ВІДГУК НАУКОВОГО КЕРІВНИКА НА ВИПУСКНУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Студента Борецького Ростислава Юрійовича
представлену на здобуття освітнього ступеня бакалавр
зі спеціальності 123 «Комп'ютерна інженерія»

Робота виконана на тему „Проект підсистеми комп'ютерного керування водопостачанням промислового підприємства ". Робота є актуальною і зумовлена потребою у автоматизації промислового обладнання для збільшення ефективності його роботи, а саме систем водопостачання промислових підприємств.

Основний зміст пояснювальної записки роботи викладено на 62 сторінках тексту, записка містить 1 таблицю, 42 ілюстрації, 2 додатки. Список використаних літературних джерел налічує 8 найменувань. Програмне забезпечення написане на мові FBD на базі програмного середовища CoDeSys.

Пояснювальна записка складається з реферату, вступу, трьох розділів основного тексту, висновків, списку використаної літератури та додатків.

Розділ 1 присвячений аналізу літературних джерел, зокрема дослідження методів очищення води. Було проаналізовано роботу сучасних підсистем водопостачання на промислових підприємствах, розглянуто найбільш поширене обладнання, яке використовується, а також проаналізовано основні методи очистки та підготовки води.

Розділ 2 присвячений питанням проектування систем контролю водопостачання. Було розроблено тестові проекти схем візуалізації, проаналізовано алгоритм роботи сучасних систем керування водопостачання в вигляді блок-схеми, а також досліджено принцип побудови сучасних систем водопостачання, які керуються комп'ютерними підсистемами.

Розділ 3 присвячений питанням розробки програмного коду та тестування обладнання в режимах емуляції та на реальному промисловому підприємстві ПрАТ ПБК «Радомишль». Було реалізовано програмний код в програмному середовищі CoDeSys, використовуючи мову FBD. А готовий проект було протестовано в умовах мінімального та максимального навантаження на реальному обладнанні.

Висновки містять сумарні результати проведеної роботи.

Список використаних літературних джерел має достатній для даного виду робіт обсяг, є правильно оформленим та повністю опрацьованим у ході виконання роботи.

Додатки містять об'єкти візуалізації, які використовуються оператором, що обслуговує систему водопостачання. Також в додатках присутні змінні використані в проекті та коментарі до кожної з них.

Таблиця та ілюстрації оформлені досить якісно, є інформативними та наведені у відповідних місцях роботи.

Більшість виявлених на етапі попереднього захисту недоліків оформлення пояснювальної записки та презентації усунені. Рекомендації стосовно покращення проекту враховані та виправлені.

Ставлення студента до виконання випускної кваліфікаційної роботи – відповідальне.

В цілому при написанні випускної кваліфікаційної роботи студент Борецький Р. Ю. виявив здібності до оволодіння знаннями, уміннями і навичками з таких дисциплін, як «Операційні системи», «Об'єктно-орієнтовне програмування», «Захист інформації в інформаційно-комунікаційних системах», «Електроніка». Також студент Борецький Р. Ю. показав вміння створити закінчений цілісний продукт (у вигляді програмного продукту на основі СПК107) і оформити свої розробки та напрацювання як випускну кваліфікаційну роботу.

Головною особливістю даної випускної кваліфікаційної роботи є її практична направленість і успішне впровадження на діючому підприємстві. Ефективність роботи розробленої підсистеми комп'ютерного керування водопостачанням на підприємстві ПрАТ ПБК «Радомишль» підтверджує викладені в пояснювальній записці матеріали по її розробці.

Випускна кваліфікаційна робота студента Борецького Р. Ю. написана на високому рівні та може бути допущена до захисту, а її автор, при відповідному захисті, заслуговує на оцінку «відмінно».

Науковий керівник
ст. викладач кафедри БІ та Т
18 червня 2020 року



Д.С. Морозов

РЕЦЕНЗІЯ
на кваліфікаційну роботу
студента 4 курсу групи КІ-2 спеціальності 123 «Комп'ютерна інженерія»
факультету інформаційно-комп'ютерних технологій
Державного університету «Житомирська політехніка»
Борецького Ростислава Юрійовича
на тему: „Проект підсистеми комп'ютерного керування водопостачанням промислового підприємства "

Кваліфікаційна робота студента Борецького Ростислава Юрійовича присвячена актуальній тематиці по розробці та впровадженню автоматизації для сучасних промислових підприємств. Робота містить реалізований програмний продукт, який виконаний в програмному середовищі CoDeSys та пояснювальну записку наступного складу: вступ, три розділи основного тексту, висновки, список використаної літератури, два додатки.

У першому розділі пояснювальної записки було поставлено завдання на кваліфікаційну роботу, проведено аналіз літературних джерел систем водопостачання в промисловості, а також досліджено методи підготовки води для потреб промислового підприємства.

У другому розділі пояснювальної записки здійснено розробку структури систем керування. Було спроектовано тестові варіанти візуалізації, розглянуто алгоритми роботи сучасних систем водопостачання та розроблено блок-схему.

У третьому розділі пояснювальної записки здійснено вибір технічного обладнання, написання програмного коду з відповідними поясненнями алгоритму роботи програми.

Зміст роботи відповідає поставленому завданню. У цілому кваліфікаційна робота виконана на високому рівні. Тема роботи розкрита повністю. Студентом продемонстровані ґрунтовні теоретичні знання та практичні фахові навички, що отримані як під час навчання, так і у процесі виконання роботи. Матеріал пояснювальної записки викладено логічно, науково і технічно грамотно. Ілюстративний матеріал (рисунки, таблиці), що наведений у роботі, оформлений якісно і наведений у відповідних місцях. Оформлення роботи у цілому відповідає вимогам стандартів. Проект підсистеми керування водопостачання відповідає вимогам, поставленим в кваліфікаційній роботі та виконаний на базі СПК107 з налаштуванням відповідного обладнання.

Позитивною стороною є те, що отримані результати мають практичну цінність – розроблений проект введений в експлуатацію на промисловому підприємстві ПрАТ ПБК «Радомишль». Недоліками роботи є наступні: наявність деяких відхилень від вимог щодо оформлення пояснювальної записки (наприклад, відсутній перелік умовних скорочень, відсутні посилання на літературні джерела у розділі 1.1, неправильно підписані таблиці у розділі 2.2). Зазначені недоліки у цілому не впливають на якість і актуальність роботи.

Таким чином, кваліфікаційна робота студента Борецького Р. Ю. „ Проект підсистеми комп'ютерного керування водопостачанням промислового підприємства " відповідає вимогам рівня вищої освіти «бакалавр» спеціальності 123 «Комп'ютерна інженерія» і рекомендується до захисту в ЕК.

Вважаю,що за умови успішного захисту робота може бути оцінена на «відмінно».

Рецензент
Завідувач кафедри інженерії програмного забезпечення
кандидат технічних наук, доцент І. В. Пулеко
10 червня 2020 р.

Міністерство освіти і науки України
Державний університет «Житомирська політехніка»
Факультет інформаційно-комп'ютерних технологій
Кафедра комп'ютерної інженерії та кібербезпеки

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до випускної кваліфікаційної роботи бакалавра

на тему:

«Проект підсистеми комп'ютерного керування водопостачанням промислового підприємства»

Виконав студент 4-го курсу, групи КІ-2
спеціальності 123 «Комп'ютерна інженерія»
_____ Борецький Р. Ю.
Керівник, старший викладач кафедри БІ та Т
_____ Морозов Д. С.
Рецензент, зав. кафедри ІПЗ, к. т. н., доцент
_____ Пулеко І. В.

Житомир 2020

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»
ФАКУЛЬТЕТ ІНФОРМАЦІЙНО-КОМП'ЮТЕРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА КОМП'ЮТЕРНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА КІБЕРБЕЗПЕКИ
СПЕЦІАЛЬНІСТЬ 123 «КОМП'ЮТЕРНА ІНЖЕНЕРІЯ»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
комп'ютерної інженерії
та кібербезпеки
_____ Єфіменко А. А.
«06» квітня 2020 р.

ЗАВДАННЯ
на випускну кваліфікаційну роботу

Студента **Борецького Ростислава Юрійовича**

Тема роботи: **Проект підсистеми комп'ютерного керування водопостачанням промислового підприємства**
затверджена Наказом по університету від **«06» квітня 2020 р. № 98с**
Термін здачі студентом закінченої роботи – **1 червня 2020 р.**
Вихідні дані для роботи:

1. Розробити підсистему комп'ютерного керування водопостання для спостереження та керування клапанами, насосами та засувками
2. Операційна система Windows 7/8/10
3. Програмне забезпечення CoDeSys v3.5 SP 8 patch 5

Вимоги до експлуатації: Підсистема комп'ютерного керування водопостачанням повинна знаходитись в закритому приміщенні, недоступній для агресивних речовин та розчинів. При виявленні проблем з технічним обладнанням потрібно викликати інженера відділу КВПтаА. Необхідні навички роботи в CoDeSys.
Консультанти з випускної кваліфікаційної роботи із зазначенням розділів, що їх стосуються

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
I			
II			
III			

Керівник _____ Морозов Д. С.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів випускної кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Постановка задачі, огляд і аналіз літературних джерел.	2 березня 2020 – 7 квітня 2020	Виконано
2	Розробка підсистеми керування водопостачанням	8 квітня 2020 – 15 квітня 2020	Виконано
3	Вибір апаратних засобів системи керування, написання програми і її тестування	16 квітня 2020 – 10 травня 2020	Виконано
4	Тестування	11 травня 2020 – 24 травня 2020	Виконано
5	Захист	20 червня 2020	Виконано

Студент _____ Борецький Р. Ю.

Керівник_____ Морозов Д. С.

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до дипломного проекту випускника освітньо-кваліфікаційного рівня бакалавр на тему «Проект підсистеми комп'ютерного керування водопостачанням промислового підприємства» викладена на 61 с., містить 42 рисунки, 1 таблицю та 8 літературних джерел.

Об’єкт дослідження – водопостачання на підприємстві, яке потребує автоматизації, постійного контролю та безперервної роботи.

Предмет дослідження – методи, засоби створення автоматизованої системи для керування операціями пов’язаними з водопостачанням на підприємстві.

Мета дослідження: створення програмного забезпечення для автоматизації, підвищення якості та стабільності роботи водопостачання промислового підприємства.

У першому розділі дипломного проекту представлено аналіз сучасних систем керування водопостачанням на промислових підприємствах, проаналізовано методи підготовки води для виробництва, а також проаналізовано схему водопостачання на ПрАТ ПБК «Радомишль».

У другому розділі дипломного проекту було заплановано реалізування систем водопостачання, розглянуто алгоритми роботи сучасних водопостачальних систем та принципи побудови водопостачання.

В третьому розділі дипломного проекту продемонстрований процес вибору технічного обладнання, написання програмного коду, з поясненням алгоритмів виконання програми.

Ключові слова: СПК, ВІЗУАЛІЗАЦІЯ, КОНТРОЛЕР, АЛГОРИТМ, ЄМНІСТЬ, ПРОТОКОЛ, ЧАСТОТНИЙ ПЕРЕТВОРЮВАЧ.

ABSTRACT

Explanatory note to the diploma project of the graduate of educational and qualification level bachelor on the topic "Project of the subsystem of computer control of water supply of the industrial enterprise" Presentation on 62 p., Contains 42 drawing's, 1 table and 8 of literary sources.

The object of research - water supply at the enterprise, which requires automation, constant control and continuous operation.

The purpose of the study: the creation of software for automation, improving the quality and stability of water supply of industrial enterprises.

The first section of the diploma project presents an analysis of modern water supply management systems at industrial enterprises, analyzes methods of water preparation for production, as well as analyzes the water supply scheme at PJSC PBK "Radomyshl".

In the second section of the diploma project it was planned to implement water supply systems, algorithms of modern water supply systems and principles of water supply construction were considered.

The third section of the diploma project demonstrates the process of selecting technical equipment, writing program code, explaining the algorithms of the program

Keywords: SPK, VISUALIZATION, CONTROLLER, ALGORITHM, CAPACITY, PROTOCOL, FREQUENCY CONVERTER.

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ 4
ABSTRACT 5
ЗМІСТ 6
ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ 7
ВСТУП 8
РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД І АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ СИСТЕМ ВОДОПОСТАЧАННЯ НА ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВАХ 10
1.1 Постановка задачі 10
1.2 Аналіз систем водопостачання на сучасних підприємствах 12
1.3 Методи підготовки води для потреб промислового водопостачання 16
1.4 Схема виробничого водопостачання на ПрАТ ПБК «Радомишль» 19
Висновки до першого розділу 20
РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА СТРУКТУРИ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ВОДОПОСТАЧАННЯМ 21
2.1 Принципи побудови систем водопостачання 21
2.2 Алгоритми сучасного водопостачання на промислових підприємствах 22
2.3 Розробка системи водопостачання 23
2.3.1 Розробка системи керування піщаних фільтрів 23
2.3.2 Розробка системи керування алюмінієвими ємностями 24
2.3.3 Розробка системи керування транспортуванням рідини 25
2.3.4 Розробка системи калібрування датчиків тиску на ємностях 27
Висновки до другого розділу 28
РОЗДІЛ 3. ВИБІР КОМПЛЕКТУЮЧИХ, СТВОРЕННЯ ПРОГРАМНОГО КОДУ ТА ТЕСТУВАННЯ ОБЛАДНАННЯ 29
3.1 Вибір комплектуючих 29
3.2 Написання програмного коду. 32
3.3 Тестування програми в режимі емуляції та на промисловому підприємстві
Висновки з третього розділу 46
ВИСНОВКИ 47
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ 48
ДОДАТКИ 50

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

SP – Service Pack

СПК – Сенсорно-панельний контролер

DI – Digital Input

DO – Digital Output

AI – Analog Input

AO – Analog Output

PID – Пропорціонально-інтегрально-диференціальний регулятор

ПЗ – Програмне забезпечення

ВСТУП

На сьогоднішній день сучасні комп'ютери, автоматизовані роботи та програмні елементи володіють потужними обчислювальними можливостями, які з кожним роком вдосконалюються все більше і більше. Велика кількість автоматизованого обладнання використовується безпосередньо на промислових підприємствах. Найбільшу частину автоматизації зазвичай займають лінії виробництва та системи водопостачання.

Для автоматизації промислового обладнання, зокрема систем водопостачання, використовується специфічне обладнання, яке має вузьконаправлений спектр розповсюдженя. Наприклад це модулі вводу-виводу інформації, спеціалізовані протоколи обміну данних по типу PROFINet та Modbus, а також інтерфейси підключення до обладнання по типу RS-485 та RS-232. Найпоширеніше та найвдаліше програмне забезпечення для використання на виробництві це CoDeSys та програмне забезпечення Simatic Step7.

Об'єкт дослідження – водопостачання на підприємстві, яке потребує автоматизації, постійного контролю та безперервної роботи, а також методів вирішення проблем з частим виходом з ладу спеціалізованого обладнання.

Предмет дослідження – методи, засоби створення автоматизованої системи для керування операціями пов'язаними з водопостачанням на підприємстві.

Мета дослідження – створення програмного забезпечення для автоматизації, підвищення якості та стабільності роботи водопостачання промислового підприємства, а також спроба уникнення від людського фактору.

Для досягнення вказаної мети необхідним є вирішення наступних інженерних задач:

- провести аналіз методів та засобів щодо забезпечення виробництва безперервною подачею свіжої води та впровадженням нових технологій отримання водних ресурсів

- провести аналіз існуючих проблем на промислових виробництвах пов'язаних з водопостачанням

- розробити проект підсистеми комп’ютерного керування водопостачанням промислового підприємства
- реалізувати аварійну зупинку всього ПЗ по потребі;
- реалізувати обмін між модулями вводу-виводу;
- провести монтаж обладнання на підприємстві;
- провести тестування системи.

РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД І АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ СИСТЕМ ВОДОПОСТАЧАННЯ НА ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВАХ

1.1 Постановка задачі

Підставою для розробки підсистеми комп'ютерного керування водопостачанням промислових підприємств є необхідність в автоматизації, контролювання процесу контролером на конкретних етапах роботи та, відповідно, усунення фактору людського втручання.

Метою створення даної підсистеми є забезпечення контролю сучасного водопостачання на промислових підприємствах, спроба раціонально використовувати природні ресурси, а також забезпечення безперебійної роботи сучасних водопостачальних станцій.

Дана підсистема призначена для контролю певних процесів на водопостачальних станціях, стеженням за станом обладнання та засобом для діагностування можливих проблемних ситуацій.

Результатом реалізації поставленого завдання є створення програмного забезпечення в програмному середовищі CoDeSys, встановлення панелі оператора для контролю виробництва, а також підключення датчиків тиску, температури та частотних перетворювачів до розробленого ПЗ.

Умови експлуатації та параметри навколишнього середовища: розроблене програмне забезпечення планується використовувати в екстремальних умовах експлуатації, а саме кімната з великою вологістю повітря з ймовірним потраплянням рідини до електричного шкафу. Експлуатація не обмежена в часі, вимоги обслуговування обладнання потребують знань в електроніці, програмуванні та методах розробки ПЗ.

Вимоги до технічних характеристик: використовується сенсорно-панельний контролер (СПК 107). Має вбудовану флеш-память, для запуску потрібен блок живлення на 220В. Для вірної роботи підсистеми потрібна постійна перевірка модулів вводу-виводу на предмет затримок сигналу та пошкодження електропроводів.

Вимоги до надійності: система відновлювальна, запчастини взаємонезамінні, система має рівні доступу, стійка до надмірного механічного втручання.

Вимоги до візуалізації: візуалізація повинна бути максимально комфортною та інтуїтивно зрозумілої, надмірна кількість об’єктів сприяє втраті концентрації, кольори темних відтінків, вікно з загальним станом системи.

1.2 Аналіз систем водопостачання на сучасних підприємствах

Метою данного розділу є аналіз систем водопостачання на сучасних промислових підприємствах, розглянення революційних рішень, ознайомлення з найпоширенішими проблемами та визначення методів та засобів для їх оперативного усунення.

Система власного водопостачання присутня у всіх великих промислових підприємств, це пов’язано з постійною необхідністю на витрати рідини у великому об’ємі, наприклад для миття лінії, для використання в готовому продукті, а на деяких підприємствах вода безпосередньо є самим продуктом на виході. Водне господарство вміщає в собі комплекс систем господарсько-питного, протипожежного та промислового водопостачання, що призначене для постійного та безперебійного забезпечення водою на певні потреби.

Для того щоб забезпечети промислове підприємство свіжою водою потрібно мати ряд споруд та обладнання для забору води, її фільтрування, проведення аналізів та додаванням певних хімічних сполук для покращення її якості, а також для очищення, накопичення в буферних танках та розподілу між лініями використання. Набір цих споруд зазвичай залежить від наявності поблизу водних джерел, вимог споживачів до продуктку та вимог державних контролюючих органів.

Після того, як вода використалась на виробництві є два методи її подальшого використання:

- Фільтрація та очистка
- Переправлення на відстійникі

Найбільш раціональним в данному випадку, з точки зору обмеження водних ресурсів в певних регіонах, є фільтрація та очистка води з метою подальшого використання, але не завжди це можливо. Наприклад вода, яка використовувалась для миття обладнання зазвичай має в своєму складі кислотні, лужні абл кислотно-лужні елементи.

Перенаправлення води ж на відстійникі є менш раціональним тому, що в більшості випадків ми не зможемо її більше використовувати. Виробничі стічні води дуже сильно можуть відрізнятись за характеристикою забруднення, наприклад на деяких підприємствах після контакту води з агресивними рідинама вона перестає бути взагалі гідною для того чи іншого процесу. Взагалі, на кожному підприємстві зазвичай свої технології очистки води для її повторного використання, це дозволяє зекономити на витраті води, але в той же час збільшуються витрати на рідини та хімічні сполуки, а також обладнання потрібне для її фільтрації.

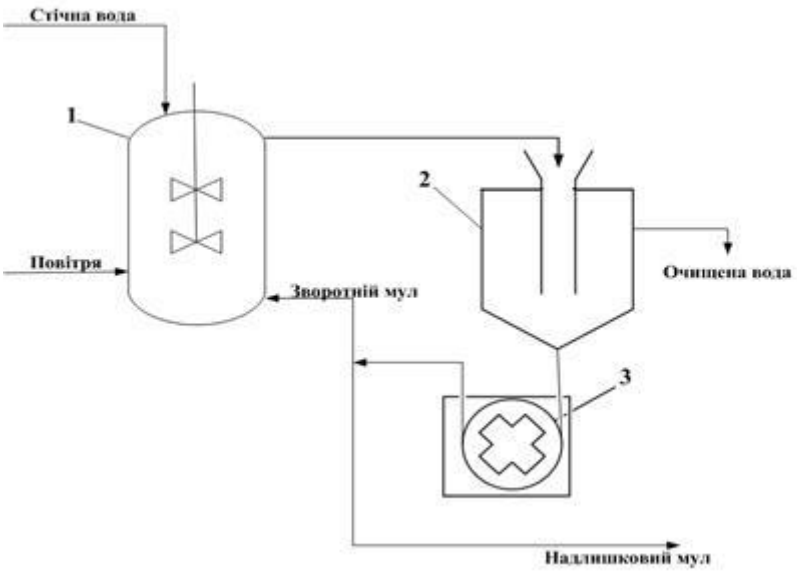


Рис.1.1 – Аеробне очищення води

Промислові підприємства, зазвичай, потребують великої кількості води, адже деякі з них працюють майже цілодобово, деякі працюють по змінах та використання води використовується лише в деяких з них, тобто воду найчастіше витрачають протягом роботи певної зміни. Потреби підприємств у воді поділяються на 3 види, а саме:

- Технологічні потреби
- Господарсько-питні потреби
- Протипожежні потреби

До технологічних потреб відносять такі як миття обладнання, участь води в процесах замочування, зволоження, охолодження через теплообмінник, участь води в теплообміні на пивних та молочих тунельних або флеш-пастеризаторах. А до господарсько-питних потреб відносять конкретно потреби в свіжій воді для працівників, а також для частини складу певного продукту.

Характерною особливістю промислового водопостачання є ті вимоги, щ оставляться до води яку споживають. Якість води може змінюватись від надто забрудненої до кристально чистої, залежно від виробництва. Приблизно три четверті з всієї використаної води припадає на технічну воду, тобто воду, яка пройшла тільки грубу механічну обробку через спеціалізоване обладнання, найчастіше це Н-катіонітові фільтри.

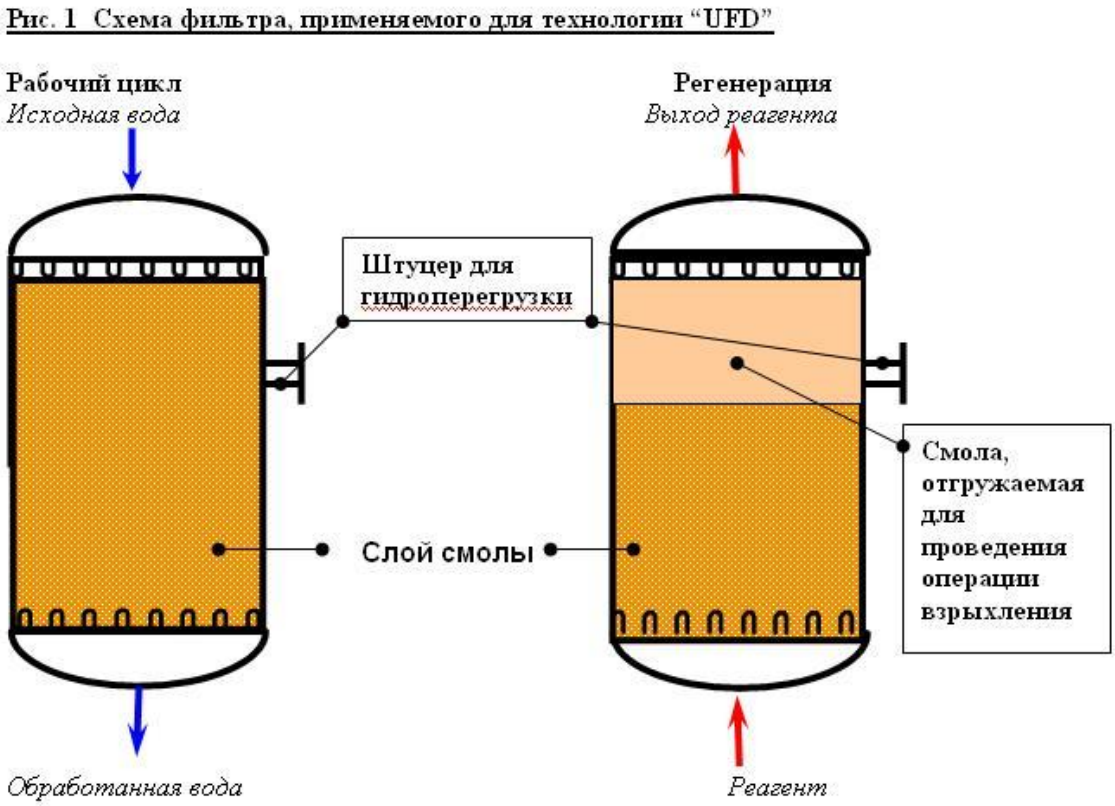


Рис. 1.2 – Н-катіоновий фільтр

Вимоги виробничих споживачів до забезпечення їх водою обумовлюють особливий підхід для вибору та встановлення насосного обладнання, зазвичай це автоматизовані системи з можливими деякими ручними функціями. Вони складають велику вартість та витрати для виробництва, тому це викликає

необхідність у виробника ретельного, глибокого техніко-економічного аналізу можливих варіантів вирішення цієї проблеми для вибору оптимального варіанта. Для деяких підприємств витрати води настільки великі, що часто місцевих водних джерел не вистачає для постійної та безперебійної роботи, тому в таких випадках частіше всього розробляються проекти скважин для особистого використання промисловим підприємством з власним обладнанням.

Підсистема водопостачання промислових підприємств являє собою комплекс споруд, устаткування та трубопроводів, що забезпечують забір води з природного джерела, очищення та її обробку, транспортування і подачу води споживачем необхідної кількості та якості. Найчастіше вимогами для таких підсистем є повністю автоматизована робота, без участі людини, тобто автоматична. Є варіант коли використовується напів-автоматична система, тобто, коли без конкретного завдання від людини система не робить ніяких дій, після отримання сигналу роботи на певній ділянці починає автоматично контролювати його до того моменту, доки не отримає сигнал «0» на вході контролера.

Автоматизовані систем зазвичай дорогоцінні та не всі виробництва можуть собі їх дозволити, тому в своїй більшості використовується ручне управління процесами, тобто людина-оператор обладнання вручну вмикає потрібні насоси, відкриває потрібні клапани, що в деяких випадках може призвести до трагічних наслідків. Не слід забувати, що зазвичай насоси підключені не просто в розетку, а до електричних автоматів, які при контакті з рідинами призводять до короткого замикання.

Не менш важливим є вимога до наявності поруч протипожежних водних ресурсів, це може бути як природній ресурс, так і створений людиною. Наприклад, алюмінієва ємність вмістимість 30 кубічних метрів для екстренних потреб. Особливість данних потреб в тому, що цій ємності завжди має бути вода і вона використовується лише в екстренному, аварійному випадку для усунення займання, тощо.

1.3 Методи підготовки води для потреб промислового водопостачання

В основному всі вживані методи підготовки води на данний момент можна розділити на безреагенті (фізичні) методи й хімічні, що вимагають використання для цього різних хімінчних сполук та реагентів. Вибір методу для підготовки води, складання загальної схеми обробки, визначення вимог, що пред'являють до її якості насамперед залежать від складу вихідної води, типу електростанцій та безпосередньой її параметрів. Існує два етапи підготовки води: попередній та заключний або ж хімічний.

На першому етапі підготовки води здійснюються такі процеси:

- прояснення (зменшення каламутності води)
- знебарвлення (пониження кольору води)
- дезодорація (зменшення інтенсивності запаху та присмаку)
- знезараження (знищення бактерій та вірусів)
- знезалізнення (зменшення концентрації заліза)

На заключному ж етапі хімічної обробки води використовують такі процеси:

- зм'якшення (видалення з води солей кальцію і магнію, що зумовлюють жорсткість води)
- знесолення (видалення з води розчинних солей)
- знекремнення (видалення з води кремнієвої кислоти та її солей)
- дегазація (видалення з води газів, у першу чергу, кисню і вільної вуглекислоти)
- стабілізаційна обробка води (хімічна обробка з метою зменшення корозійних властивостей)

Попереднє очищування також може бути використане лише на двох типах споруд, а саме на спорудах виробничого призначення, тобто питного й виробничого трубопроводу та на спорудах господарського питного призначення.

Одним з методів підготовки води є її фільтрування. Фільтрування води полягає в пропусканні її через певний шар зернистого або в деяких випадках

пористого матеріалу, який має здатність затримувати різні домішки на своїй поверхні, а рідину пропускати далі. Існує досить багато різних фільтрів та для різних призначенн, вони відрізняються видом фільтруючого матеріалу, механізмом затримання шкідливих та іншорідних речовин та конструктивним оформленням.

За величиною швидкості фільтрування поділяються на дві групи, а саме такі як швидкісні та надшвидкісні фільтри. Різниця в тому, що швидкісний фільтр пропускає через себе рідину на швидкості 6-8 км/год, а надшвидкісний робить це в рази швидше, а саме швидкість може колебатись від 20 до 80 км/год.

Залежно від фільтрувальної речовини розрізняють фільтри з зернистим завантаженням матеріалу, це такі матеріали як кварцовий пісок, подрібнений антрацит, доломіт, магнетит, керамічна крихта. Фільтри з сітчастим завантаженням, де використовується фільтрування через різні металеві сітки, фільтри з тканиним завантаженням, де в більшость використовуються бавовняні, сукняні або лляні тканини для затримики шкідливих речовин, а також є намивні фільтри, де використовуються свічки, на які намивається певний фільтруюючий елемент або речовина.

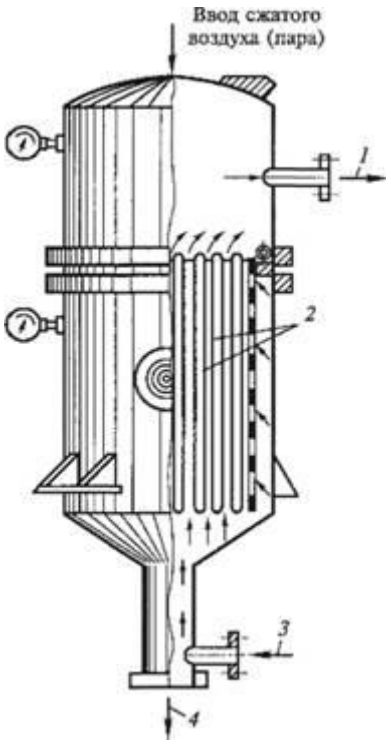


Рис. 1.3 – Намивний фільтр

Також рознізняють фільтри за крупністю фізичного матеріалу, а саме дрібнозернисті, середньозернисті та крупнозернисті. Чим більше в фільтрі фракційних складів, тим краще він виконує свою функцію.

Фільтри також поділяються за числом фільтруючих шарів. Вони бувають одношарові, тобто завантаження всього фільтруючого матеріалу одним шаром та багатошарові, коли завантажується неоднорідна кількість фільтруючої речовини в різні місця фільтру. Також є каркасно-засипні фільтри, як різновид багатошарових фільтрів з завантаженням фільтруючої речовини у вигляді каркасу, приблизно в половину висоти фільтра.

Фільтрувальні завантаження зазвичай розміщують на підтримувальних шарах гравію або щебеню. Відмовитись від використання підтримувальних шарів можуть допомогти трубчасті системи з щілинами або наприклад різні клапани з дренажами.

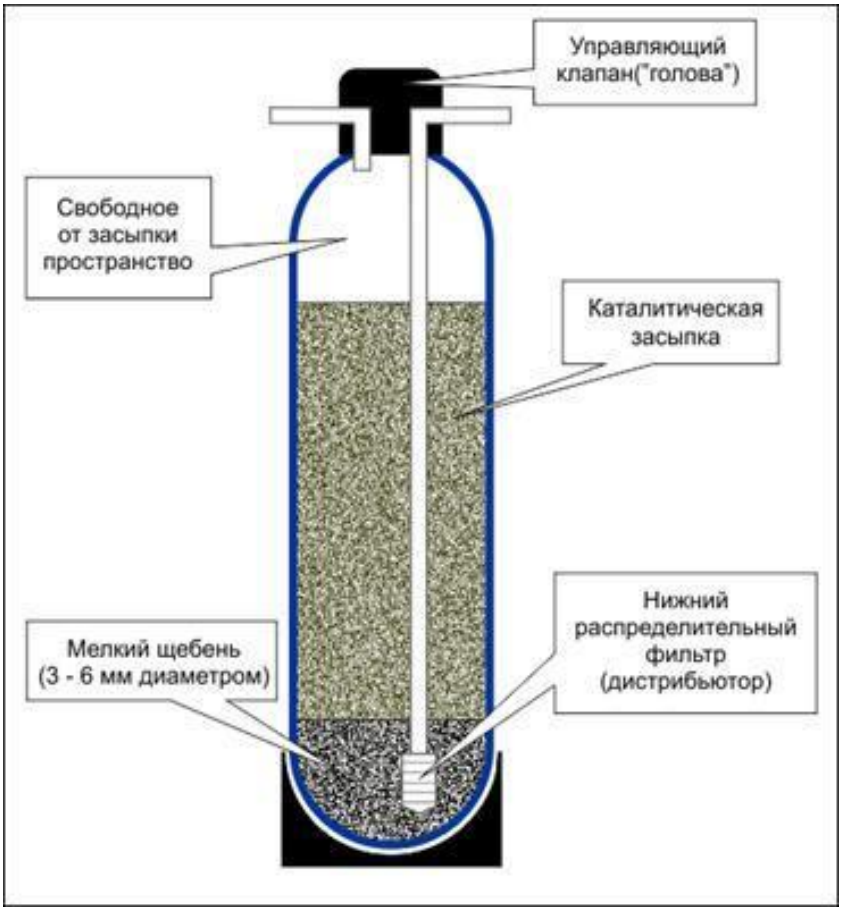


Рис. 1.4 – Каркасно-засипний фільтр

1.4 Схема виробничого водопостачання на ПрАТ ПБК «Радомишль»

Водопостачання на ПрАТ ПБК «Радомишль» відіграє значну роль, так як кожного дня витрачаються значні запаси води, в основному використовується для технічного використання, такого як СІП-миття, використання води в процесах дробіння солоду, замочування, створення пару на котельних станціях, використання на флеш та тунельних пастеризаторах, пляшкомийних машинах та в загальному на обладнанні.

Було проведено дослідження та вирахувано, що приблизно 57% води використовується в технічих потребах, а залишковий відсоток припадає на господарські потреби та потреби для виробництва продукту.

На підприємстві існує власна система водопостачання з трубопроводом, яка включає в себе 9 свердловин, два природніх родовища та річку. Транспортування води відбувається по трубопроводу за допомогою насосів до станції приготування та очищення води від домішків, безпосередньой на станції стоять насоси, які керуються частотними перетворювачами фірми Danfoss, а саме частнотні перетворювачі FC302. Також присутня велика кількість клапан, електроклапанів, задвижок та іншого специфічного обладнання.

Після того, як вода проходить первинну обробку вона потрапляє на насосну станцію по трубопроводу під час проходження по якому відбувається дозація NaCl, тобто проводиться хімічна очистка води. На насосній станції існує три буферних ємності для зберігання приготованої води, кожна з ємностей оснащена датчиками рівня, який передається на панель оператора для наглядного контролю процеса. Насосна станція працює в повністю автоматичному режимі, дозація хімічних сполук відбувається за допомогою спеціального пульсуючого насосу з попереднім параметруванням кількості однієї речовини до іншої, так як в деяких випадках та при певній концентрації ці речовини вибухонебезпечні. Після того як вода приготовулась вона проходить через вугільні фільтри для кінцевої обробки.

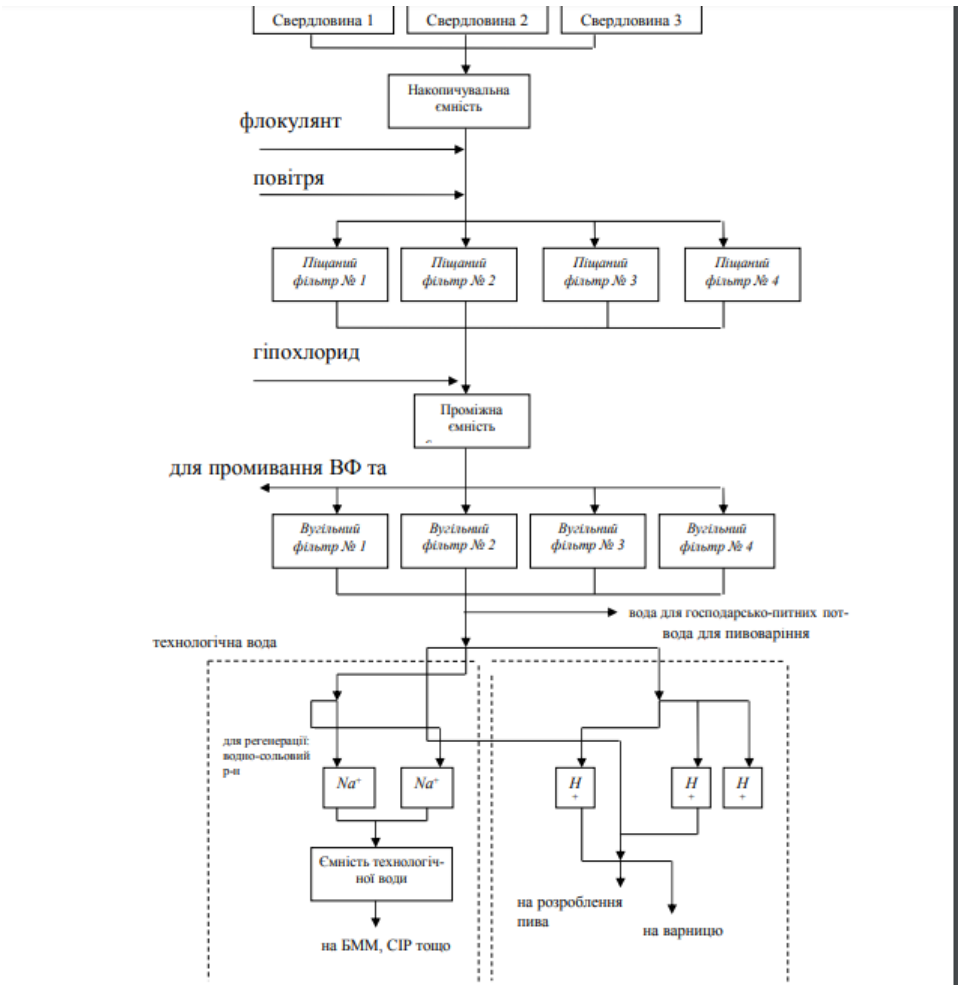


Рис. 1.5 – Схема системи водопостачання

Висновки до першого розділу

1. Проведено аналіз сучасних систем водопостачання, проаналізовано можливі проблеми та методи їх вирішення.

2. Було проведено аналіз методів підготовки води до виробництва, схеми її очищення та досліджено види фільтрів.

3. Проаналізовано систему водопостачання на підприємстві ПрАТ ПБК «Радомишль»

4. За допомогою проведеного аналізу було визначено створити проект системи комп’ютерного керування водопостачанням промислового підприємства з ціллю забезпечення автоматизації, постійної підтримки безперервної роботи обладнання

РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА СТРУКТУРИ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ВОДОПОСТАЧАННЯМ

В даному розділі будуть продемонстровані розроблені методи автоматизації структурних систем керування водопостачанням та окремі елементи автоматизації, також буде розглянуто принципи та алгоритми роботи обладнання на промисловому підприємстві.

2.1 Принципи побудови систем водопостачання

Системи водопостачання на промислових підприємствах мають будувать виключно по заданному принципу, є багато методів вибору місця для створення системи водопостачання серед них такі як місцезнаходження, доступність водних ресурсів, насичення води різними домішками, показання жорсткості води.

Всі системи водопостачання будуються за однаковим принципом, а саме використовується спеціалізоване обладнання в вигляді насосів, використовуються клапана на фільтрах, електроклапана, задвижки, пневморозподілювачі. Невід'ємною частиною побудови будь-якої системи водопостачання є трубопровід від станцій очищення до насосних станцій та від насосних станцій до промислових підприємств.

Найчастіше всього виникають умови, при яких потрібна автоматизація обладнання, тобто для управління роботою насосів установлюють частотні перетворювачі, які конфігурують працівники відділу КВПтаА в залежності від поставленого завдання.



Рис. 2.1 – Частотний перетворювач

2.2 Алгоритми сучасного водопостачання на промислових підприємствах

Сучасні системи водопостачання в більшості працюють по однаковому алгоритму роботи. З самого початку це вибір найкращого місця для розташування, також одним з найважливіших моментів є прокладання шляху трубопроводу та розведення транспортних магістралей води для одночасного забезпечення водою різних ділянків промислового підприємства.

Алгоритм сучасного водопостачання можна покроково описати наступним чином:

1. Відбувається ініціювання елементів керування підсистеми.
2. Після вдалої перевірки запускаються насоси та відкриваються транспортні магістралі
3. Вмикається автоматичний режим роботи системи.

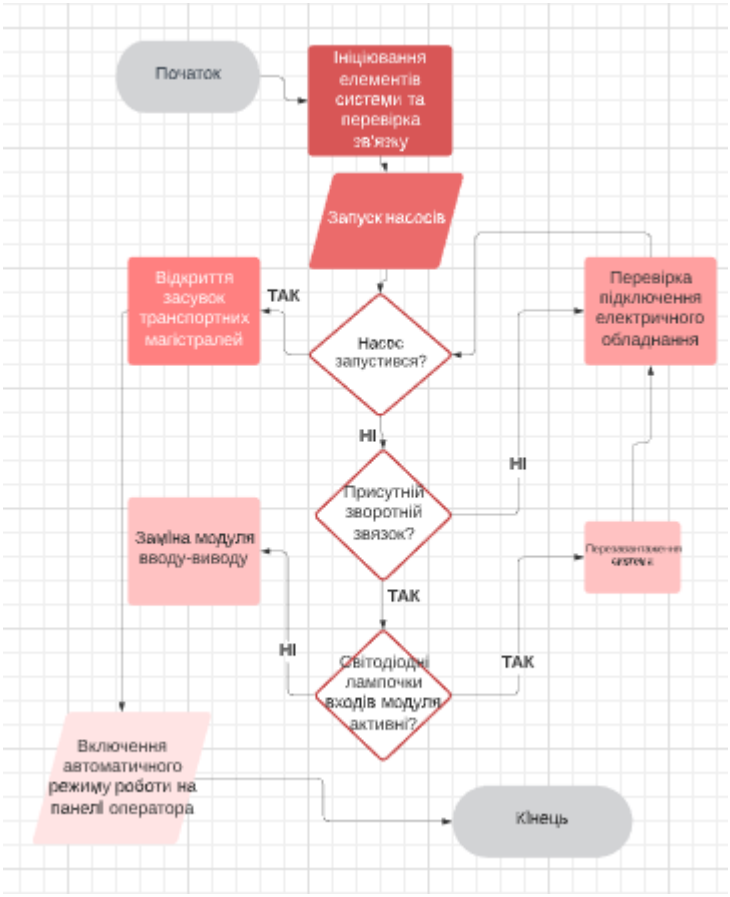


Рис. 2.2 – Блок-схема алгоритму роботи

2.3 Розробка системи водопостачання

В данному розділі розглянуто розроблену підсистему комп'ютерного управління водопостачанням для промислового підприємства ПрАТ ПБК «Радомишль»

2.3.1 Розробка системи керування піщаних фільтрів

Система керування піщаними фільтрами на підприємстві реалізована наступним чином: існують 2 насоси, насос зворотнього осмосу та насос відкачки, насос відкачки стоїть на виході з ємності піщаних фільтрів. На ємності розташований датчик тиску, який потрібно винести на візуалізацію разом з іншими елементами системи. Також присутня електрична засувка для реалізування можливості автоматичного закритя магістралі води. Для реалізування системи керування потрібно розробити візуалізацію, розробити програмне забезпечення для ручної та автоматичної роботи насосів та піщаного фільтра. Віртуально зображена схема піщаних фільтрів на рисунку 2.3.

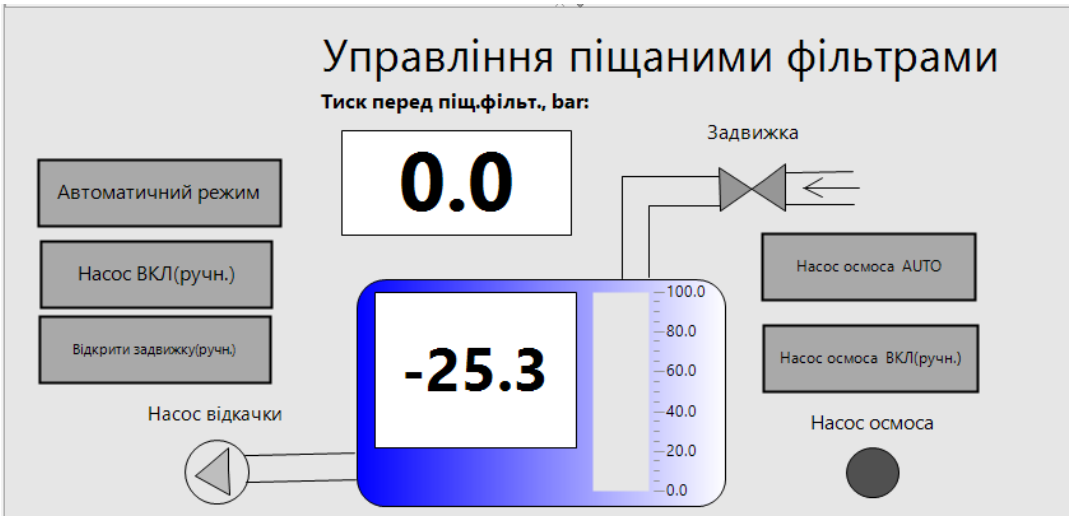


Рис. 2.3 – Схема управління піщаними фільтрами

Піщані фільтри обмежені в швидкості, тому варіантом вирішення проблеми було проектування ручного режиму роботи для контролю оператором водопостачання безпосередньо з панелі оператора.

2.3.2 Розробка системи керування алюмінієвими ємностями

Алюмінієві ємності виступають проміжними на стадії підготовки води для використання. В данному випадку ми маємо 2 насоси, які відкачують рідину та датчик тиску на ємності який зображує відсоток заповнення попередньої. Присутня необхідність також працювати в ручному та автоматичному режимі, тому це буде спроектовано на панелі оператора, візуалізації.

Алюмінієвих ємностей є три, вони підключені послідовно одна за одною, тому для зручності використання було спроектовано 3 рівня заповнення ємностей, а саме мінімальний рівень, максимальній рівень та рівень відключення роботи насосів, тобто захист від сухого ходу для продовження терміну експлуатації обладнання. Датчик тиску стоїть на кінцевій ємності, тому на візуалізації буде зображено лише одна умовна ємність з умовними одиницями заповнення, але скореговано під точність та плавність роботи насосів.



Рис. 2.4 – Схема керування алюмінієвими ємностями

2.3.3 Розробка системи керування транспортуванням рідини

Найважливішим етапом всієї підсистеми є розробка транспортування рідини по магістралям. Потрібно враховувати всі можливі моменти, щоб забезпечити стабільну роботу магістралей. Одним з таких моментів є гідроудари. Гідроудари виникають внаслідок початку різкого розбору води, або навпаки різкого зниження розбору. Для таких ситуацій заплановано підключити кожен насос до частотного перетворювача, організувати зворотній зв'язок між частотним перетворювачем та панелью оператора, продумати варіанти роботи насосів та всієї системи в загальному.

На данному етапі ми маємо 5 насосів, 4 з них мають зворотній зв'язок, 5 використовується лише в аварійних ситуаціях. Присутній датчик тиску для контролю гідроударів, від магістралей вода потрапляє на Н-катіонітові фільтри, тому тиск повинен бути сталим або хоча б в межах 4-6 бар, для стабільної роботи фільтрів. Небезпечено для них значення тиску більше 6,5 бар, внаслідок такого тиску можуть порозриватись магістральні труби та елементи фільтрів, що призведе то глобальних матеріальних втрат. Задля уникнення таких ситуацій заплановано створити вікно з вводом мінімального та максимального тиску роботи насосів. Мінімальний тиск страшний тим, що в момент коли тиск менше 4 бар, фільтри можуть ослабнути і всі відфільтровані шлаки, домішки, тощо потраплять в магістраль води для промислового підприємства. Також для уникнення можливої ситуації з виходом з ладу датчику тиску було заплановано реалізувати кнопку аварійного відключення на панелі оператора, яка при натисканні повністю відключає роботу всіх процесів. Було принято рішення запланувати доступ з головного вікна до інших фільтрів та до перегляду інших ємностей, а також реалізувати загальне вікно для спостереження над всіма існуючими ємностями та фільтрами.

Також було заплановано додати відображення про відсутність зворотнього зв’язку панелі з іншими елементами керування системи. На рисунку 2.5 зображено тестовий варіант візуалізації панелі оператора.



Рис. 2.5 – Тестовий варіант візуаліазації транспортування рідини

Також одним з ключових моментів є те, що було заплановано створення вікна параметрування підрегулятора в разі нестабільної роботи насосів, які призводять до гідроударів, це зображено на рисунку 2.6.



Рис. 2.6 – Тестовий варіант візуалізації підрегулятора

2.3.4 Розробка системи калібрування датчиків тиску на ємностях

Однією з важливих функцій є функція калібрування датчиків тиску на ємностях. Нерідко трапляються випадки коли через жорсткість води на чутливих елементах датчика утворюється наліт, що призводить до нестабільної роботи всієї системи, адже показник тиску є ключовим в всій системі. Нерідко також бувають налипання інородніх предметів і функція калібрування дозволяє вирішити проблему без втручання в механічне обладнання.

Було заплановано розробити калібрування для двох основних ємностей, а саме алюмінієвих та піщаних, безпосередньо ті, які беруть участь в роботі з фільтрами. Тестовий варіант калібрування зображено на рисунку 2.7.



Рис. 2.7 – Тестовий варіант калібрування датчиків

Було заплановано розробити калібровку максимального значення (повна ємність) та калібровку «нуля», тобто пустої ємності. Також було заплановано розробити програмне забезпечення, яке буде запам’ятовувати значення мінімального та максимального рівня, а потім по плину певного часу зрівняти та мати статистику щодо забруднення, жорсткості води в тій чи іншій ємності де установлені датчики тиску.

Висновки до другого розділу

1. В ході виконання другого розділу було заплановано розробити системи керування водопостачанням промислового підприємства.

2. Розглянуто алгоритми роботи сучасних водопостачальних систем та принцип їх будови.

3. Запропоновано реалізувати зворотній зв’язок з насосним обладнанням для наглядного контролю процесу.

4. Запропоновано розробка підрегулятора для плавності роботи насосів.

РОЗДІЛ 3. ВИБІР КОМПЛЕКТУЮЧИХ, СТВОРЕННЯ ПРОГРАМНОГО КОДУ ТА ТЕСТУВАННЯ ОБЛАДНАННЯ

3.1 Вибір комплектуючих

CoDeSys (Controller Development System) – це інструментальний програмний комплекс для розробки об’єктів автоматизації, створений для написання безпосередньо програмного коду, налаштування мережі та слідкуванням за обладнанням на промислових підприємствах. Його величезна перевага в тому, що для данного ПЗ не потрібно купувати ліцензію, потрібно лише спеціалізоване обладнання та встановлення репозиторію бібліотек. Також тут реалізована підтримка мов програмування як рядкових, так і мови діаграм, що значно спрощує пошук проблеми на етапі тестування ПЗ. Вмонтований компілятор генерує машинний код, в двійковому вигляді, який завантажується безпосередньо в контроллер. При підключенні до контроллера програмне середовище переходить в режим налагодження, якщо реального контролера немає можливості підключити, то можемо використати режим емуляції, який емулює роботу контролера.

Найбільш гнучкі ціни на модулі вводу-виводу та потрібні можливості надає компанія «ОВЕН». Було розглянуто кількість підключених датчиків і вирішено, що потрібні модулі в такій кількості:

- AI (Analog Input) – 1 шт.
- AO (Analog Output) – 1 шт.
- DI (Digital Input) – 1 шт.
- DO (Digital Output) – 1 шт.

Було обрано такі модулі:

- Модуль вводу аналоговий – МВ110-8А.
- Модуль виводу аналоговий – МВ110-8И.
- Модуль вводу дискретний – МВ110-16ДН.
- Модуль виводу дискретний – МВ110-16Р.

Також було вибрано контроллер СПК107, в якості головної панелі.



Рис. 3.1 – Сенсорно-панельний контроллер СПК107



Рис. 3.2 – Модуль виводу аналогових сигналів



Рис. 3.3 – Модуль вводу аналогових сигналів



Рис. 3.4 – Модуль виводу дискретних сигналів



insat.ru

Рис. 3.5 – Модуль вводу дискретних сигналів



Рис. 3.6 – Перетворювач інтерфейсів USB ТО RS-485

3.2 Написання програмного коду.

Для написання програмного коду в середовищі CoDeSys було обрано мову програмування FBD, так як вона набагато зручніша при тестуванні, тобто виявленні проблем. Для написання були використані функціональні блоки та стандартні функції.

На рисунку 3.7 можна побачити перевірку зворотнього зв'язку з насосів і в разі позитивної відповіді насоси запускаються, додатковою умовою виступає аварійна кнопка, вона не повинна бути нажата.

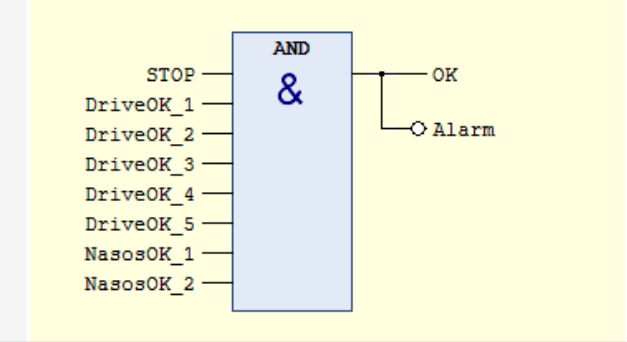


Рис. 3.7 – Програмний код для запуску двигунів та насосів

На рисунку 3.8 було реалізовано підрегулятор для запуску насосів та двигунів. Для вірної роботи підрегулятора потрібно ввести уставку тиску (Setpoint) та виставити потрібні коефіцієнти підрегулятора (KP, TN, TV). Перший коефіцієнт – коефіцієнт пропорційності, другий – інтегральний коефіцієнт, третій – диференціальний.

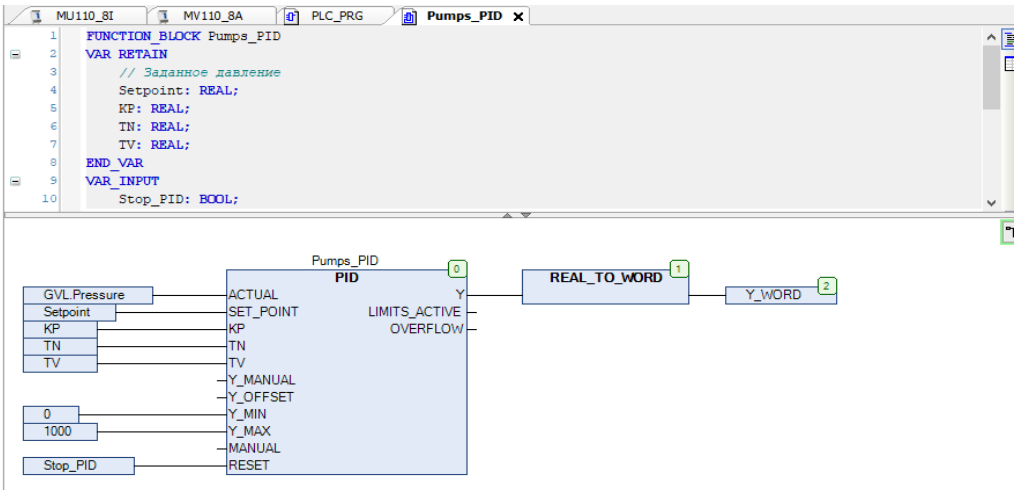


Рис. 3.8 – Програмний код реалізації підрегулятора

Таблиця 3.1

Параметри підрегулятора

Назва параметру	Активний коефіцієнт
KP (Коефіцієнт пропорційності)	45.00
TN (Інтегральна складова)	0.58
TV (Диферинціальна складова)	Не задіяно

На рисунку 3.9 реалізовано зчитування данних з аналогового модуля вводу. Задля відповідності данним виконується дія «множення» на корегуючий коефіцієнт.

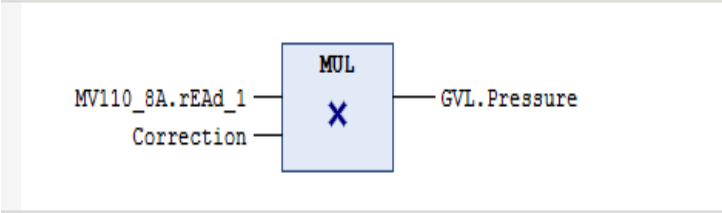


Рис. 3.9 – Зчитування данних з модуля вводу

На рисунку 3.10 реалізовано роботу двигунів для забору води. В данному кроці перевіряється присутність зворотнього зв’язку, задається завдання, роботу якого регулює підрегулятор, звідси ж йде вихід на дискретний модуль, перевірка чи не досягнуто максимального тиску, а також присутня перевірка аварійної кнопки. Для насосів №1-4 данний крок є ідентичним.

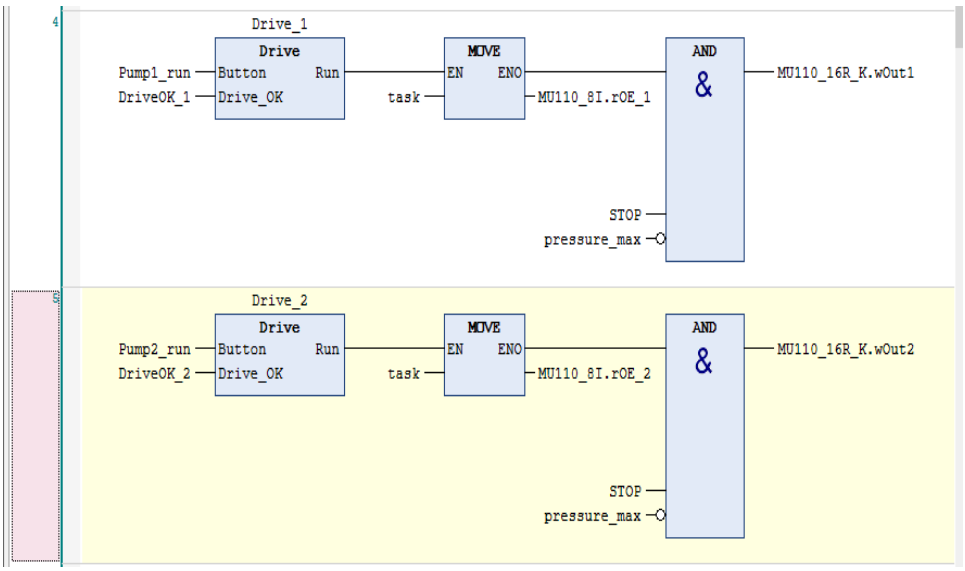


Рис. 3.10 – Реалізація програмного коду роботи двигунів №1-4 забору води

На рисунку 3.11 реалізовано початок роботи двигуна №5, на ньому відсутній зворотній зв’язок, тому для нього крок виконання окремий. Даний двигун використовується як аварійний.

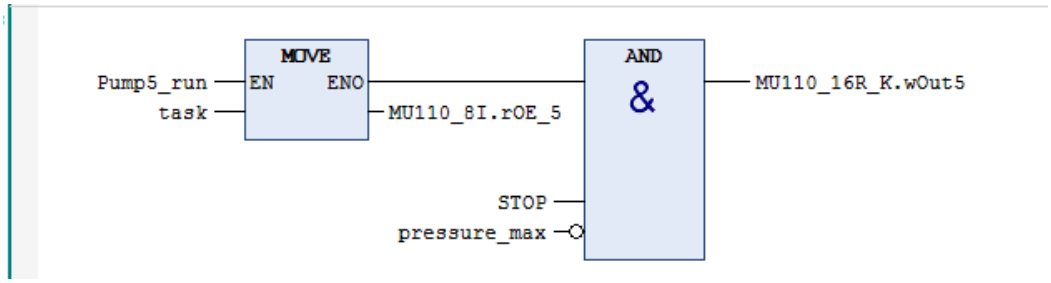


Рис. 3.11 – Реалізація програмного коду роботи двигуна №5 забору води

На рисунку 3.12 реалізовано доступ до параметрів лише за допомогою пароля, в разі, якщо пароль невірний користувач не зможе отримати доступ до налаштування підрегулятора. В разі введеня вірного паролю користувачу розблоковуються меню налаштування підрегулятора та можливість змінювати коефіцієнти. Через 60 секунд після вводу коду доступу він скидається, це реалізовано для безпеки та прорахування людського фактору.

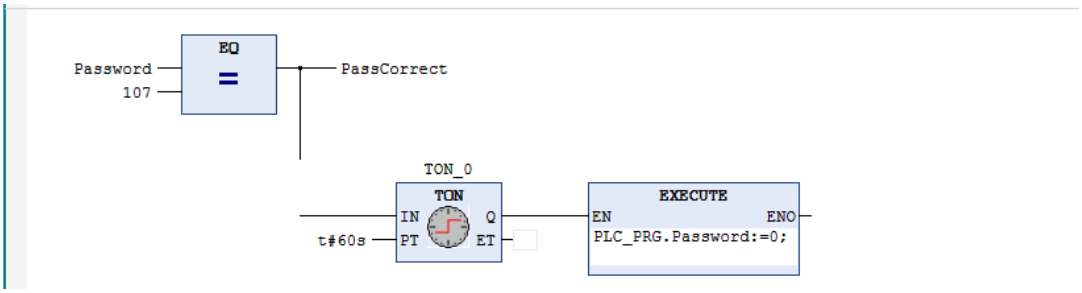


Рис. 3.12 – Реалізація доступу до параметрів підрегулятора

На рисунку 3.13 зображено програмний код порівняння нинішнього тиску з відповідністю до уставки мінімального та максимального тиску, в разі відхилення в меншу чи в більшу сторону викликаються вихідні змінні.

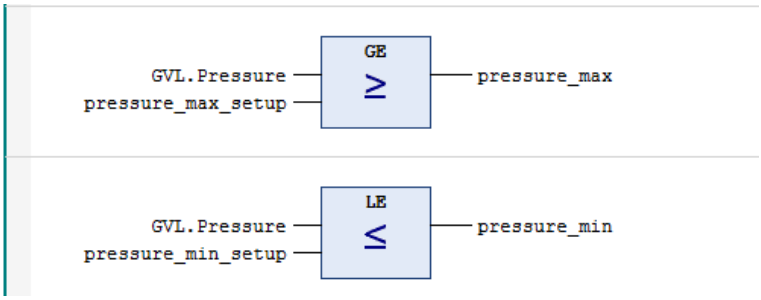


Рис. 3.13 – Порівняння актуального тиску з лімітами

На рисунку 3.14 зображено програмний код, який зчитує рівень артезіанської води. Зчитане значення множиться на коефіцієнт коригування і в разі, якщо вихідне значення більше нуля – передається на візуалізацію.

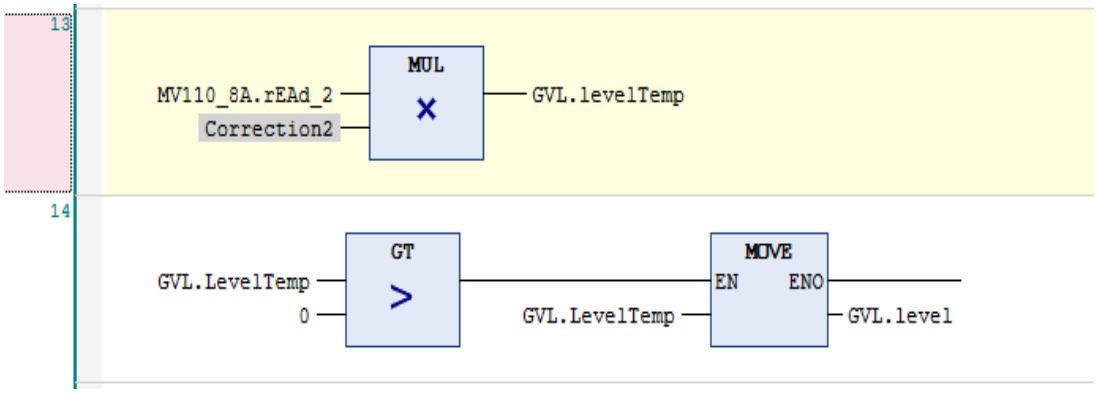


Рис. 3.14 – Зчитування рівня артезіанської води

На рисунку 3.15 зображено програмний код, який перевіряє рівень в баку і коли зчитане значення виходить за допустимі рамки, то відбувається вимкнення насосів шляхом присвоєння змінної. Відключення відбувається по «сухому ходу» двигуна та по заповненій ємності. Всі дії виконуються за допомогою влаштованого в програмне середовище функціонального блоку «Set/reset» або ж так званого тригера.

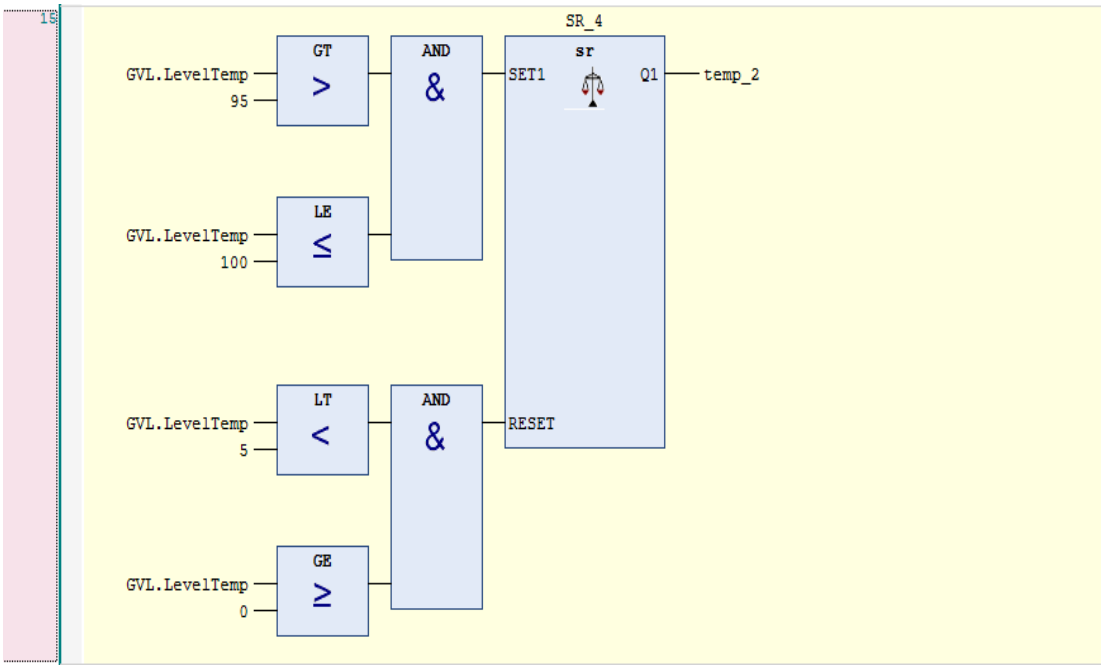


Рис. 3.15 – Перевірка сухого ходу та переливу

На рисунку 3.16 зображено програмний код, який перевіряє рівень ємностей алюмінієвих ємностей та дозволяє роботу насосам, аналогічно попередньому. Також присутня перевірка стану роботи насоса в автоматичному режимі чи в ручному.

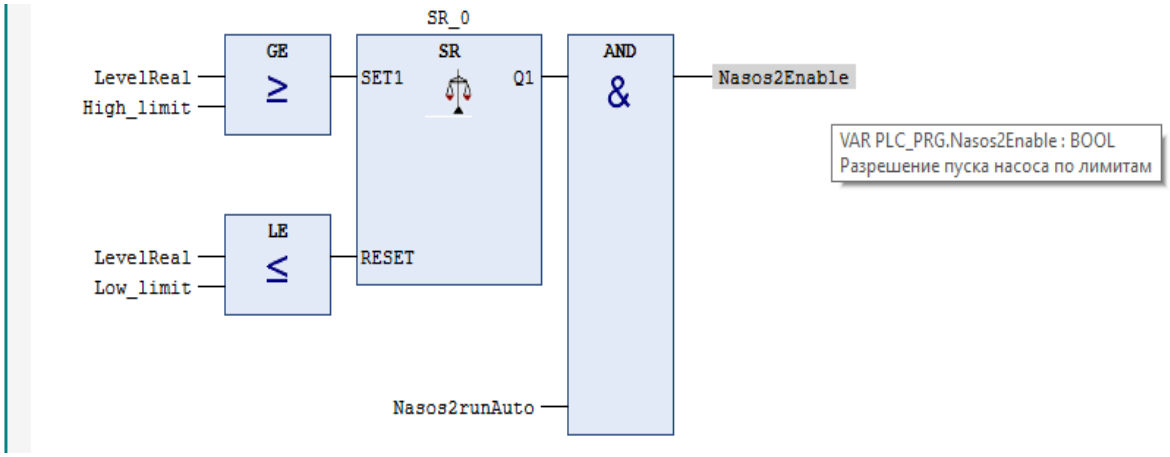


Рис. 3.16 – Перевірка рівня ємностей

На рисунку 3.17 зображено програмний код, який перевіряє зворотній зв'язок з насосів піщаних фільтрів, передає завдання на модуль в разі присутнього зворотнього зв'язку, а також перевіряє чи натиснута аварійна кнопка. До всього того присутня перевірка по сухому ходу, це було реалізовано для підтримання обладнання в робочому стані та запобігання перегрузам.

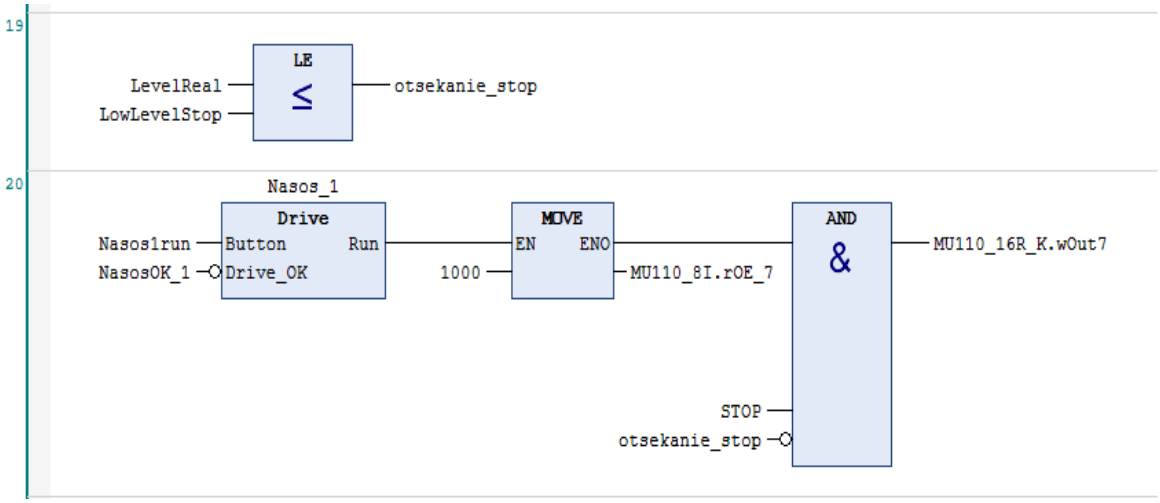


Рис. 3.17 – Перевірка сухого ходу піщаних насосів та реалізація роботи насосу

На рисунку 3.18 зображено програмний код насоса №2 піщаних фільтрів, присутня перевірка стану роботи (автоматичний/ручний режим), перевірка натиснутої аварійної кнопки, перевірка сухого ходу, перевірка зворотнього зв'язку. В разі виконання всіх умов завдання передається на дискретний та аналоговий модуль.

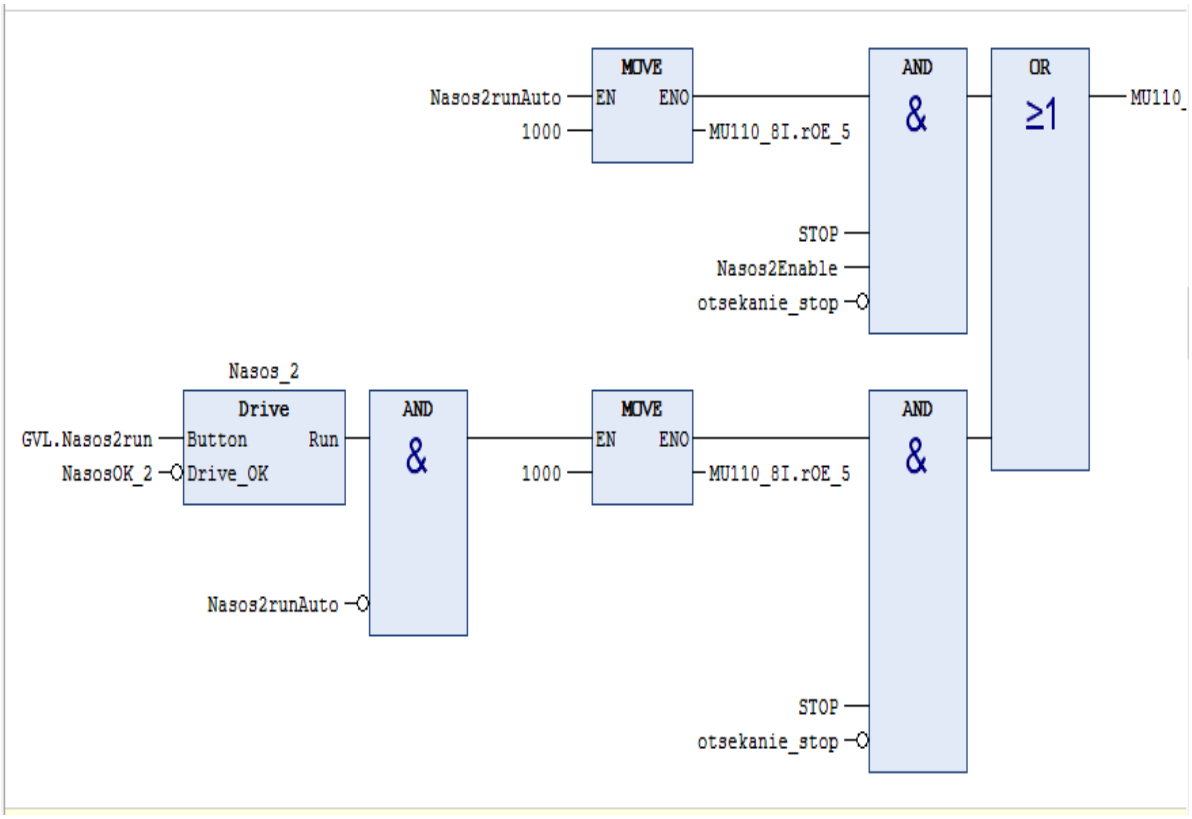


Рис. 3.18 – Перевірка сухого ходу піщаного насосу №2 та реалізація його роботи

На рисунку 3.19 зображено програмний код, який зчитує рівень в алюмінієвій ємності, а також реалізована можливість калібрування датчика. Це необхідно в таких ситуаціях, коли на датчику тиску, а конкретно на мембрані залишаються певні сліди і зменшується чутливість, відповідно неправильно показує рівень на екрані оператора. В такому разі відбувається калібрування «нуля» та максимальної ємності в баку. Умовний «нуль» калібрується коли ємність пуста, а максимальна калібровка відбувається при переливі з ємності на землю.

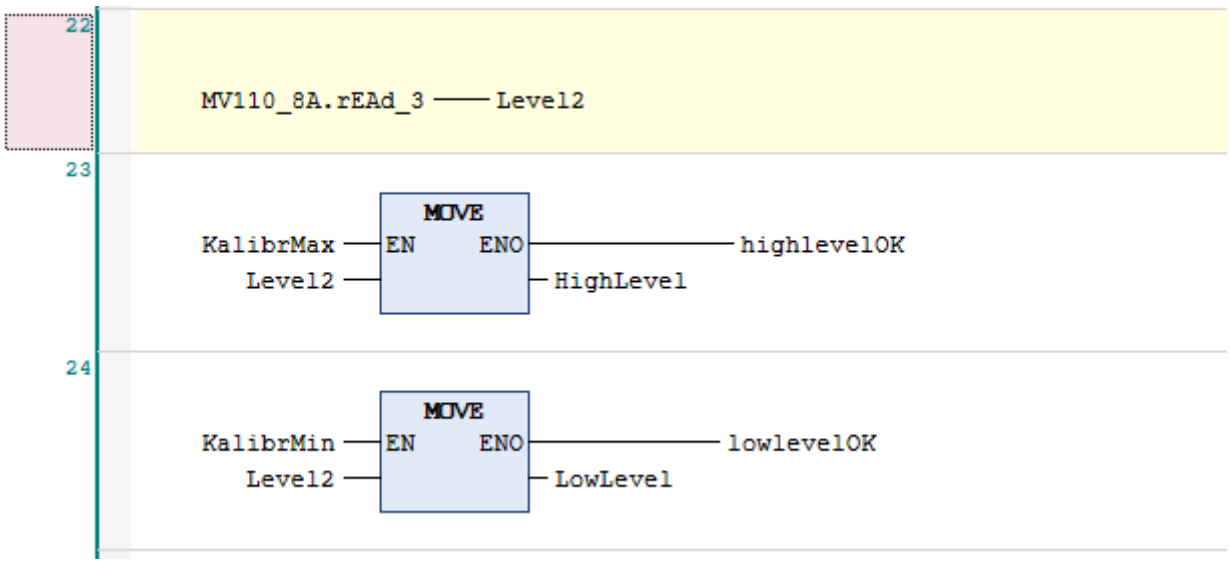


Рис. 3.19 – Зчитування рівня, реалізація калібрування датчика тиску

На рисунку 3.20 зображено програмний код, в результаті розрахунків якого передається реальний рівень рідини в певній ємності з урахуванням коефіцієнту коригування.

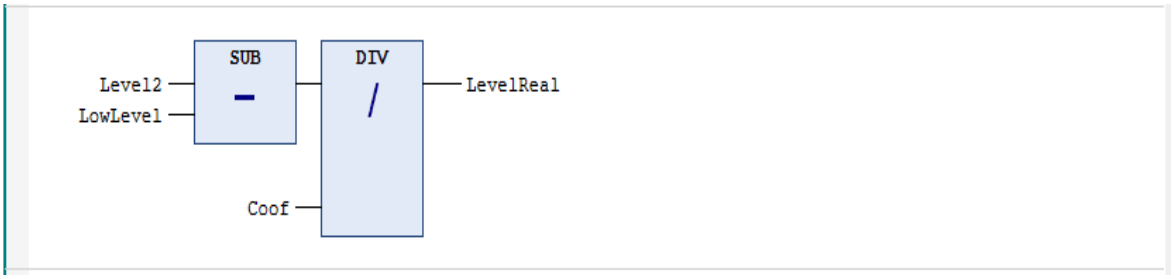


Рис. 3.20 – Розрахунок реально рівня рідини

На рисунку 3.21 зображено програмний код, за допомогою якого оператор на екрані управління може сам виставити уставку при якому рівні в ємності буде загорятись відповідна лампочка на екрані СПК.

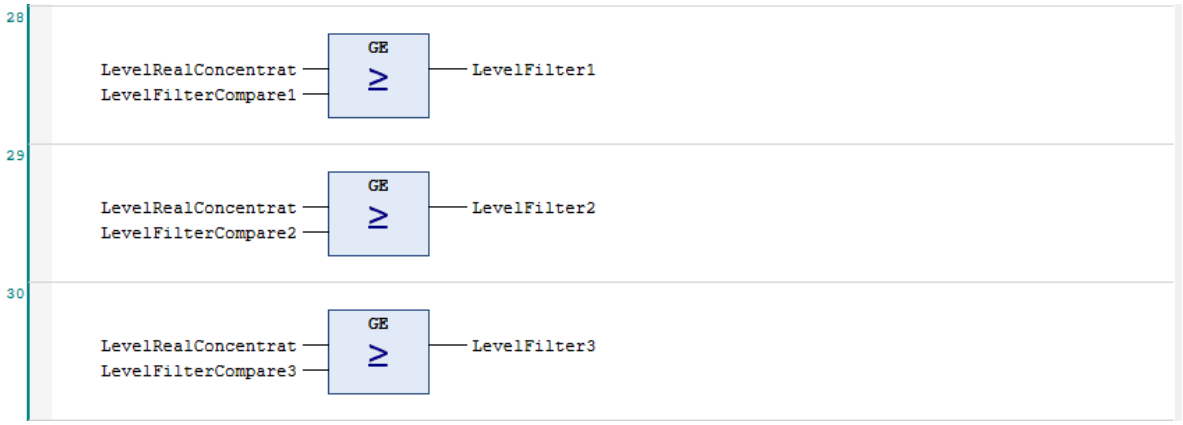


Рис. 3.21 – Програмний код порівняння рівня рідини в фільтрі

На рисунку 3.22 зображено програмний код керування насосами викачки рідини з піщаних фільтрів. Реалізовано автоматичний, ручні режими, присутня перевірка по рівня, тобто сухому ходу, також реалізовано неможливість вмикання ручного режиму при роботі в автоматичному.

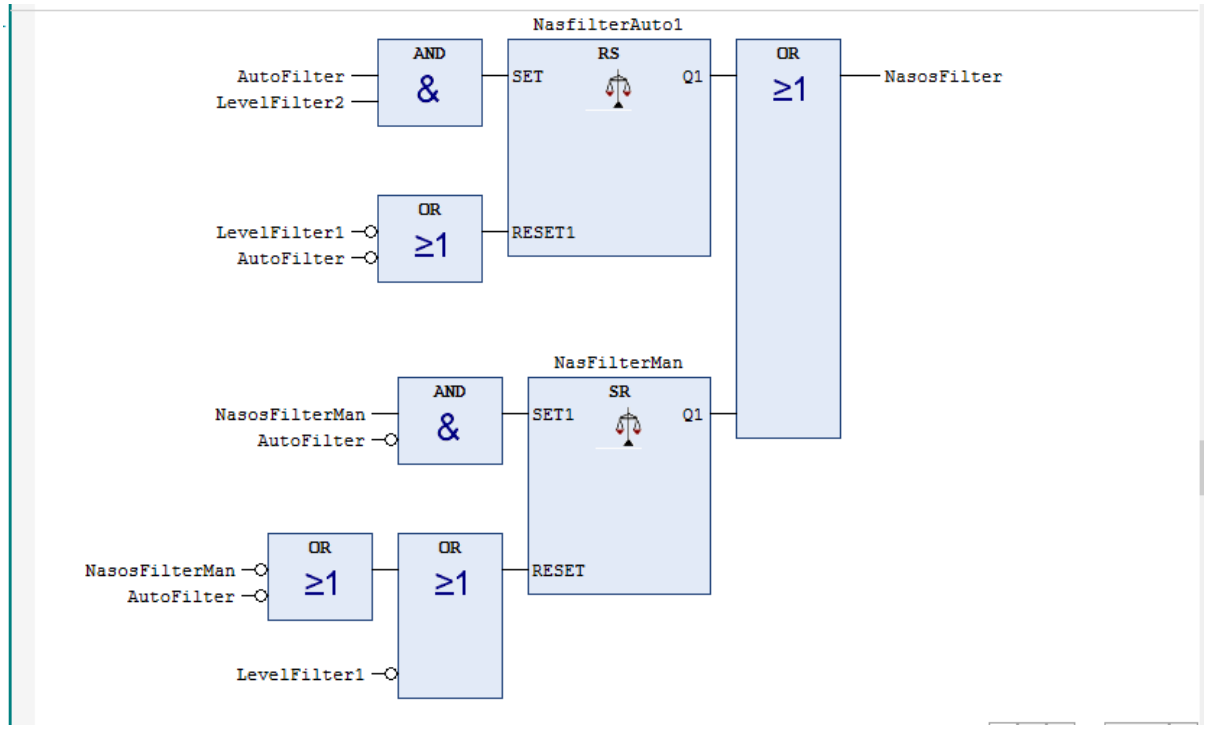


Рис. 3.22 – Програмний код відкачки рідини з піщаних фільтрів

На рисунку 3.23 реалізовано програмний код управління задвижкою піщаних фільтрів. Відбувається перевірка відсутності рівня 2 та 3, лише в цьому разі, в автоматичному режимі, задвижка відкриється та в піщані фільтри почне потрапляти рідина. Також реалізований ручний режим, коли оператор може на СПК самостійно відкрити цей клапан. Реалізовано автоматичне закриття клапана, коли в ємності піщаних фільтрів буде знаходитись відсоток рідини який більше чи дорівнює 3 рівню. Код реалізовано за допомогою тригерів.

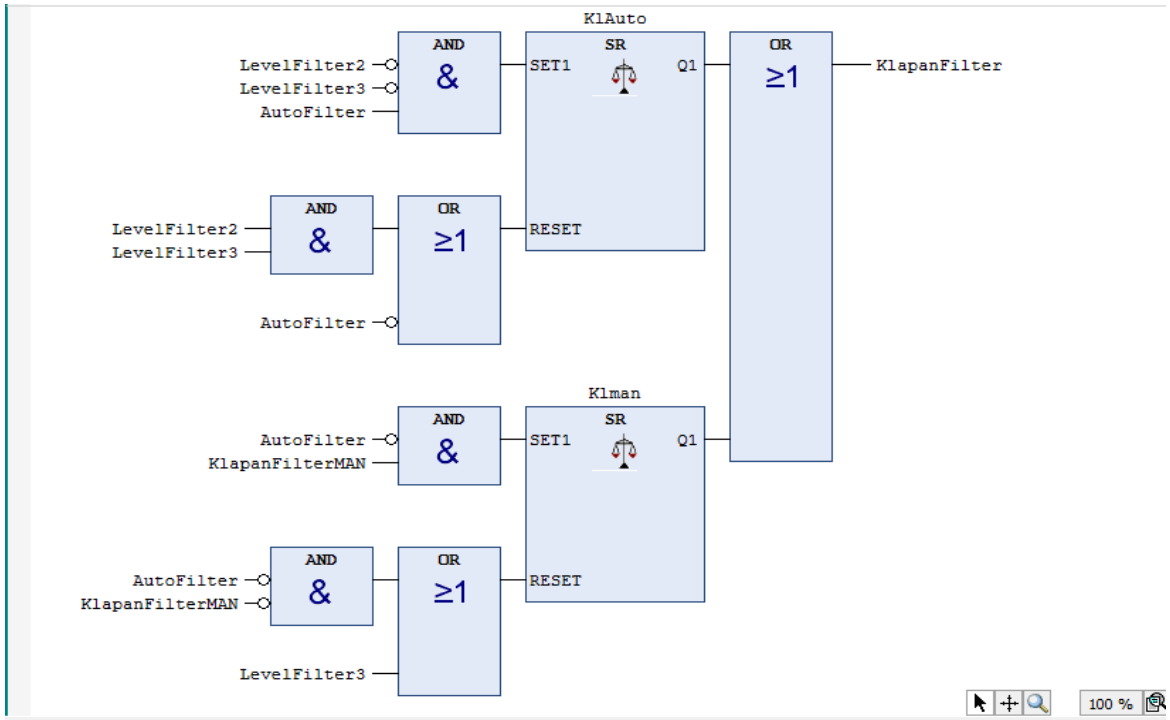


Рис. 3.23 – Програмний код управління клапаном

На рисунку 3.24 зображено програмний код, який зчитує стан клапана піщаних фільтрів, при наявності 2 рівня продовженістю 5 секунд автоматично включає насос зворотнього осмоса та перевіряє в якому режимі знаходиться осмос, якщо всі умови виконані осмос запускається. Реалізовано автоматичне відключення по відсутності 1 рівню в ємності піщаних фільтрів, тобто захист сухого ходу.

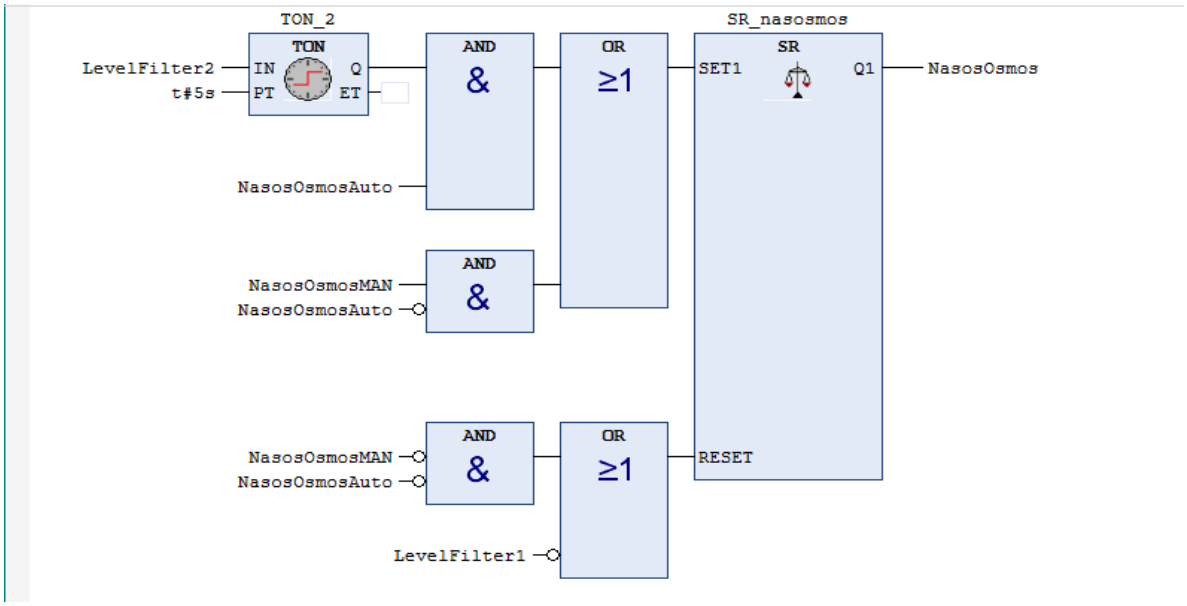


Рис. 3.24 – Управління зворотнім осмосом

На рисунку 3.25 зображено програмний код, який зчитує дані з модулів вводу, а саме тиск перед піщаними фільтрами та рівень в баку концентрата піщаних фільтрів. Також присутня калібровка датчика тиску та розрахування корегуючого коефіцієнту.

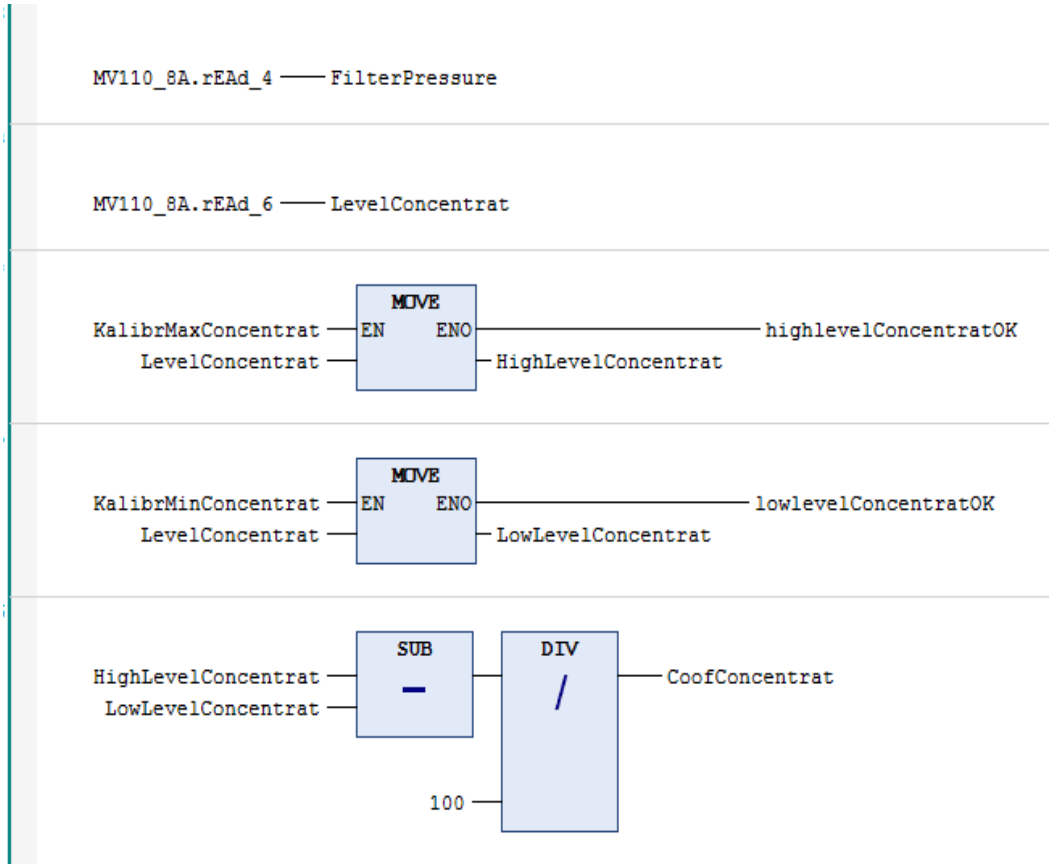


Рис. 3.25 – Зчитування даних з модуля та калібровка датчика тиску

На рисунку 3.26 зображено програмний код, який реалізує передачу реального рівня в ємності концентрату на візуалізацію з урахуванням корегувального коефіцієнта.

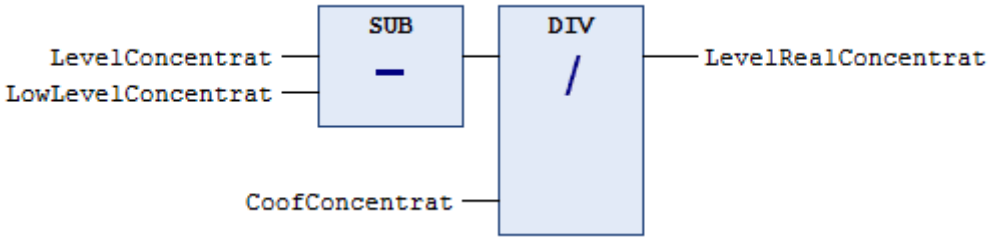


Рис. 3.26 – Передача змінної на візуалізацію

3.3 Тестування програми в режимі емуляції та на промисловому підприємстві

В програмному середовищі CoDeSys присутня така функція, як емуляція. За допомогою цієї функції ми можемо емулювати реальне обладнання та спостерігати за поведінкою нашого проекту, знаходити вразливі місця та без шкоди для обладнання вносити зміни до проекту. Для того щоб запустити режим емуляції потрібно виконати дії, які зображені на рисунку 3.27

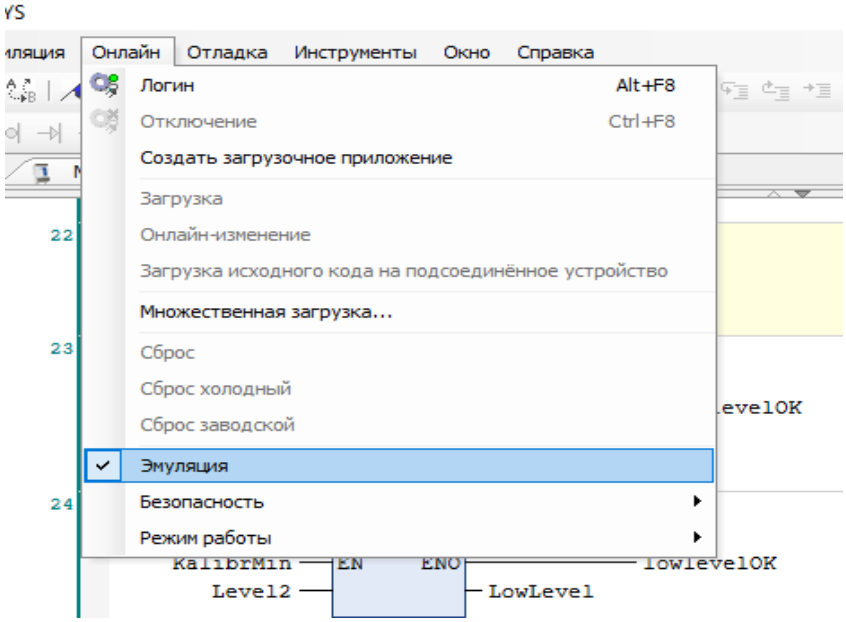


Рис. 3.27 – Ввімкнення режиму емуляції

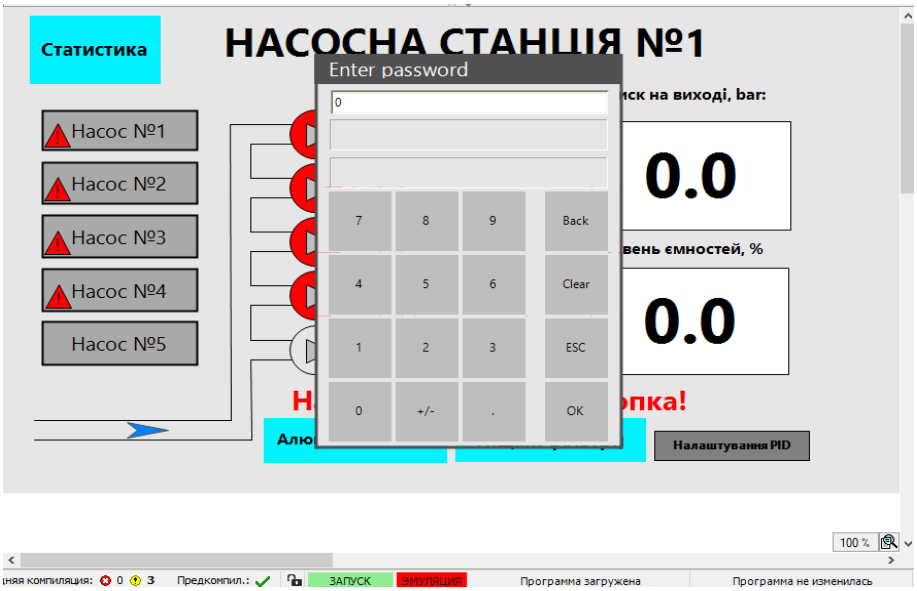


Рис. 3.28 – Перевірка роботи в режимі емуляції

Проект підсистеми комп’ютерного керування водопостачнням промислового підприємства було реалізовано на ПрАТ ПБК «Радомишль», підключено та налаштовано модулі, зібраний електричний шкаф (Рисунок 3.29) та протестовано роботоздатність системи (Рисунок 3.30)

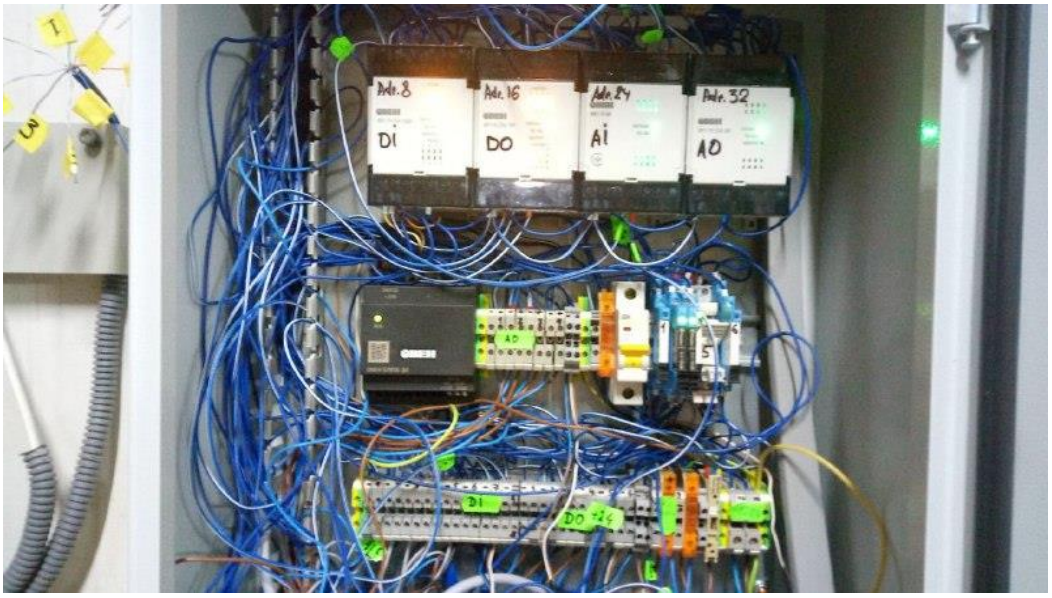


Рис. 3.29 – Змонтований проект в електрошкафу



Рис. 3.30 – Зовнішній вигляд готового проекту на СПК 107

Тестування працездатності підсистеми керування водопостачанням поділялось на 3 групи, а саме: перевірка технічного обладнання; перевірка підключення датчиків, функції зворотнього зв’язку до модулів вводу-виводу; тестування програмного забезпечення в умовах мінімальної потреби водяних ресурсів.

Під час тестування було виявлено проблеми з підключенням датчиків тиску, причина заключалась в погано підтянутих контактах на клемній коробці модулів вводу-виводу. Також було виявлено неправильне електричне підключення функції зворотнього зв’язку, на частотних перетворювачах переплутали аналоговий вхід.

Також була виконанна перевірка аварійної кнопки, суть якої полягає в тому, що при натисканні на аварійну кнопку має зупинитись все виробництво. Під час цієї перевірки була виявлена проблема в неправильному електричному підключенні. Існує два типа підключення датчиків, кнопок, регуляторів – це задіяння NO (Normal Open) та NC (Normal Closed) контактів. Зазвичай кнопки аварійної зупинки використовують другий тип контактів, тобто нормально закритий, це необхідно для безперервної перевірки роботи самої кнопки на елемент короткого замикання, тобто при виході з ладу кнопки вона перейде в нормально відкрите положення, що зупинить роботу всієї системи водопостачання, але це необхідно для того, щоб в екстренний момент ця аварійна кнопка була точно працюючою, щоб миттєво оператор міг зупинити процес, який вийшов з-під контролю.

Під час перевірки зворотнього зв’язку було виявлено випалені аналогові входи одного з частотних перетворювачів, що неуможливлювало його запуск. Було прийнято рішення вирізати данний фрагмент програмного коду та реалізувати роботу насосу через пускач.

Одним з найважливіших моментів в тестуванні було налаштування та підбір коефіцієнтів підрегулятора, адже він впливає на плавність розгону/уповільнення. Цей фактор важливий тим, що чим швидше підрегулятор виявляє реакцію на падіння чи зростання тиску, тим менше проблем буде з обладнанням та тимдовговічніше воно буде працювати. Під час налаштування нерідко значення

тиску зростали до 7-7,5 бар, що є не зовсім добре для Н-катіонових фільтрів. Проблема заключалась в дуже різкому реагуванні на низький тиск та недостатньой швидкому реагуванні на високий. Дана проблема була пов’язана з затримкою опиту датчику тиску, проблему було виявлено та усунено програмним кодом, шляхом збільшення частоти опиту датчиків та зменшення пункту «Задержка ответа».

При тестуванні в режимі низької продуктивності було виявлено проблему з відкриттям електрозасувок магістралі транспортування води на лінію розливу пива, лінію варниці, лінію СІП – миття та лінію буферних ємностей. До електрозасувок було протягнуто кабель, але не було враховано зовнішні чинники, кабель знаходився в металевій трубі і поступово перетирався, а відповідно було втрачено керування електрозасувками. Було прийнято рішення зміни товщини кабелю та прокладення його в спеціальній гофрі, щоб уникнути таких ситуацій в подальшому.

Після усунення всіх проблем поступово переводили систему з мінімального навантаження до середнього, а від середнього до максимального. На етапі підняття навантаження до максимального знову довелось регулювати параметри підрегулятора, а саме інтегральний коефіцієнт. Було прийнято рішення змінити в програмному обладнанні СПК 107 режим відображення саме цього параметру, а саме додати на один знак більше після коми для наглядності ситуації. Дане рішення було вірним та було досягнуто результату стабільної роботи системи водопостачання на максимальній потужності.

Через певний час після реалізації проекту ситуація з нестабільною роботою PID-регулятора повторилась, тому було заплановано створити програмний код, як додаток до існуючої системи, який би підбирав коефіцієнти підрегулятора автоматично, спостерігаючи за значенням швидкості відкриття/закриття електрозасувок, швидкості розгону частотних перетворювачів, а також заплановано встановити витратомір для наглядного контролю за витратою води.

Для того щоб ситуація з PID-регулятором не повторювалась, поки не розроблено програмний код автоматичного підбору коефіцієнтів, було прийнято рішення використовувати насос №5 лише в екстренному випадку, так як він запускається від пускача та миттєво підіймає тиск в системі.

Висновки з третього розділу

При виконанні даного розділу курсового проекту було обрано обладнання потрібне для реалізації проекту. Також було проведено конфігурування модулів вводу-виводу, конфігурування датчиків температури та тиску. Виконано тестування в режимі емуляції та підключено в роботу на промисловому об’єкті. Досліджено можливості тригерів, можливості об’єктів при ведення певної дії з ними. Також було розроблено програмне забезпечення для керування системою забору води та перевірене в роботі на промисловому підприємстві.

ВИСНОВКИ

Отже, на сьогодняшній день автоматизація промислових процесів є необхідною, а головне невід'ємною частиною в роботі будь-якого промислового підприємства. Автоматизація допомогає полегшити працю людей, які працюють в певній сфері виробництва, а також допомогає зменшити ресурси, які витрачаються на постійну заміну обладнання.

При виконанні першого розділу дипломного проекту було проаналізовано поставлене завдання. Досліджено літературні джерела, зібрано інформацію про найпоширеніші проблеми пов'яхзані з водопостачанням на промислових підприємствах та було розглянуто можливі шляхи для вирішення данних проблем. Також було розглянуто види фільтрів та методи обробки води.

При виконанні другого розділу дипломного проекту було проаналізовано структурно побудову систем водопостачання, розглянуто алгоритми роботи сучасних систем водопостачання. Було заплановано створення візуалізацію проекту з прив'язкою до об'єктів. Запропоновано реалізувати зворотні зв'язки з об'єктами керування.

При виконанні третього розділу дипломного проекту було підібрано обладнання для реалізації проекту на промисловому підприємстві, написано програмний код, реалізовано тестування в реальних умовах на промисловому підприємстві та проведено тестування в режимі емуляції.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Программирование ПЛК [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://techtrends.ru/resources/articles/programmirovanie-plk/
2. Введение в ПЛК [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://www.compel.ru/lib/95591
3. Практичний посібник із започаткування системи управління активами водоканалу [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://www.ims-ukraine.org/sites/default/files/pdf.pdf
4. Конфигурация модулей ввода/вывода ОВЕН [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://ftp.owen.ru/AiP/33/aip0208s6-9.pdf
5. Примеры настройки обмена [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://binomkip.ru/upload/iblock/a66/a6680c5ad6dc056e21125e4cf2190698.pdf
6. Языки программирования промышленных контроллеров [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: http://www.promserv.ru/information/96--plc.html
7. Подключение датчиков давления [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://ab-log.ru/smart-house/ethernet/megad-sensor-current
8. Средства визуализации в CoDeSys [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://www.youtube.com/watch?v=PEIFXS2BSPI

ДОДАТКИ

Додаток А

Оголошення змінних проекту, присвоїння значення та коментар до кожної змінної

```
PROGRAM PLC_PRG

VAR
  task: WORD; // Вихід на частотні перетворювачі
  task2: WORD;
  Pumps_PID_0: Pumps_PID; // Вихідне завдання з підрегулятора
  Nasos_PID_0: Nasos_PID; // Підрегулятор алюмінієвих ємностей
  Pump1_run: BOOL; // Старт насоса 1
  Alarm: BOOL; // Аварійна кнопка
  STOP: BOOL;
  OK: BOOL;
  DriveOK_1: BOOL; // Зворотній зв’язок з частотним перетворювачем №1
  DriveOK_2: BOOL; // Зворотній зв’язок з частотним перетворювачем №2
  DriveOK_3: BOOL; // Зворотній зв’язок з частотним перетворювачем №3
  DriveOK_5: BOOL; // Зворотній зв’язок з частотним перетворювачем №5
  DriveOK_4: BOOL; // Зворотній зв’язок з частотним перетворювачем №4
  //Обратная связь с насосом №1 алюминиевой емкости
  NasosOK_1: BOOL; // Зворотній зв’язок з насосом №1 алюмінієвих ємностей
  NasosOK_2:BOOL; // Зворотній зв’язок з насосом №1 алюмінієвих ємностей
  Pump2_run: BOOL; // Пуск насоса №2
  Pump3_run: BOOL; // Пуск насоса №3
  Pump4_run: BOOL; // Пуск насоса №4
  Pump5_run: BOOL; // Пуск насоса №5
  Drive_3: Drive;
  Drive_2: Drive;
  Drive_1: Drive;
```

Drive_4: Drive;

Nasos_1: Drive;

Nasos_2: Drive;

// Пароль розблокування налаштуваннь

Password: INT;

PassCorrect: BOOL;

// Таймер скидання пароля

TON_0: TON;

pressure_max:BOOL; // Тиск вище встановленого (пауза роботи насосів)

pressure_min:BOOL; // Тиск нижче встановленого (продовження роботи насосів)

otsekanie_stop:BOOL;// Відключення обох насосів по сухому ходу

pressure_proc:REAL;

Nasos1run:BOOL; // Включення насоса №1 алюміневих ємностей

//Nasos2run: BOOL;// Включення насоса №2 алюміневих ємностей

Nasos2runMan:BOOL; // Ручний режим насоса №2 алюміневих ємностей

Nasos2runAuto:BOOL;// Автоматичний режим насоса №2 алюміневих ємностей

KalibrMax:BOOL;//Кнопка калібровки максимального рівня алюміневих ємностей

KalibrMin:BOOL;//Кнопка калібровки мінімального рівня алюміневих ємностей

LevelTEMP:REAL;

Level2:REAL; //Показник з датчика рівня алюміневих ємностей

HighLevel:REAL:=660;// максимальне значення рівня (калібровка)(800)

LowLevel:REAL:=0;// мінімальне значення рівня (калібровка)(162.13)

LowLevelStop:REAL;// гранично мінімальний рівень для відключення насосів

highlevelOK:BOOL;// не задіяно

lowlevelOK:BOOL;// не задіяно

Coof:REAL:=1;//коефіцієнт корректировки калібрації рівня

LevelReal:REAL;//Реальний рівень який передається на візуалізацію

temp1:REAL;

Nasos2Enable:BOOL;// Дозвіл на запуск насоса

PULSE:BOOL;

CounterStatus:REAL;

//---

LevelFilter1:BOOL;//рівні ємності піщаних фільтрів

LevelFilter2:BOOL;

LevelFilter3:BOOL;

LevelFilterCompare1:REAL;//Коефіцієнти порівняння рівнів до аналогового сигналу

LevelFilterCompare2:REAL;

LevelFilterCompare3:REAL;

AutoFilter:BOOL; // Автоматичний режим роботи піщаних фільтрів

NasosFilter:BOOL; //Включення насосу викачки з ємності піщаних фільтрів

KlapanFilter:BOOL;//Включення задвижки подачі води в ємність піщаних фільтрів

KlapanFilterMAN:BOOL;//Включення задвижки подачі води в ємність піщаних фільтрів в ручному режимі

NasosOsmosMAN:BOOL;//Включення насосу подачі води на зворотній осмос в ручному режимі

NasosOsmos:BOOL;//Включення насосу подачі води на зворотній осмос

NasosOsmosAuto:bool;//Автоматичний режим насоса зворотнього осмоса

NasosFilterMan:BOOL;//Включення насосу викачки з ємності піщаних фільтрів в ручному режимі

FilterPressure:REAL;//Тиск перед піщаними фільтрами

LevelConcentrat:REAL;// рівень баку концентрату на піщані фільтра

KalibrMaxConcentrat:BOOL;//Кнопка калібровки максимального рівня ємностей концентрату

KalibrMinConcentrat:BOOL;//Кнопка калібровки мінімального рівня ємностей концентрату

HighLevelConcentrat:REAL:=470;// максимальне значення рівня (калібровка)ємностей концентрату

LowLevelConcentrat:REAL:=95;// мінімальне значення рівня (калібровка)ємностей концентрату

CoofConcentrat:REAL:=1;//коефіцієнт коректировки калібрації рівня ємності концентрату

highlevelConcentratOK:BOOL;// не задіяно

lowlevelConcentratOK:BOOL;// не задіяно

LevelRealConcentrat:REAL;//Реальний рівень ємності концентрату який передається на візуалізацію

SR_0: SR;

TON_1: TON;

Counter1: CTU;

R_TRIG_0: R_TRIG;

RS_0: RS;

CTU_0: CTU;

PULSE1: BOOL;

ResultCount:BOOL;

NasAuto: SR;

NasMan: SR;

NasFilterMan: SR;

NasfilterAuto: SR;

KlAuto: SR;

```
  Klman: SR;
  TOF_0: TOF;
  TON_2: TON;

  SR_nasosmos: SR;
  NasfilterAuto1: RS;
  SR_1: sr;
  SR_2: sr;
  SR_3: sr;
  SR_4: sr;
  temp_2: BOOL;
END_VAR
VAR RETAIN
  // Корегування датчика
  Correction: REAL := 1;
  // Корегування датчика артезіанської води
  Correction2: REAL :=166.666;
  // Тиск мінімальний
  pressure_min_setup:REAL;
  // Тиск максимальний уставка
  pressure_max_setup:REAL;
  //Верхній рівень алюмінієвих ємностей
  High_limit:REAL;
  //Нижній рівень алюмінієвих ємностей
  Low_limit: REAL;

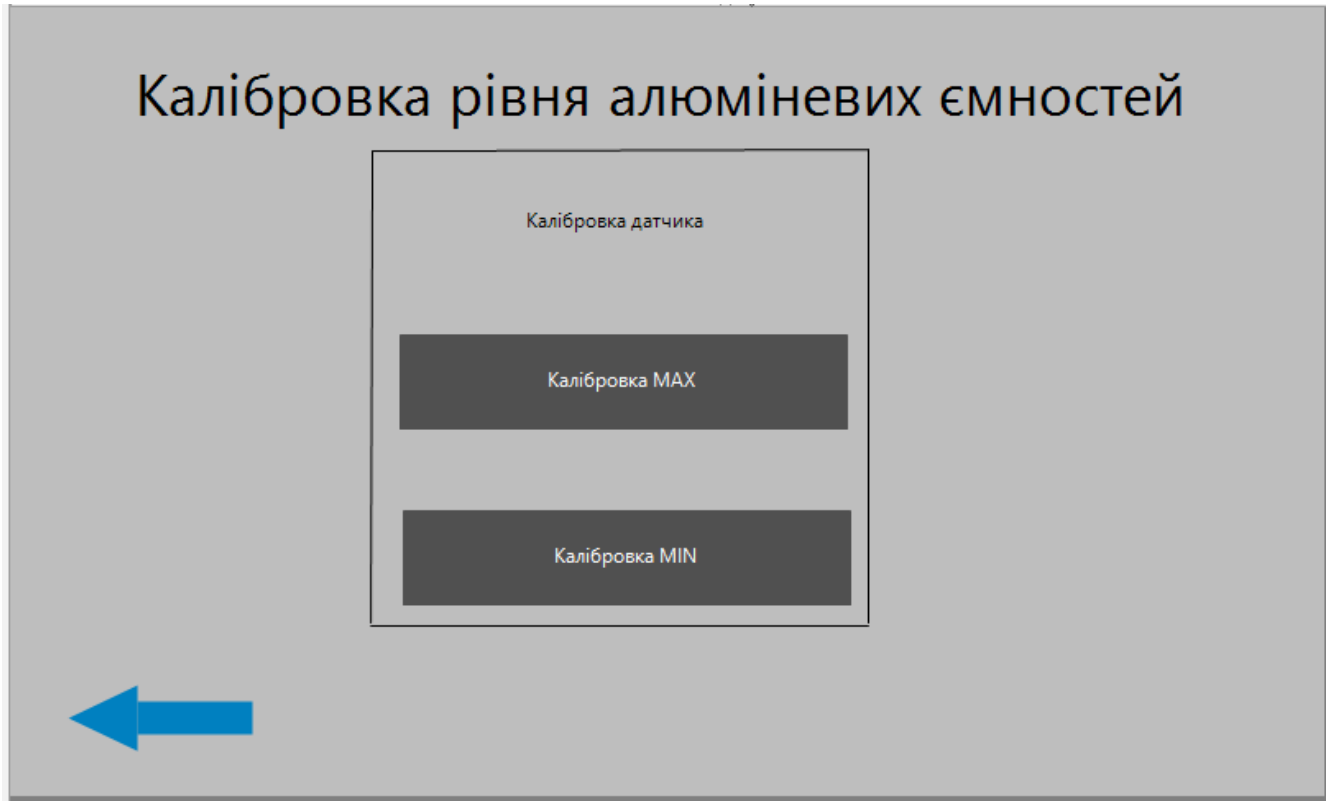
END_VAR
FUNCTION_BLOCK Pumps_PID
VAR RETAIN
  // Заданное давление
```

```
  Setpoint: REAL;
  KP: REAL;
  TN: REAL;
  TV: REAL;

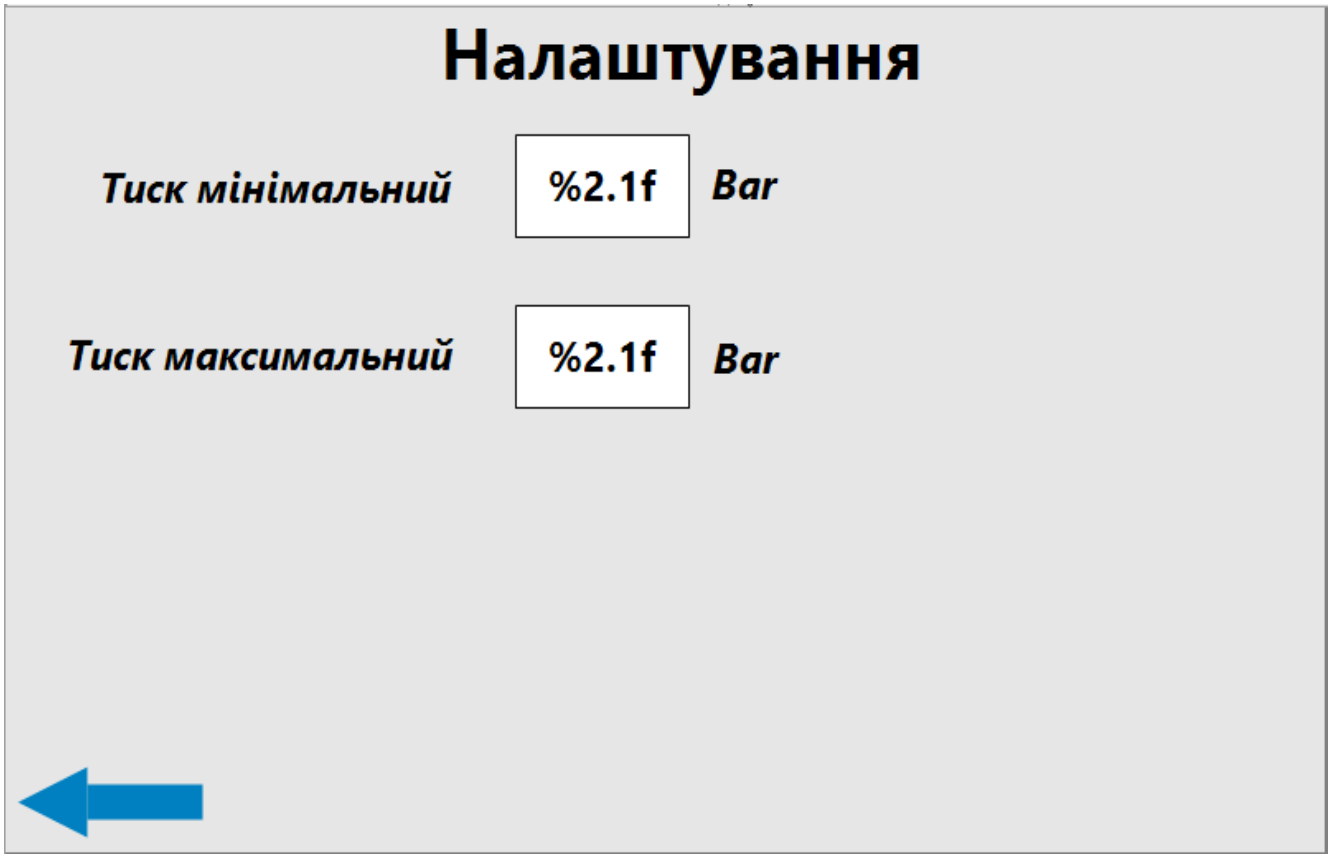
END_VAR
VAR_INPUT
  Stop_PID: BOOL;
END_VAR
VAR_OUTPUT
  // Выход в WORD
  Y_WORD: WORD;
END_VAR
VAR
  Pumps_PID: PID;
  PID_reset: BOOL;
END_VAR
```

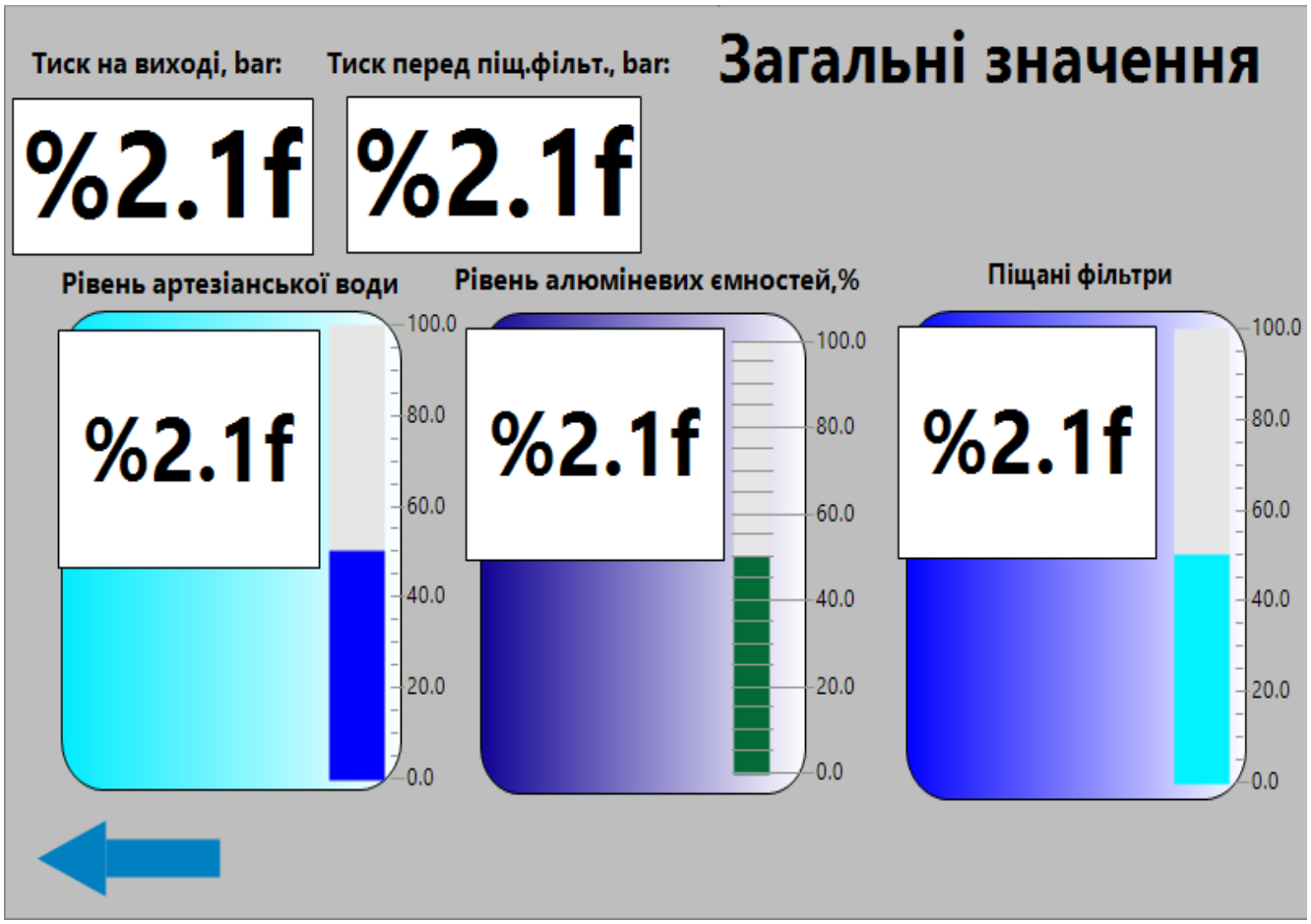
Додаток Б

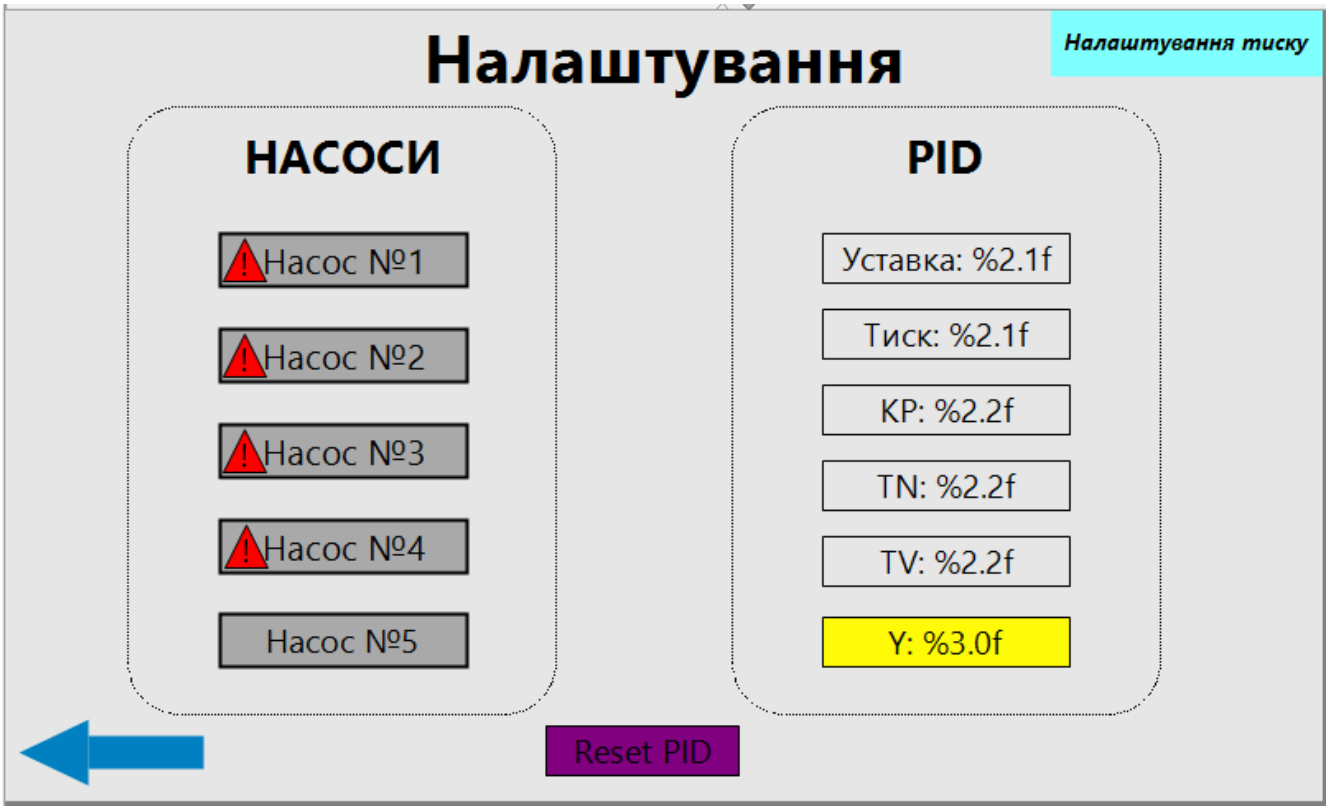
Візуалізація окремих екранів управління підсистемою

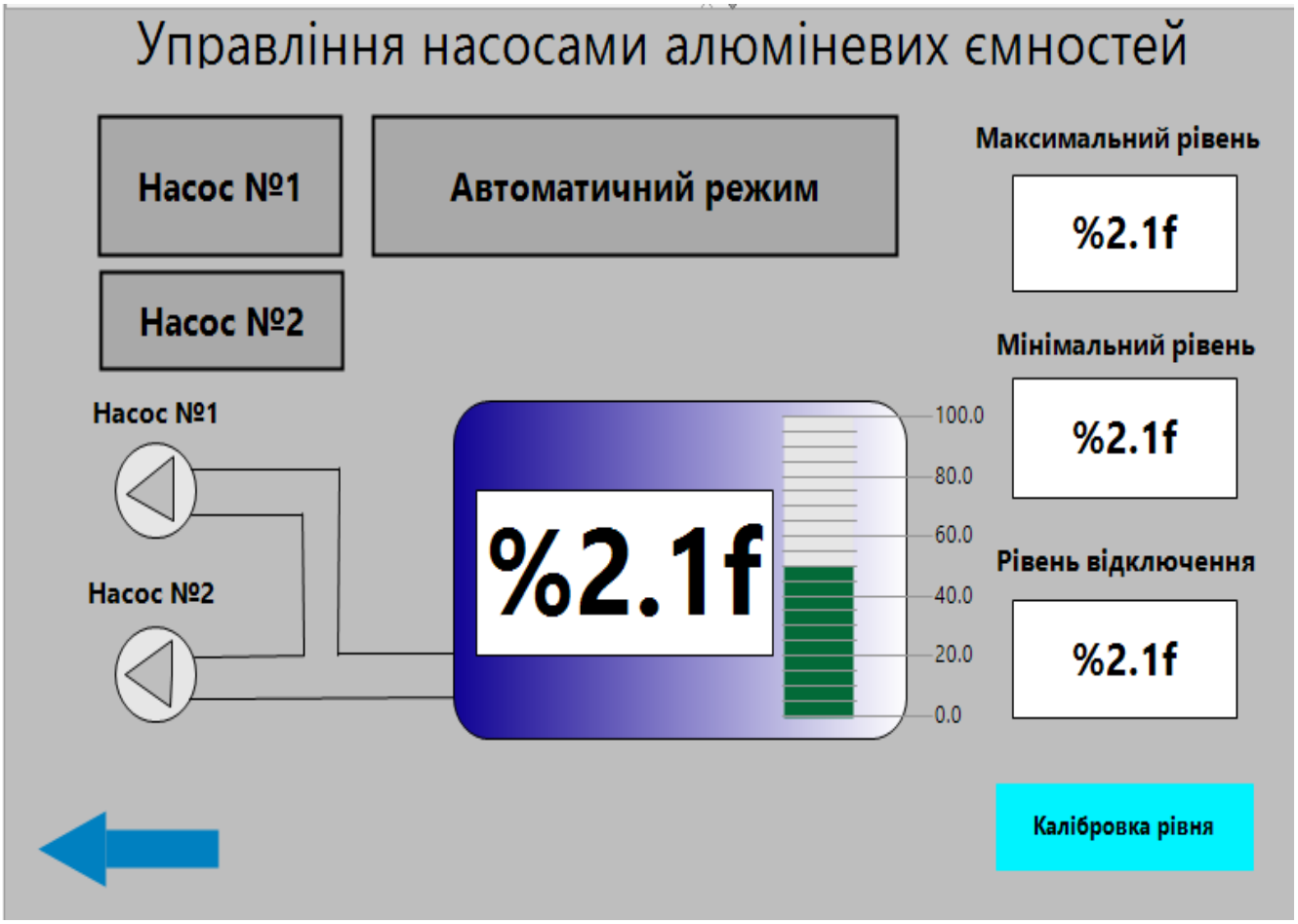


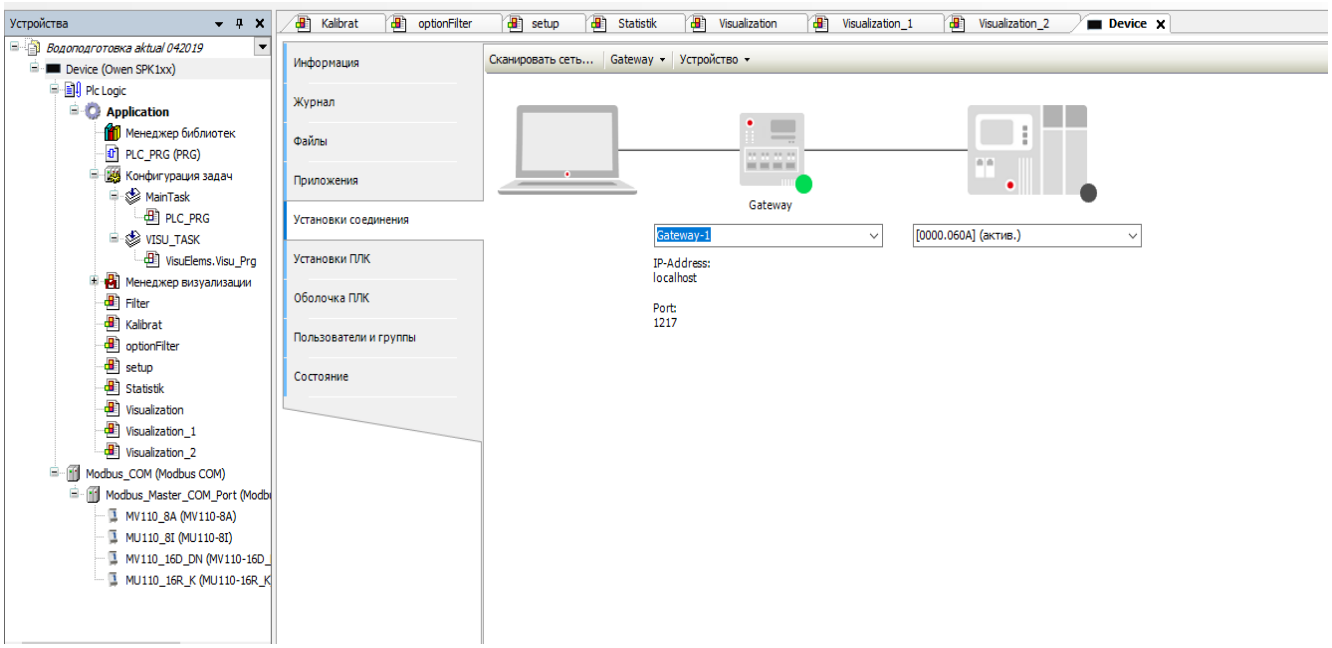


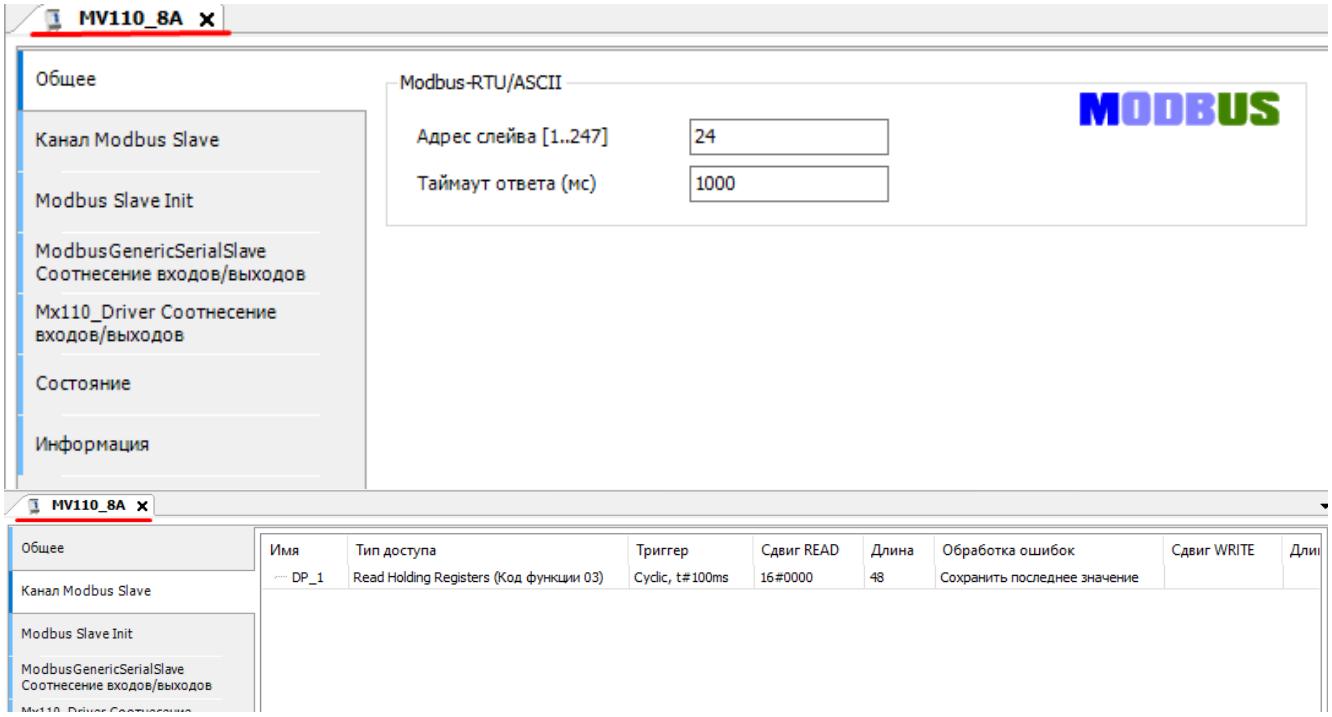

Налаштування
Тиск мінімальний
%2.1f
Bar
Тиск максимальний
%2.1f
Bar


Загальні значення
Тиск на виході, bar:
Тиск перед піщ.фільт., bar:
%2.1f
%2.1f
Рівень артезіанської води
Рівень алюміневих ємностей,%
Піщані фільтри
%2.1f
%2.1f
%2.1f
100.0
80.0
60.0
40.0
20.0
0.0


Налаштування
Налаштування тиску
НАСОСИ
Насос №1
Насос №2
Насос №3
Насос №4
Насос №5
PID
Уставка: %2.1f
Тиск: %2.1f
KP: %2.2f
TN: %2.2f
TV: %2.2f
Y: %3.0f
Reset PID


Управління насосами алюміневих ємностей
Насос №1
Автоматичний режим
Насос №2
Максимальний рівень
%2.1f
Мінімальний рівень
%2.1f
Насос №1
Насос №2
%2.1f
100.0
80.0
60.0
40.0
20.0
0.0
Рівень відключення
%2.1f
Калібровка рівня


Устройства
Водоподготовка aktual 042019
Device (Owen SPK1xx)
Plc Logic
Application
Менеджер библиотек
PLC_PRG (PRG)
Конфигурация задач
MainTask
PLC_PRG
VISU_TASK
VisuElems.Visu_Prg
Менеджер визуализации
Filter
Kalibrat
optionFilter
setup
Statistik
Visualization
Visualization_1
Visualization_2
Modbus_COM (Modbus COM)
MV110_8A (MV110-8A)
MU110_8I (MU110-8I)
MV110_16D_DN (MV110-16D_
MU110_16R_K (MU110-16R_K
Kalibrat
optionFilter
setup
Statistik
Visualization
Visualization_1
Visualization_2
Device
Информация
Журнал
Файлы
Приложения
Установки соединения
Установки ПЛК
Оболочка ПЛК
Пользователи и группы
Состояние
Сканировать сеть...
Gateway
Устройство
Gateway
Gateway-1
[0000.060A] (актив.)
IP-Address:
localhost
Port:
1217


MV110_8A
Общее
Канал Modbus Slave
Modbus Slave Init
ModbusGenericSerialSlave
Соотнесение входов/выходов
Mx110_Driver Соотнесение
входов/выходов
Состояние
Информация
Modbus-RTU/ASCII
MODBUS
Адрес слейва [1..247]
24
Таймаут ответа (мс)
1000
MV110_8A
Общее
Канал Modbus Slave
Modbus Slave Init
ModbusGenericSerialSlave
Соотнесение входов/выходов
Имя
Тип доступа
Триггер
Сдвиг READ
Длина
Обработка ошибок
Сдвиг WRITE
DP_1
Read Holding Registers (Код функции 03)
Cyclic, t#100ms
16#0000
48
Сохранить последнее значение

MV110_8A

Общее
Канал Modbus Slave
Modbus Slave Init
ModbusGenericSerialSlave Соотнесение входов/выходов
Mx110_Driver Соотнесение входов/выходов
Состояние
Информация

Каналы

Переменная	Соотнесение	Канал	Адрес	Тип	Единица	Описание
		DP_1	%IW0	ARRAY [0..47] OF WORD		DP_1,rEAd_Int_1,Stat_1,C_Time_1,rEAd_1,DF
		DP_1[0]	%IW0	WORD		DP_1,rEAd_Int_1,Stat_1,C_Time_1,rEAd_1,DF
		DP_1[1]	%IW1	WORD		DP_1,rEAd_Int_1,Stat_1,C_Time_1,rEAd_1,DF
		DP_1[2]	%IW2	WORD		DP_1,rEAd_Int_1,Stat_1,C_Time_1,rEAd_1,DF
		DP_1[3]	%IW3	WORD		DP_1,rEAd_Int_1,Stat_1,C_Time_1,rEAd_1,DF
		DP_1[4]	%IW4	WORD		DP_1,rEAd_Int_1,Stat_1,C_Time_1,rEAd_1,DF
		DP_1[5]	%IW5	WORD		DP_1,rEAd_Int_1,Stat_1,C_Time_1,rEAd_1,DF
		DP_1[6]	%IW6	WORD		DP_1,rEAd_Int_1,Stat_1,C_Time_1,rEAd_1,DF
		DP_1[7]	%IW7	WORD		DP_1,rEAd_Int_1,Stat_1,C_Time_1,rEAd_1,DF
		DP_1[8]	%IW8	WORD		DP_1,rEAd_Int_1,Stat_1,C_Time_1,rEAd_1,DF
		DP_1[9]	%IW9	WORD		DP_1,rEAd_Int_1,Stat_1,C_Time_1,rEAd_1,DF
		DP_1[10]	%IW10	WORD		DP_1,rEAd_Int_1,Stat_1,C_Time_1,rEAd_1,DF
		DP_1[11]	%IW11	WORD		DP_1,rEAd_Int_1,Stat_1,C_Time_1,rEAd_1,DF
		DP_1[12]	%IW12	WORD		DP_1,rEAd_Int_1,Stat_1,C_Time_1,rEAd_1,DF
		DP_1[13]	%IW13	WORD		DP_1,rEAd_Int_1,Stat_1,C_Time_1,rEAd_1,DF
		DP_1[14]	%IW14	WORD		DP_1,rEAd_Int_1,Stat_1,C_Time_1,rEAd_1,DF
		DP_1[15]	%IW15	WORD		DP_1,rEAd_Int_1,Stat_1,C_Time_1,rEAd_1,DF
		DP_1[16]	%IW16	WORD		DP_1,rEAd_Int_1,Stat_1,C_Time_1,rEAd_1,DF

MV110_16D_DN

Общее
Канал Modbus Slave
Modbus Slave Init

Modbus-RTU/ASCII

MODBUS

Адрес слейва [1..247] 8

Таймаут ответа (мс) 1000

MV110_16D_DN

Общее
Канал Modbus Slave
Modbus Slave Init
ModbusGenericSerialSlave Соотнесение входов/выходов
Mx110_Driver Соотнесение входов/выходов
Состояние
Информация

Имя	Тип доступа	Триггер	Сдвиг READ	Длина	Обработка ошибок	Сдвиг WRITE
Mask	Read Holding Registers (Код функции 03)	Cyclic, t#100ms	16#0033	1	Сохранить последнее значение	
rCounters	Read Holding Registers (Код функции 03)	Cyclic, t#100ms	16#0040	16	Сохранить последнее значение	
wCounter1	Write Multiple Registers (Код функции 16)	Rising edge				16#0040
wCounter2	Write Multiple Registers (Код функции 16)	Rising edge				16#0041
wCounter3	Write Multiple Registers (Код функции 16)	Rising edge				16#0042
wCounter4	Write Multiple Registers (Код функции 16)	Rising edge				16#0043
wCounter5	Write Multiple Registers (Код функции 16)	Rising edge				16#0044
wCounter6	Write Multiple Registers (Код функции 16)	Rising edge				16#0045
wCounter7	Write Multiple Registers (Код функции 16)	Rising edge				16#0046
wCounter8	Write Multiple Registers (Код функции 16)	Rising edge				16#0047
wCounter9	Write Multiple Registers (Код функции 16)	Rising edge				16#0048
wCounter10	Write Multiple Registers (Код функции 16)	Rising edge				16#0049
wCounter11	Write Multiple Registers (Код функции 16)	Rising edge				16#004A
wCounter12	Write Multiple Registers (Код функции 16)	Rising edge				16#004B
wCounter13	Write Multiple Registers (Код функции 16)	Rising edge				16#004C
wCounter14	Write Multiple Registers (Код функции 16)	Rising edge				16#004D
wCounter15	Write Multiple Registers (Код функции 16)	Rising edge				16#004E
wCounter16	Write Multiple Registers (Код функции 16)	Rising edge				16#004F

MU110_8I

Общее
Канал Modbus Slave
Modbus Slave Init

Modbus-RTU/ASCII

MODBUS

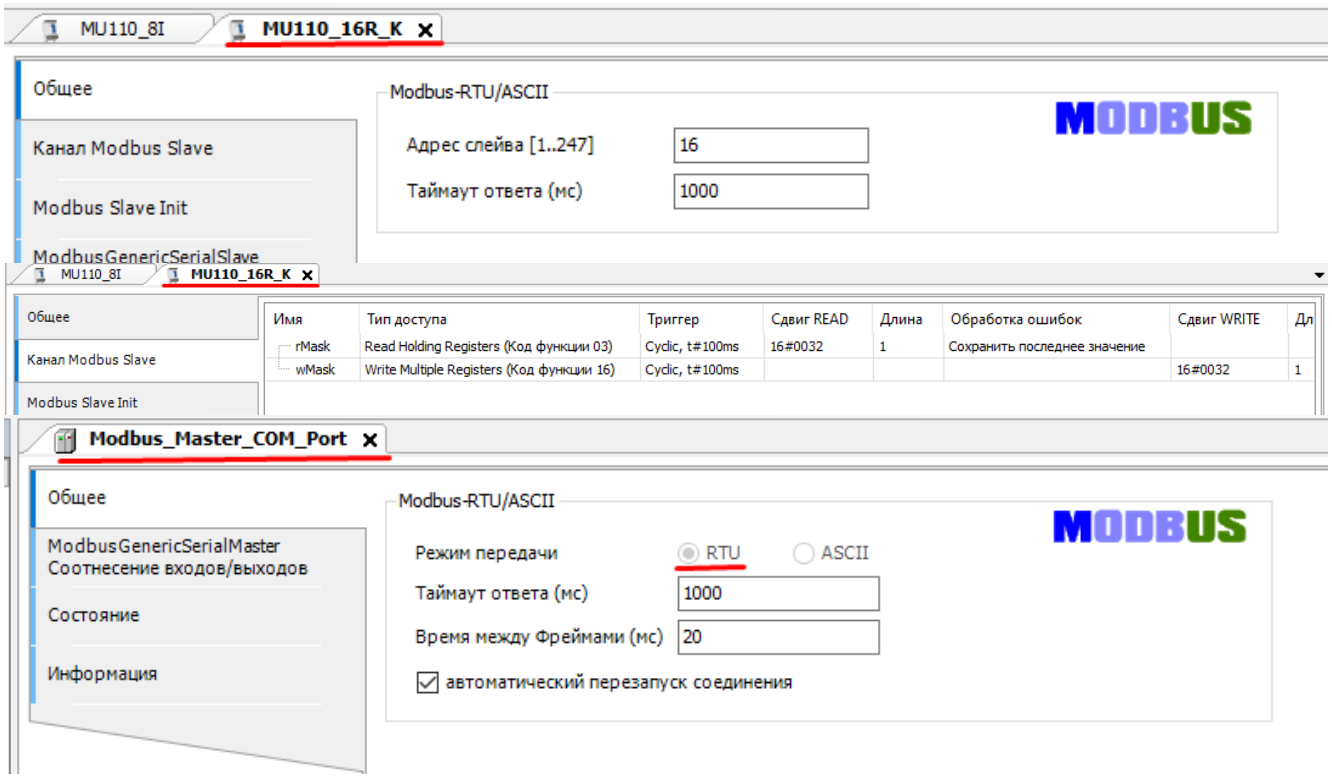
Адрес слейва [1..247] 32

Таймаут ответа (мс) 1000

MU110_8I

Общее
Канал Modbus Slave
Modbus Slave Init

Имя	Тип доступа	Триггер	Сдвиг READ	Длина	Обработка ошибок	Сдвиг WRITE	Длина	Кс
r.OE_1	Write Multiple Registers (Код функции 16)	Cyclic, t#100ms				16#0000	8	


MU110_8I
MU110_16R_K
Общее
Канал Modbus Slave
Modbus Slave Init
ModbusGenericSerialSlave
Modbus-RTU/ASCII
MODBUS
Адрес слейва [1..247]
16
Таймаут ответа (мс)
1000
MU110_8I
MU110_16R_K
Общее
Канал Modbus Slave
Modbus Slave Init
Имя
Тип доступа
Триггер
Сдвиг READ
Длина
Обработка ошибок
Сдвиг WRITE
Дл
rMask
Read Holding Registers (Код функции 03)
Cyclic, t#100ms
16#0032
1
Сохранить последнее значение
wMask
Write Multiple Registers (Код функции 16)
Cyclic, t#100ms
16#0032
1
Modbus_Master_COM_Port
Общее
ModbusGenericSerialMaster
Соотнесение входов/выходов
Состояние
Информация
Modbus-RTU/ASCII
MODBUS
Режим передачи
RTU
ASCII
Таймаут ответа (мс)
1000
Время между Фреймами (мс)
20
автоматический перезапуск соединения