Счётчик дозирования тонн налива
CounterInformation	Real	16.0	0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Данные со счётчика
CounterMassFlow	Int	20.0	0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Счётчик расхода массы
CounterUstavka	Int	22.0	0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Счётчик по уставке
CounterVolumeFlow	Int	24.0	0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Счётчик расхода объёма налива
DetDryWayAlarm	Bool	26.0	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Авария датчика сухого хода
DetectorDryWayStatus	Bool	26.1	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Статус датчика сухого хода
DetPressureMaximum	Real	28.0	10.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Минимум по датчику давления бар
DetPressureMinimum	Real	32.0	0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Максимум по датчику давления бар
DetPressureUstavka	Real	36.0	0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Датчик давления уставка
DetectorPressure	Real	40.0	0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Аналоговый датчик давления
TempMin	Real	44.0	0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Датчик температуры минимум
TempMax	Real	48.0	30.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Датчик температуры максимум
Temp	Real	52.0	0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Датчик температуры показатель
Density	Real	56.0	0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Датчик плотности показатель
Density min	Real	60.0	0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Датчик плотности минимум
Density max	Real	64.0	15.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Датчик плотности максимум
DiscrDetAlarm	Bool	68.0	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Ошибка дискретного датчика
DiscrDetStatus	Bool	68.1	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Дискретный датчик в работе

Рисунок 5.1.6 Экранный снимок TIA-portal: дата блок для датчиков

5.1.7. Реализация логики счётчиков и сумматоров

Расчёт выдаваемого продукта осуществляется двумя показателями: текущий экраный счётчик и общий счётчик-накопитель. Это необходимо для статистических данных: во-первых, текущий счётчик отражает реальное значение налива, это видно оператору для контроля состояния. Во-вторых, общий сумматор накапливает за всё время объём уже выданного продукта что позволит иметь полную информацию необходимую для использования в дальнейшем. Для наладки логики счётчиков необходимо добавить организационный блок OB Block с функцией Cyclic interrupt так как выполнение программы пользователя в PLC происходит циклически, так называемый циклический цикл. То есть сначала значения считываются из области ввода, затем выполняется сама программа, а затем результат программы записывается в память вывода. [10]

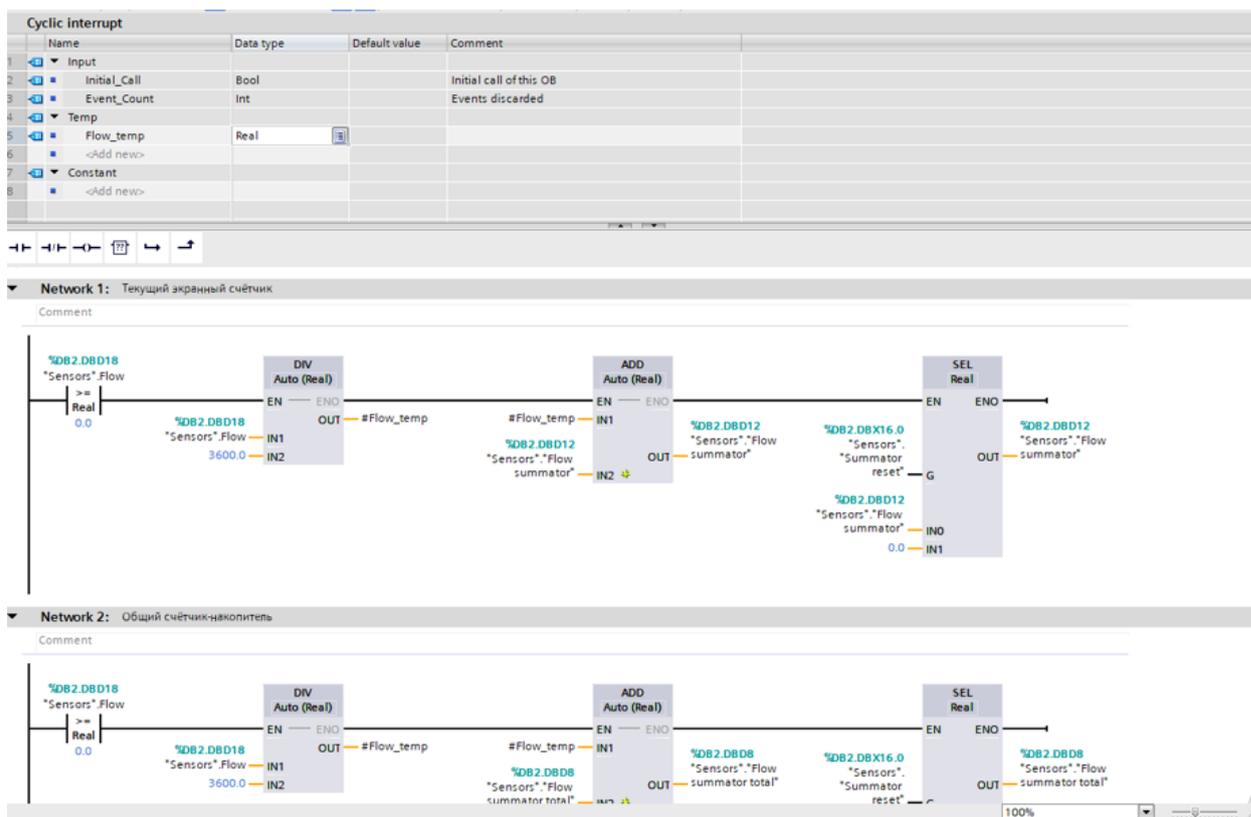


Рисунок 5.1.7 Экранный снимок TIA-portal: логика счётчиков и сумматоров

Настроено деление DIV на 3600, как преобразование кубического значения из часа в секунду, это необходимо для отображение наиболее точной информации. При помощи ADD конвертированное значение передаётся в сумматор. Счётчик вещества, применяется блок SEL: если на G будет 0 (ложь), то в сумматор будет идти IN0, если 1 (истина), то IN1 через SEL сделан сброс сумматора в 0, то есть после каждой сессии налива текущее показание сбрасывается, но при этом информация записывается в общий объём.

5.1.8. Чтение сигналов насоса

Насос – сложная по своему составу структура, в нём, помимо программируемых в рамках данного проекта функций, имеются ещё множество собственных функций, заложенных производителем. Для корректной работы программы добавление блока считывания сигналов насоса обязательно, они отражают состояние элемента и таким образом можно оперативно получать информацию о состоянии.

Данный блок был добавлен с вводом тегов из дата-блока насоса, например, входной PLC-tag %i71.2 PumpReadySwitchon в первой строке содержит на выход аналогичный HMI-tag %DB1.DBX10.4 что означает готовность насоса (готов или нет). Чтение сигналов осуществляется через нормально открытые контакты.

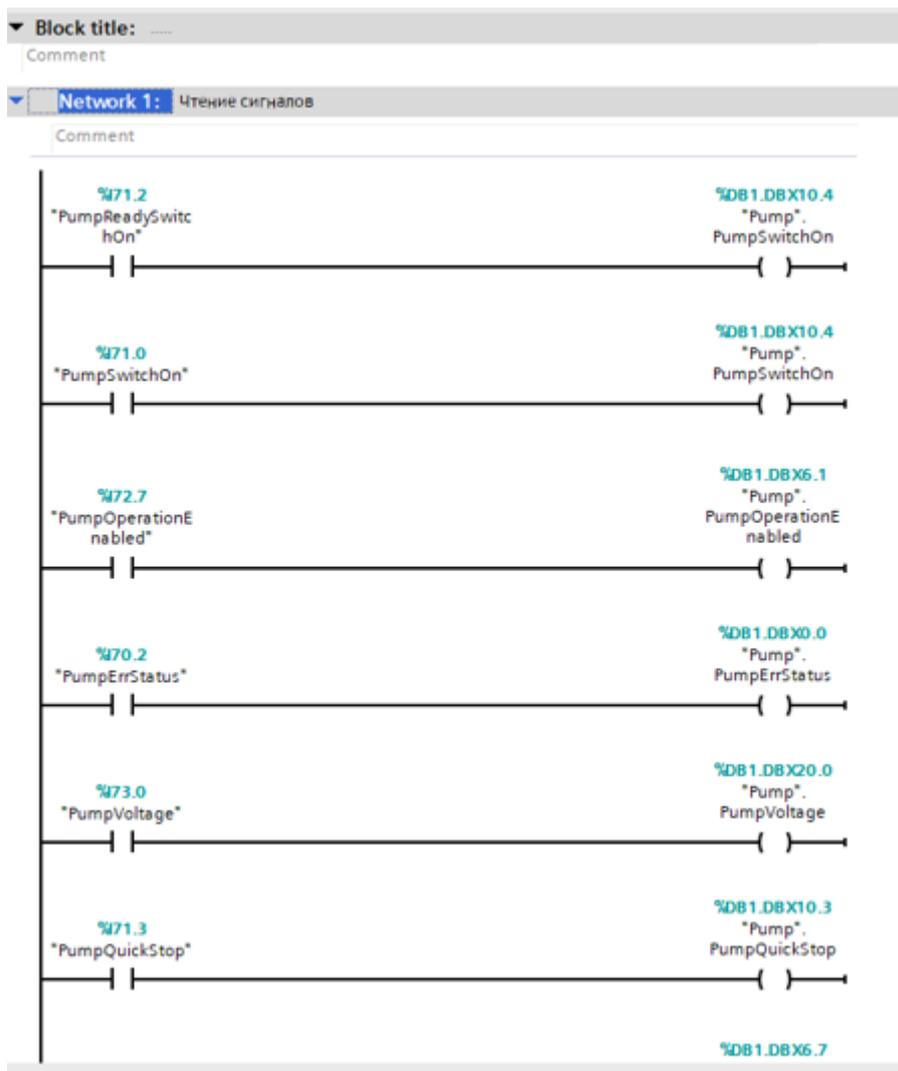


Рисунок 5.1.8 Экранный снимок TIA-portal: чтение сигналов

5.1.9. Реализация основной программы

Для обеспечения выполнения данной функции используется SR триггер. SET имеет приоритет над RESET. Для того, чтобы насос включился, согласно алгоритму, нужны два условия: готовность к старту, нажатая кнопка START, а, чтобы выключился отсутствие сигнала о готовности, нажатая кнопка STOP или достижение SP, а также некорректный сигнал какого-либо из элементов. И далее следуют аналогичные параметры, проверка отсечных клапанов, нормальное завершение процесса и обнуление сумматора.

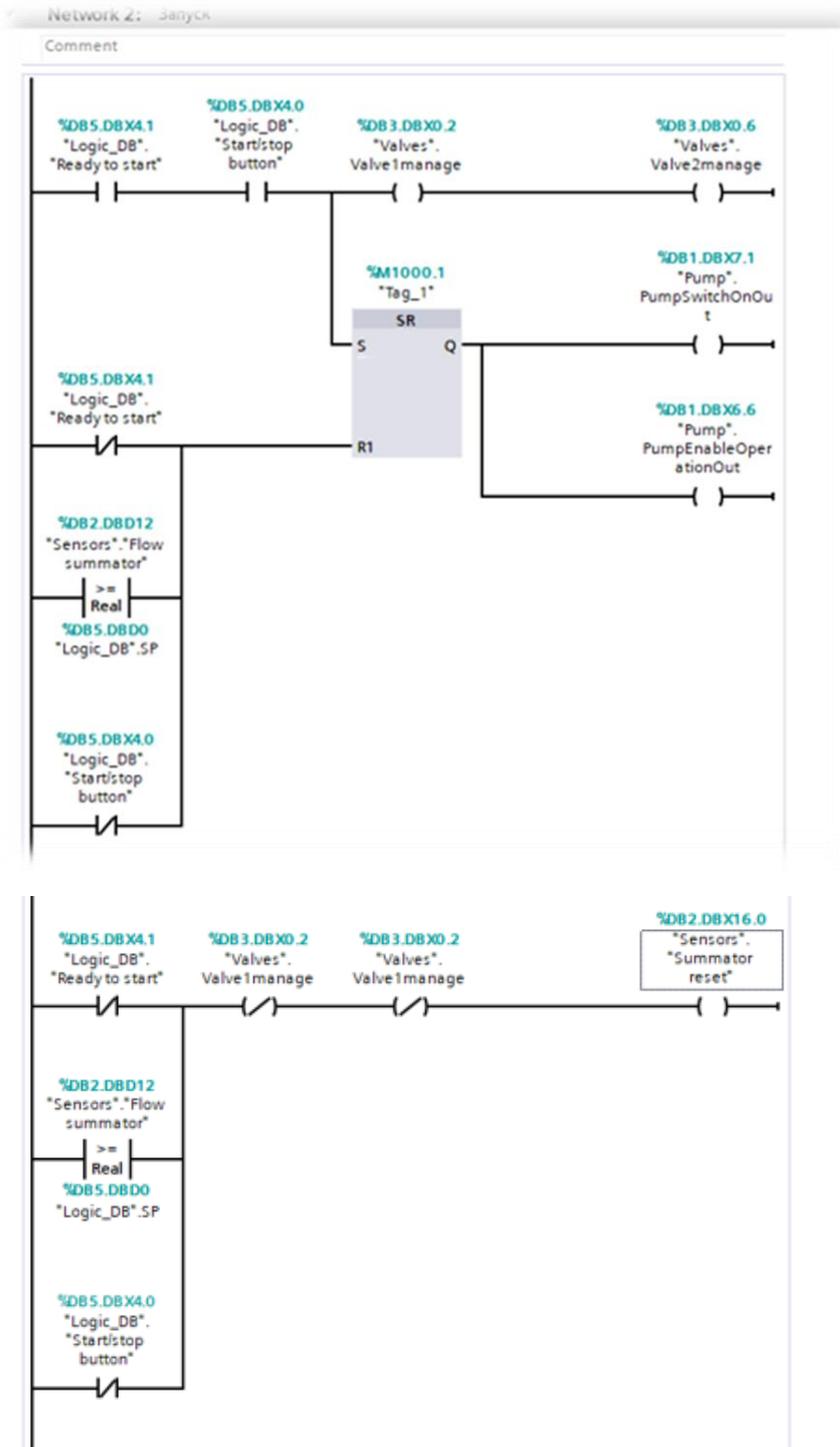


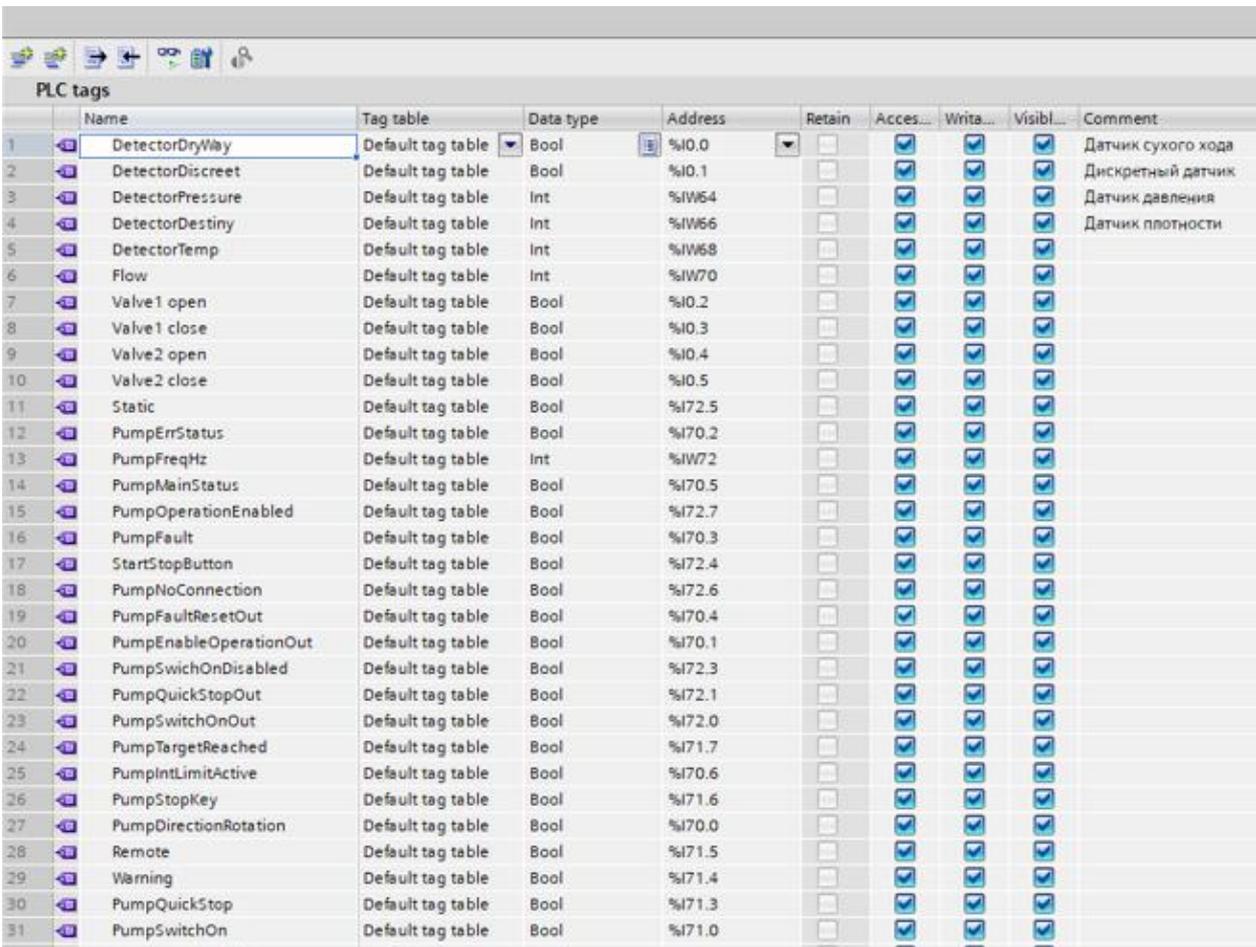
Рисунок 5.1.9 Экранный снимок TIA-portal: реализация основной программы

5.1.10. PLC-Теги

Как и в большинстве систем SCADA, TIA-Portal работает с тегами (т. н. точками), каждый из которых представляет собой определенный набор данных, передаваемых от PLC в SCADA и наоборот. Теги хранятся в tag table которые также можно группировать в зависимости от объёма элементов. В рамках данного проекта существенного разделения не требуется из-за малочисленности элементов, но важно правильно назвать каждый тег для облегчения последующей работы с системой.

Таблица тегов содержит наименование тега, его место размещения, тип данных, например bool, логический тип по принципу 1/0 true false в данном случае обычно применим к простым функциям датчиков и т. п., занимает 1 байт, тип данных int целое число. Используется для хранения целых чисел, например давление, объём и т. д., занимает 2 байта.

Адресация осуществляется при компиляции и как правило автоматически, присвоение адресов происходит в зависимости от типа данных и размера данных. Буквенные значения I-входные, Q-выходы, IW-аналоговые выходы. Контроллер работает и осуществляет обмен информацией только по адресам, а SCADA отражает всю внесённую ранее информацию.



	Name	Tag table	Data type	Address	Retain	Acces...	Writa...	Visibl...	Comment
1	DetectorDryWay	Default tag table	Bool	%I0.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Датчик сухого хода
2	DetectorDiscreet	Default tag table	Bool	%I0.1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Дискретный датчик
3	DetectorPressure	Default tag table	Int	%IW64		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Датчик давления
4	DetectorDestiny	Default tag table	Int	%IW66		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Датчик плотности
5	DetectorTemp	Default tag table	Int	%IW68		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
6	Flow	Default tag table	Int	%IW70		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
7	Valve 1 open	Default tag table	Bool	%I0.2		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
8	Valve 1 close	Default tag table	Bool	%I0.3		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
9	Valve 2 open	Default tag table	Bool	%I0.4		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
10	Valve 2 close	Default tag table	Bool	%I0.5		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
11	Static	Default tag table	Bool	%I72.5		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
12	PumpErrStatus	Default tag table	Bool	%I70.2		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
13	PumpFreqHz	Default tag table	Int	%IW72		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
14	PumpMainStatus	Default tag table	Bool	%I70.5		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
15	PumpOperationEnabled	Default tag table	Bool	%I72.7		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
16	PumpFault	Default tag table	Bool	%I70.3		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
17	StartStopButton	Default tag table	Bool	%I72.4		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
18	PumpNoConnection	Default tag table	Bool	%I72.6		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
19	PumpFaultResetOut	Default tag table	Bool	%I70.4		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
20	PumpEnableOperationOut	Default tag table	Bool	%I70.1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
21	PumpSwichOnDisabled	Default tag table	Bool	%I72.3		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
22	PumpQuickStopOut	Default tag table	Bool	%I72.1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
23	PumpSwitchOnOut	Default tag table	Bool	%I72.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
24	PumpTargetReached	Default tag table	Bool	%I71.7		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
25	PumpIntLimitActive	Default tag table	Bool	%I70.6		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
26	PumpStopKey	Default tag table	Bool	%I71.6		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
27	PumpDirectionRotation	Default tag table	Bool	%I70.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
28	Remote	Default tag table	Bool	%I71.5		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
29	Warning	Default tag table	Bool	%I71.4		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
30	PumpQuickStop	Default tag table	Bool	%I71.3		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
31	PumpSwitchOn	Default tag table	Bool	%I71.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

Рисунок 5.1.10 Экранный снимок TIA-portal: PLC – теги таблица базы данных

5.1.11. Реализация визуализации

Принимая во внимание тот факт, что система имеет сравнительно небольшое количество элементов, операторский экран представлен в виде одного окна. В центре экрана схематически изображены элементы системы. Принято решение отобразить каждый элемент пиктограммой/иконкой наиболее похожей на реальный элемент системы. Классическая схема сложна к восприятию поскольку в ней изображение элементов может вызвать сложности, и при возникновении аварийной ситуации оператор не сможет оперативно среагировать. Каждый элемент имеет свой цвет. Это сделано специально для того, чтобы каждый элемент выделялся отдельно и отличался друг от друга. Иными словами, каждый элемент на схеме имеет уникальное изображение и может быть однозначно идентифицирован оператором. Датчики отображены слева и один справа от системы и примерно на том же месте, где они находятся в реальности. Слева находится основная суть работы, поле для ввода выдаваемого объёма, шкала наполнения кнопки старт и аварийная остановка. Справа размещены информационные окна показывающие данные по работе системы, например обороты насоса, ток, температуру и прочие значения, необходимые для работы системы. Для минимизации рисков все элементы отражены непосредственно в виде пиктограмм самих элементов, из кнопок только старт и аварийная остановка, а также поле для ввода параметров налива. В данном проекте оператору предоставлен минимум полномочий в целях предотвращения нестандартных ситуаций, а также все элементы и изображения максимально просты и понятны для возможности работы с ними оператору любой квалификации.

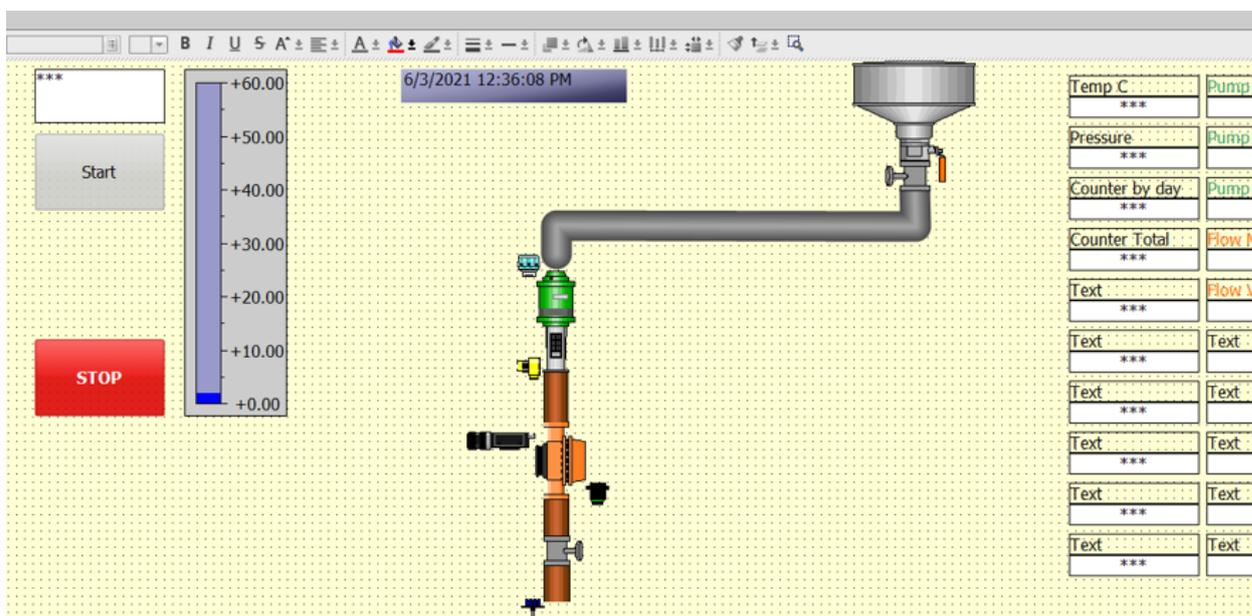
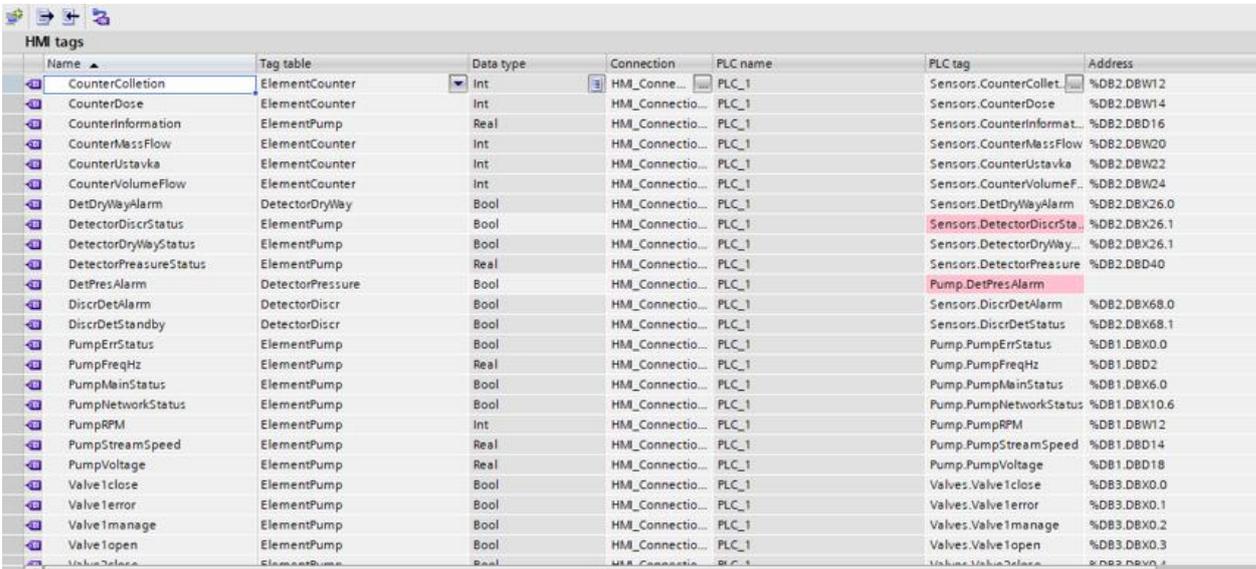


Рисунок 5.1.11 Экранный снимок TIA-portal: экран оператора

5.1.12. HMI-Теги

Теги, задействованные в панели HMI или на операторском мониторе. Необходимы для обеспечения визуализации процесса. В рамках работы были добавлены HMI-теги, которые отвечают за вывод информации на экран (монитор) оператора. Также для каждого такого тега применена адресация (то есть PLC-тег, на который ссылается HMI-тег для отображения информации). Как и в случае с PLC-тегами, HMI-теги также имеют свои адреса, которые присваиваются автоматически при компиляции, в адресе также можно наблюдать код дата-блока откуда происходит привязка. При помощи HMI-тегов также настраивается анимация.

Например, PumpRPM в Integer целым числом выдаёт информацию об оборотах насоса. Относится к PLC-тегу DB Pump.PumpRPM и размещён по адресу %DB1.DBW12, тег Valve1error с boolean типом будет использован в анимации и аларме, то есть при выдаче сигнала 0, начнёт мигать.



Name	Tag table	Data type	Connection	PLC name	PLC tag	Address
CounterCollection	ElementCounter	Int	HMI_Conne...	PLC_1	Sensors.CounterCollet...	%DB2.DBW12
CounterDose	ElementCounter	Int	HMI_Connectio...	PLC_1	Sensors.CounterDose	%DB2.DBW14
CounterInformation	ElementPump	Real	HMI_Connectio...	PLC_1	Sensors.CounterInformat...	%DB2.DB016
CounterMassFlow	ElementCounter	Int	HMI_Connectio...	PLC_1	Sensors.CounterMassFlow	%DB2.DBW20
CounterUstavka	ElementCounter	Int	HMI_Connectio...	PLC_1	Sensors.CounterUstavka	%DB2.DBW22
CounterVolumeFlow	ElementCounter	Int	HMI_Connectio...	PLC_1	Sensors.CounterVolumeF...	%DB2.DBW24
DetDryWayAlarm	DetectorDryWay	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	Sensors.DetDryWayAlarm	%DB2.DBX26.0
DetectorDiscrStatus	ElementPump	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	Sensors.DetectorDiscrSta...	%DB2.DBX26.1
DetectorDryWayStatus	ElementPump	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	Sensors.DetectorDryWay...	%DB2.DBX26.1
DetectorPressureStatus	ElementPump	Real	HMI_Connectio...	PLC_1	Sensors.DetectorPressure	%DB2.DB040
DetPresAlarm	DetectorPressure	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	Pump.DetPresAlarm	
DiscrDetAlarm	DetectorDiscr	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	Sensors.DiscrDetAlarm	%DB2.DBX68.0
DiscrDetStandby	DetectorDiscr	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	Sensors.DiscrDetStatus	%DB2.DBX68.1
PumpErrStatus	ElementPump	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	Pump.PumpErrStatus	%DB1.DBX0.0
PumpFreqHz	ElementPump	Real	HMI_Connectio...	PLC_1	Pump.PumpFreqHz	%DB1.DB02
PumpMainStatus	ElementPump	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	Pump.PumpMainStatus	%DB1.DBX6.0
PumpNetworkStatus	ElementPump	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	Pump.PumpNetworkStatus	%DB1.DBX10.6
PumpRPM	ElementPump	Int	HMI_Connectio...	PLC_1	Pump.PumpRPM	%DB1.DBW12
PumpStreamSpeed	ElementPump	Real	HMI_Connectio...	PLC_1	Pump.PumpStreamSpeed	%DB1.DB014
PumpVoltage	ElementPump	Real	HMI_Connectio...	PLC_1	Pump.PumpVoltage	%DB1.DB018
Valve1close	ElementPump	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	Valves.Valve1close	%DB3.DBX0.0
Valve1error	ElementPump	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	Valves.Valve1error	%DB3.DBX0.1
Valve1manage	ElementPump	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	Valves.Valve1manage	%DB3.DBX0.2
Valve1open	ElementPump	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	Valves.Valve1open	%DB3.DBX0.3
Valve1release	ElementPump	Real	HMI_Connectio...	PLC_1	Valves.Valve1release	%DB3.DBX0.4

Рисунок 5.1.12 Экранный снимок TIA-portal: HMI-теги таблица базы данных

5.1.13. Реализация анимации

Для визуализированного отражения состояния элементов принято дополнительно оснастить выдачу сигналов анимационным значением. Произведена анимация всех элементов системы, отображаемых на экране оператора, кроме трубопровода и резервуара.

Например, в случае если какой-либо из элементов выдаёт «0», то на экране оператора он начинает мигать. Мигание выбрано по той причине, что оператор сразу видит какой конкретно элемент выдаёт некорректный сигнал: насос расходомер датчик и т. п. Ниже видна настроечная таблица, где отлаживается анимация с указанием параметров анимирования и скоростью отображения информации.

В настройках элемента был выбран Animations с применением Tag/PLC-Tag DetDryWayAlarm bool type где, при выдаче 0 зафиксирована ошибка и датчик сухого хода на экране оператора начнёт мигать.

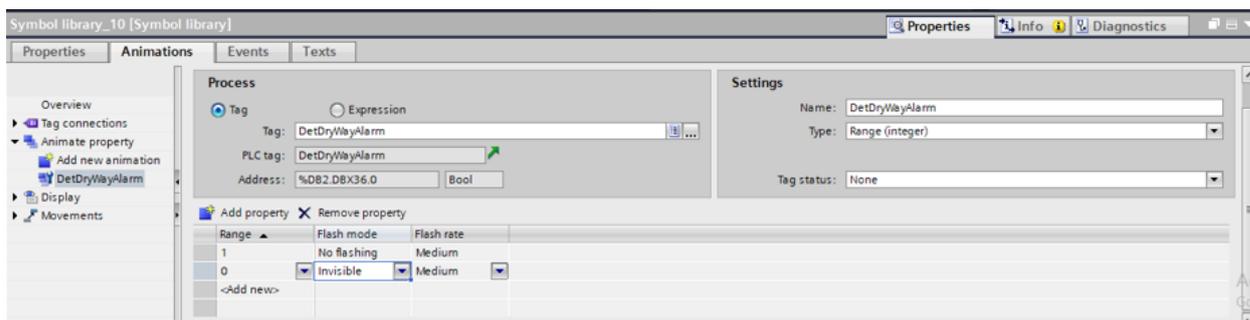


Рисунок 5.1.13 Экранный снимок TIA-portal: анимирование

5.1.14. Список сигнализаций

Настройка сигнализаций для HMI. Помимо анимации мигание в Алармы еще входит дополнительный функционал оповещения. Он необходим для более подробного информирования о происходящем. Содержит в себе:

- A. ID ошибки;
- B. Название;
- C. текст ошибки;
- D. класс ошибки;
- E. какой тег генерирует эту ошибку;
- F. нужно ли квитировать ошибку.

Функционал был выполнен и настроен в разделе HMI Alarms. Например, ID2. DryWayAlarm text No fuel process was stopped означает остановку процесса из-за отсутствия поступающей жидкости в установке.

Discrete alarms

ID	Name	Alarm text	Alarm class	Trigger tag	Trigge..	Acknowledg...	Ackn...	Single ackno...	Alarm annun...
1	PumpError	Pump Error	Errors	PumpErrStatus	0	<No tag>	0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	DryWayAlarm	No fuel! Process was stopped!	Errors	DetectorD...	0	<No tag>	0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	DiscrDetectAlarm	Filling is over check the status!	Errors	<No tag>	0	<No tag>	0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<Add new>									

ryWayAlarm [Discrete_alarm]

Properties | Events | Texts

General

Settings

ID: 2

Alarm class: Errors

Alarm group: <No alarm group>

Name: DryWayAlarm

Priority: 0

Connection

PLC number: 0

CPU number: 0

Рисунок 5.1.14 Экранный снимок TIA-portal: алармы

ВЫВОД

Согласно поставленной задачи в рамках данной дипломной работы предложен вариант решения проблемы перелива и предложен вариант решения вопроса по упразднению контрольного взвешивания.

Перелив можно предотвратить за счёт установки датчиков, нового расходомера и перечню сигнализаций и блокировок в программном обеспечении. Одновременно с этим, благодаря датчикам и обновлённому программному обеспечению решён вопрос упразднения взвешивания цистерн в связи с внедрением точности измерений и автоматизации.

На момент выполнения работы по усовершенствованию системы обнаружилось сложности в том, что некоторые участки наливной установки вовсе не были оцифрованы, система могла работать при выходе из строя какого-либо из элементов, что в свою очередь могло саботировать процесс, например быстрота выполнения ремонтных работ или вовсе уведомление руководства о неисправности. Также в программном обеспечении были выявлены существенные недостатки по оформлению, например когда теги были названы случайным образом и не было возможности понять, что за что отвечает.

Резюмируя изложенное, по всем вышеперечисленным проблемам и ошибкам было предложено решение, которое заключалось в полной цифровизации системы, сужению полномочий оператора и расширения автоматизации. По части программного обеспечения предложено программное управление с более удобным интерфейсом для оператора и чёткой и понятной структурой для инженеров для будущего обслуживания.

Таким образом вопрос был решён, поставленная задача решена.

KOKKUVÕTE

Vastavalt ülesandele pakutakse käesoleva lõputöö raames välja lahendus ülevooluprobleemile ja lahendus kontrollkaalumise kaotamise küsimusele.

Ülevoolu saab ära hoida, kui paigaldada tarkvarasse andurid, uus vooluhulgamõõtur ning alarmide ja lukkude nimekiri. Ühtlasi lahenes tänu anduritele ja uuendatud tarkvarale paakide kaalumise kaotamise küsimus seoses mõõtetäpsuse ja automatiseerimise kasutuselevõttuga.

Süsteemi täiustamise ajal ilmnis raskusi selles, et laadimispalgaldise osad olid üldse digiteerimata, süsteem võis töötada mõne elemendi rikke korral, mis omakorda võib protsessi saboteerida, näiteks remonditööde kiirus või isegi juhtkonna teavitamine rikkest. Samuti paljastas tarkvara olulisi disainivigu, näiteks kui silte nimetati juhuslikult ja ei olnud võimalik aru saada, mis mille eest vastutab.

Eelnevat kokku võttes pakuti kõikidele ülaltoodud probleemidele ja vigadele välja lahendus, mis seisnes süsteemi täielikus digitaliseerimises, operaatori volituste kitsendamises ja automatiseerimise laiendamises. Tarkvara osas pakutakse välja tarkvarajuhtimine operaatori jaoks mugavama liidesega ning inseneridele edaspidiseks hoolduseks selge ja arusaadava struktuuriga.

Seega oli probleem lahendatud, ülesanne lahendatud.

SUMMARY

According to the task, a solution to the overflow problem and a solution to the issue of loss of checkweighing are proposed in the framework of this thesis.

Overflow can be prevented by installing sensors in the software, a new flow meter, and a list of alarms and locks. Thanks to sensors and updated software, the issue of eliminating tank weighing due to the introduction of measurement accuracy and automation was also resolved.

During the upgrade of the system, there were difficulties in the parts of the charging installation not being digitized at all, the system could work in the event of a failure of some elements, which could sabotage the process, such as speeding up repairs or even notifying management. The software also revealed important design flaws, such as when tags were named randomly, and it was not possible to figure out who was responsible for what.

In summary, a solution was proposed to all the above problems and errors, consisting in the complete digitization of the system, the reduction of the operator's powers and the extension of automation. In terms of software, software management is proposed with a more user-friendly interface and a clear and comprehensible structure for future maintenance by engineers.

So, the problem was solved, the task was solved.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ И ЛИТЕРАТУРЫ

1. Viru Keemia Grupp. [**Online**] <https://www.vkg.ee/ru/o-predprijatii/> (01.02.2021).
2. Большая российская энциклопедия АЛГОРИТМ. [**Online**] <https://bigenc.ru/mathematics/text/1810305> (01.02.2021).
3. Приборы кипиа. [**Online**] <https://kxp.kz/q2591837-pribory-kipia> (01.03.2021).
4. Кориолисовый расходомер. [**Online**] <https://www.wexon.ru/koriolisovyy-raskhodomer/> (01.04.2021).
5. Принцип действия кориолисовых расходомеров. [**Online**] <https://www.emerson.ru/ru-ru/automation/measurement-instrumentation/flow-measurement/coriolis-flow-meters> (01.02.2021).
6. Различные типы расходомеров и области их применения. [**Online**] <https://www.emerson.ru/ru-ru/automation/measurement-instrumentation/flow-measurement/types-of-flow-meters> (05.02.2021).
7. Сферы применения частотно-регулируемых приводов насосного оборудования. [**Online**] <https://falcon93.ru/chastotnye-nasosy-v-sistemax-chem-luchshe-obychnyx-podklyuchenie-chastotnogo-preobrazovatelya-k-nasosu/> (05.04.2021).
8. Частотное регулирование насосов. [**Online**] <https://vodomaster.ru/articles/chastotnoe-regulirovanie-nasosov/> (19.03.2021).
9. Schneider Electric. [**Online**] <https://www.se.com/ru/ru/about-us/company-profile/> (10.03.2021).
10. Tia Portal Аппаратные прерывания. [**Online**] <https://electric-blogger.ru/promyshlennoe/tia-portal-apparatnye-preryvaniya.html> (05.03.2021).
11. Автор Грант Малой Смит, эксперт по сбору данных. Что такое датчики и для чего они нужны. [**Online**] <https://dewesoft.com/ru/daq/what-is-a-sensor> (05.03.2021).
12. Автоматизация производства Первичные преобразователи (датчики). [**Online**] <https://multiurok.ru/files/avtomatizatsiia-proizvodstva-liektsiia-3-piervichnyie-prieobrazovatieli-datchiki.html> (01.03.2021).
13. Типы датчиков температуры. [**Online**] <https://aspektcenter.ru/typy-datchikov-temperaturey-tablitsa/> (21.08.2021).
14. Плотномеры (датчики плотности). [**Online**] <http://xn--90ahjlpcccjdm.xn--p1ai/produkcija/plotnomer-datchik-plotnosti/> (21.02.2021).
15. Устройство и принцип работы датчиков уровня [**Online**] https://www.devicesearch.ru.com/article/datchiki_urovnya (25.03.2021).
16. Что такое PROFIBUS. [**Online**] <https://triz-cable.ru/stati/38-cto-takoe-profibus> (01.04.2021).