

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

**Факультет автоматизації і комп'ютерних систем
Кафедра автоматизації та комп'ютерних технологій систем управління**

«До захисту в ЕК»
Декан факультету
_____ Андрій ФОРСЮК
(підпис) (ім'я та прізвище)

«__» _____ 20__ р.

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри
_____ Ярослав СМІТЮХ
(підпис) (ім'я та прізвище)

«__» _____ 20__ р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА**

зі спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

(код та назва спеціальності)

освітньо-професійної програми «Комп'ютерні технології та програмування в автоматизованих системах управління»

на тему: Автоматизована система управління технологічним комплексом цукрового заводу з підсистемою випарної установки.

Виконав: здобувач б курсу, групи ІА-2-2М

_____ Поліщук Сергій Ігорович _____
(прізвище, ім'я, по батькові повністю) (підпис)

Керівник _____ Ладанюк Анатолій Петрович _____
(прізвище, ім'я та по батькові повністю) (підпис)

Консультанти _____
(ім'я та прізвище) (підпис)

_____ (ім'я та прізвище) (підпис)

_____ (ім'я та прізвище) (підпис)

Рецензент _____ Грибков С.В. _____
(ім'я та прізвище) (підпис)

Я як здобувач(ка) Національного університету харчових технологій розумію і підтримую політику університету з академічної доброчесності. Я не надавав(-ла) і не одержував(-ла) недозволеної допомоги під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

Здобувач _____
(підпис)

Київ - 2023р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Факультет Автоматизації і комп'ютерних систем
Кафедра Автоматизації та комп'ютерних технологій систем управління
Освітній ступінь магістр
Спеціальність 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»
(код і назва)
Освітньо-професійна програма «Комп'ютерні технології та
програмування в автоматизованих системах управління»
(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувачкафедри Ярослав Смітюх

“ ” _____ 20__ року

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Поліщука Сергія Ігоровича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Автоматизована система управління технологічним комплексом цукрового заводу з підсистемою випарної установки

керівник роботи Ладанюк Анатолій Петрович д.т.н., професор

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від “16” листопада 2022 року № 820-кв

2. Строк подання здобувачем роботи 1 лютого 2023 року

3. Вихідні дані до роботи Проблематика цукрового виробництва, короткі відомості про умови експлуатації об'єкта автоматизації та вимоги до системи автоматизації. Матеріали переддипломної практики.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)
Вступ. Розділ 1. Аналітичний огляд літератури та використовувані методи при побудові систем управління. 1.1. Аналіз проблем та перспектив розвитку цукрової галузі в Україні. 1.2. Аналіз загальної характеристика автоматизованих систем управління та її частин. 1.3. Аналіз необхідності та перспектив впровадження стандартів в Україні. 1.4. Аналіз горизонтальної та вертикальної інтеграції. 1.5. Аналіз існуючих автоматизованих систем управління випарною установкою на цукрових заводах України. 1.6. Постановка задачі. Розділ 2. Загальносистемні рішення. 2.1. Загальний опис об'єкта та системи. 2.2. розробка загальної ієрархічної моделі обладнання. 2.3. Функціональна структурна схема. 2.4. Опис функцій, що автоматизуються. 2.5. Структурна схема комплексу технічних засобів. 2.6. Опис інформаційного забезпечення АСУ ТП виробництва та основного

відділення. Розділ 3. Розробка підсистеми управління технологічним процесом (обладнанням). 3.1. Схема автоматизації та специфікація засобів автоматизації польового рівня. 3.2. Обґрунтування вибору технічних засобів для вимірювання, виконавчих механізмів (ВМ) та регулюючих органів (РО). 3.3. Схеми електричні принципові контурів вимірювання, управління та сигналізації. 3.4. Розширені схеми підключення для окремого контуру. 3.5. Схема з'єднання та підключення проводок промислових мереж 3.6. Схема компонування та специфікація модулів ПЛК. Розділ 4. Спеціальне завдання. 4.1. Опис спеціального програмного забезпечення для мікропроцесорного контролера (алгоритм та програма для ПЛК). 4.2. Розробка людино-машинного інтерфейсу оператора технолога. 4.3. Комп'ютерне моделювання системи автоматичного регулювання. Висновок. Список використаної літератури.

5. Перелік графічного матеріалу

1. Функціональна схема автоматизації. 2. Принципова схема підключення датчиків та ВМ до ПЛК. 3. Інформаційна структура мережі. 4. Структурна схема комплексу технічних засобів. 5. Схема з'єднань проводок промислових мереж.

6. Консультанти розділів роботи

| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата | |
|--------|---|----------------|------------------|
| | | завдання видав | завдання прийняв |
| | | | |
| | | | |

7. Дата видачі завдання 16 листопада 2022 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № | Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи | Срок виконання етапів роботи | Примітка |
|----|---|---------------------------------------|----------|
| 1. | <i>Видача та затвердження завдання</i> | <i>Перед переддипломною практикою</i> | |
| 2. | <i>Розділ 1. Аналітичний огляд літератури та використовувані методи при побудові систем управління.</i> | <i>Захист переддипломної практики</i> | |
| 3. | <i>Розділ 2. Загальносистемні рішення</i> | <i>3 тиждень</i> | |
| 4. | <i>Розділ 3. Розробка підсистеми управління технологічним процесом (обладнанням)</i> | <i>5 тиждень</i> | |
| 5. | <i>Розділ 4. Спеціальне завдання</i> | <i>8 тиждень</i> | |
| 6. | <i>Підготовка матеріалів до захисту</i> | <i>11 тиждень</i> | |

Здобувач

_____ (підпис)

Поліщук С.І.

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Ладанюк А.П.

_____ (прізвище та ініціали)

Анотація

Кваліфікаційна робота являє собою розробку автоматизованої системи управління технологічним комплексом цукрового заводу з підсистемою випарної установки.

В даній роботі розроблено технічна документація, котра включає в себе наступне: загальний опис об'єкта та системи; розробка загальної ієрархічної моделі обладнання; функціональну структурну системи; опис функцій, що автоматизуються; обґрунтування вибору технічних засобів для вимірювання, виконавчих механізмів та регулюючих органів; опис інформаційного забезпечення АСУТП.

Також було розроблено схему автоматизації; схему компоновання та специфікація модулів ПЛК; схему електричну принципову контурів вимірювання, управління та сигналізації; структурну схему комплексу технічних засобів АСУТП; схему з'єднання та підключення проводок промислових мереж.

Опрацьовано елементи алгоритмічного та програмного забезпечення підсистеми автоматизованого управління технологічним процесом. Програма розроблена для ПЛК Modicon M340 в програмі EcoStruxure Control Expert. Інтерфейс SCADA-програми підсистеми випарної установки розроблено в програмі Citect Studio.

Також було досліджено та проаналізовано завдання комп'ютерного моделювання, а саме виявлення оптимальних параметрів ПД-регулятора та порівняння з використанням нечіткого регулятора.

Ключові слова: цукровий завод, випарна установка, випарювання, сироп, Citect Studio, Modicon M340, регулятор.

Annotation

The qualification work is the development of an automated control system for the technological complex of a sugar factory with a subsystem of an evaporation plant.

In this work, technical documentation was developed, which includes the following: a general description of the object and system; development of a general hierarchical model of equipment; functional structural system; description of automated functions; justification of the choice of technical means for measurement, executive mechanisms and regulatory bodies; description of the information support of ACSTP.

An automation scheme was also developed; layout diagram and specification of PLC modules; electrical schematic diagram of measuring, control and signaling circuits; the structural diagram of the complex of technical means of the automatic control system; connection diagram and wiring of industrial networks.

The algorithmic and software elements of the subsystem of the automated control of the technological process have been worked out. The program is developed for the Modicon M340 PLC in the EcoStruxure Control Expert program. The SCADA program interface of the evaporator subsystem will be developed in the Citect Studio program.

The task of computer modeling was also investigated and analyzed, namely the identification of the optimal parameters of the PID controller and comparison with the use of a fuzzy controller.

Key words: sugar plant, evaporation plant, evaporation, syrup, Citect Studio, Modicon M340, regulator.

Зміст

| | |
|--|----|
| Вступ..... | 8 |
| Розділ 1. Аналітичний огляд літератури та використовувані методи при побудові систем управління..... | 11 |
| 1.1. Аналіз стану та перспективи розвитку цукрових заводів в Україні..... | 11 |
| 1.2. Аналіз загальної характеристики автоматизованих систем управління та її частин | 14 |
| 1.3. Аналіз існуючих міжнародних стандартів автоматизації та їх розвиненість в Україні..... | 21 |
| 1.4. Питанням горизонтальної та вертикальної інтеграції..... | 25 |
| 1.5. Аналіз існуючих автоматизованих систем управління випарною установкою на цукрових заводах України | 29 |
| 1.6. Постановка задачі..... | 36 |
| Розділ 2. Загальносистемні рішення..... | 38 |
| 2.1. Загальний опис об'єкту та системи | 38 |
| 2.2. Розробка загальної ієрархічної моделі обладнання | 51 |
| 2.3. Функціональна структурна схема..... | 55 |
| 2.4. Опис функцій, що автоматизуються | 58 |
| 2.5. Структурна схема комплексу технічних засобів | 61 |
| 2.6. Опис інформаційного забезпечення АСУ ТП виробництва та основного відділення | 65 |
| Розділ 3. Розробка підсистеми управління технологічним процесом (обладнанням)..... | 67 |

| | |
|---|-----|
| 3.1. Схеми автоматизації та специфікація засобів автоматизації польового рівня | 67 |
| 3.2. Обґрунтування вибору технічних засобів для вимірювання, виконавчих механізмів (ВМ) та регулюючих органів (РО)..... | 72 |
| 3.3. Схеми електричні принципів контурів вимірювання, управління та сигналізації | 105 |
| 3.4. Розширені схеми підключення для окремого контуру | 106 |
| 3.5. Схеми з'єднання та підключення проводок промислових мереж..... | 109 |
| 3.6. Схеми компонування та специфікація модулів ПЛК | 111 |
| Розділ 4. Спеціальне завдання | 118 |
| 4.1. Опис спеціального програмного забезпечення для мікропроцесорного контролера (алгоритм та програма для ПЛК)..... | 118 |
| 4.2. Розробка людино-машинного інтерфейсу оператора технолога | 143 |
| 4.3. Комп'ютерне моделювання системи автоматичного регулювання..... | 148 |
| Висновок | 162 |
| Список використаної літератури | 164 |

Вступ

На даному етапі розвитку харчової промисловості цілком покращується обладнання і методика виробництва шляхом запровадження нових передових технологічних схем, новітнього устаткування та прогресивного досвіду. Це допомагає вирішити низку технологічних проблем, що в заключному підсумку дає можливість скоротити виробничі витрати та підвищити якісні показники готової продукції.

Автоматизація вважається найвищим ступенем в складному промисловому вузлі управління будь-яким технологічним виробничим процесом.

Неминучою передумовою вдалої автоматизації є всебічне розуміння всіх разом взятих закономірностей всього виробничого процесу. Без цієї умови не можна виконати правильний вибір і використання засобів і режиму автоматики. Теперішні засоби контролю та управління виробничим процесом мають непросту будову, оскільки вони зобов'язані мати переважно більшу надійність, ніж з надійність автоматизованого технологічного обладнання.

Згідно цього виставляються високі вимоги стосовно експлуатаційного персоналу виробництва, який здійснює контроль та обслуговування приладів, що беруть участь в автоматизації.

Беручи до уваги цукрове виробництво можна спостерігати його неперервний характер, який демонструє собою циклічно-взаємопов'язаних фізико-механічних процесів.

Першочерговою ціллю організації автоматичних систем управління технологічними процесами є втілення доступних можливостей з приводу покращення організації управління та успішності здобутку найліпших техніко-економічних результатів виробництва.

В автоматичних систем управління технологічними процесами більшості цукрових заводів по всьому світу відбувається за допомогою диспетчера-технолога. До його обов'язків входить: здійснення зовнішньої та внутрішньої координації роботи всіх цехів виробництва, контроль дотримання своєчасних задумів випуску готової продукції та усування причин незгідності відповідно до цього та багато чого іншого пов'язаного з процесом виробництва.

Загальна робота автоматичних систем управління базується на підґрунті динамічної мнемосхеми, яка повністю віддзеркалює стан основного оснащення та значущих технологічних параметрів в найбільш визначних точках для виробничого процесу. Прихід на ринок мікропроцесорів значною мірою полегшила вирішення багатьох завдань поєднаних з виробництвом. Найважливіші та найкращі плюси застосування мікропроцесорів на даному етапі є: можливість реалізації різноманітних алгоритмів без зміни керуючого блоку, широкий діапазон оброблення та формування сигналів, підвищення надійності та зручність резервування, ре конфігурування алгоритмів управління та невеликі габарити та маса, що дає можливість в їх широкому застосуванні.

В результаті чого впровадження автоматичних систем управління технологічними процесами у виробництві цукру дозволяє засновувати роботу за найбільш ефективними та оптимальними технологічними схемами, які сприяють на скорочення втрат цукру та одержання піску-цурку, який має дуже добру якість.

Беручи до уваги створення автоматизованої системи управління технологічним комплексом цукрового заводу з підсистемою випарної установки, треба дотримуватися наступних пунктів: здійснення при роботі новітніх принципів управління; підстановка уже існуючих морально-застарілих засобів автоматизації; покращення якості регулювання всіма параметрами, які присутні на виробництві; дотримання норм технологічного режиму роботи та підвищення динамічності роботи

всією системою виробництва за допомогою розподілення навантажень між всіма відділеннями.

Розділ 1. Аналітичний огляд літератури та використовувані методи при побудові систем управління

1.1. Аналіз стану та перспективи розвитку цукрових заводів в Україні

Ефективна дипломатія активного та результативного піднесення аграрного комплексу зводиться до потреби запровадження вкладень та новітніх змін процесів, їх об'єднання у комплексну ринкову економіку. На даному етапі головною важливістю є державна допомога всієї харчової та вторинно-переробної промисловості. Це зумовлене тим, що знижується оборотність капіталу, нерівномірність (сезонність) виробництва, таким є і цукрова галузь, і таким же чином як наслідок вимоги до оборони вітчизняного виробника. Конкуренція, котра присутня в світовому ринку цукру, позначається конкретною мірою на внутрішній ринок, а цукор-пісок, котрий виготовлений з тростини, ставить вітчизняних виробників у не рівносилі умови на зовнішніх ринках.

За останні роки цукрова промисловість збільшила обсяги виробництва цукру, а спеціалісти домоглися зменшити собівартість готового продукту. Так, беручи 2021/2022 маркетинговий ринок в Україні за даними НАЦУ «Укрцукор» прогнозується виробництво цукру на рівні 1.4 млн тонн. Порівнюючи з 2020/2021МР це майже на 30% більше. Беручи до уваги суттєві перехідні залишки (422 тис. тонн) на початок минулого МР, загальна пропозиція цукру становитиме 1,74 млн тонн, що буде цілком достатньо для задоволення внутрішнього попиту, обсяг якого оцінюється у межах 1,25 млн тонн. [9]

На сьогодні цукрова галузь України дозволяє виробляти до 2,0 млн тонн бурякового цукру в рік, що повністю забезпечує внутрішні потреби країни млн. [5] Цінова політика цукру, на сьогоднішній день, залежить від багатьох факторів, до них можна віднести зростання цін на газ, паливо, вугілля і т.д.

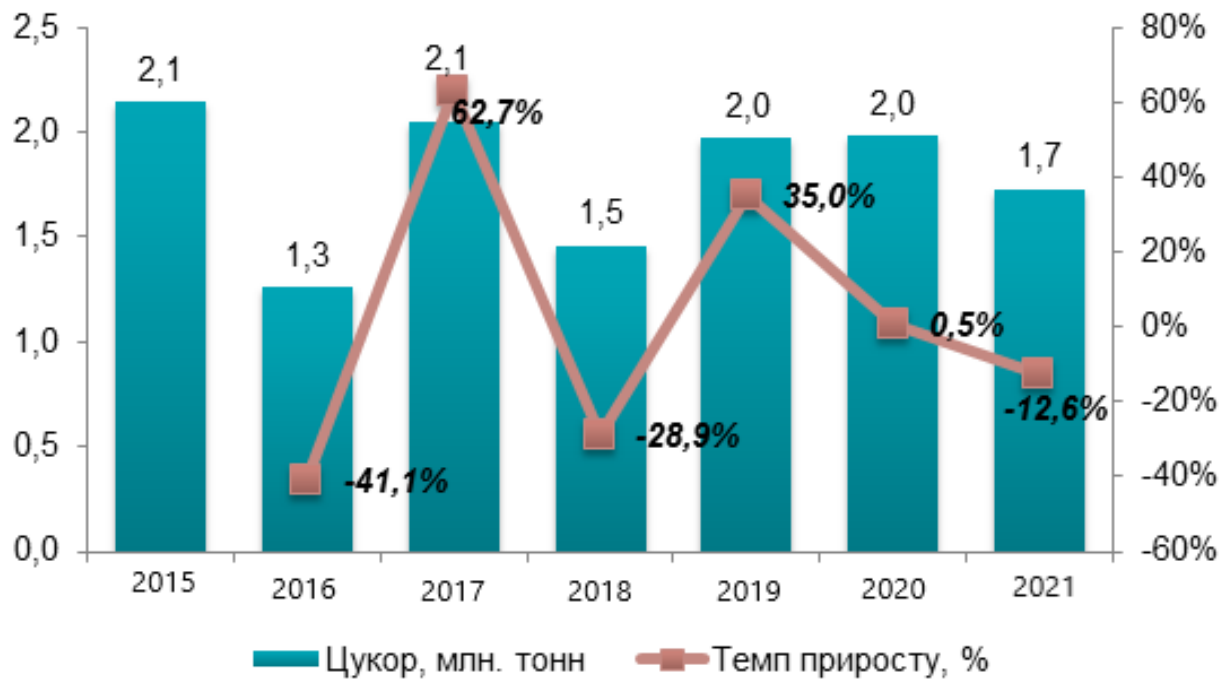


Рис. 1.1 Динаміка виробництва цукру в Україні (2015-2021 рр.)

Так, беручи економічні показники нашої країни, в нас постала потреба відновлення конкурентоспроможності українського цукру на світовому просторі, оскільки наслідки кризи дають про себе знати. Головною першочерговістю подолання цієї проблеми є інноваційне піднесення цукрової галузі, інтенсифікування якого утворює інвестиційну цікавість. Фундаментальною основою фінансування нововведень є особистий капітал підприємства, але через їх нестачу вони не можуть фінансувати новітні проекти, котрі вийшли на ринок.

На сьогоднішній день, спираючись на існуючі джерела, виготовлення цукру залежить більшою мірою від потреб населення та вітчизняної промисловості. Беручи до уваги збільшення виробничих витрат прибутковість від реалізації готової продукції залишається на одному і тому самому рівні. Ця проблема перешкоджає осучаснення цукрових заводів та покращення показників продукції.

В теперішніх реаліях без вирішення питань підвищення якості цукру-піску підприємства цукрової галузі України не можуть поставлятися навіть і на внутрішній ринок. Контроль показників якості готового продукту, цукру, проводиться з дотриманням всіх норм та стандартів ДСТУ [16], а також додаткових вимог, котрі вимагає замовник.

Підприємства цукрової галузі, котрі запровадили системи HACCP та ISA безперервно покращують системи управління. Це стосується, зокрема, впровадженням безпечності та якості продуктів, покращення результативності даних систем управління, застосовуючи інформацію та аналіз результатів.

Ще однією глобальною проблемою інноваційного піднесення цукрових заводів в Україні утруднюється нестачею спеціалістів, котрі виконують багато видів науково-технічної діяльності.

Проаналізувавши багато видів харчової промисловості, можна сказати, що виробництво цукру з буряка відрізняється своєю складністю проведення технологічного процесу. Тому управління такими процесами полягає в гарантуванні роботи підприємством з найменшими втратами сировини, з найбільшим виходом готової продукції і мінімальними енерговитратами. Таке завдання може виконати з найбільш високою ефективністю лише фахівець з відмінним знанням та практичними навичками роботи з механізмами, які стосуються проходження технологічного процесу виробництва цукру.

Цукрова промисловість, яка має вузькоспеціалізоване виробництво, вимагає пошуку та розвитку нових сторін виробничої диверсифікації, яка в свою чергу досягне розширенню та різноманітності асортименту, постійному збути продукції та надасть можливість цукровим заводам отримати додаткові кошти та робочі місця.

1.2. Аналіз загальної характеристики автоматизованих систем управління та її частин

У процесі науково-технічного прогресу постала потреба в удосконаленні процесу автоматизації, а саме використання промислових та технічних засобів, які є саморегулюючими, також застосування нових економіко-математичних методів і систем управління, котрі допоможуть зменшити вплив участі людини в багатьох процесах, таких як одержання, перетворення, транспортування та використання інформаційними даними, які в свою чергу скорочують трудовмісткість виконання операцій.

Головним задумом створення автоматизації можна виділити те, що вона спрямована на збільшення продуктивності праці та оптимізації управління, покращення якісних показників продукції та надійності і точності виробництва, підвищення конвертованості та зменшення часовоно інтервалу для обробки даних.

Завдання, які напряду з'єднані з автоматизацією виробничих процесів, згруповуються до формування систем управління обладнаннями, апаратами та поточними лініями.

Система – це комплекс елементів, які є взаємопов'язані між собою та представляють певну цілісність. [11, 17, 18]

Управління – це комплекс дій, які є цілеспрямованими та які охоплюють в собі оцінку певної ситуації або стану об'єкта управління. [11, 17, 18]

Система управління (СУ) – це комплекс вузлів та ланок, котрі реалізують управління, і також взаємозв'язки між ними. [7]

Об'єкт управління (ОУ) – це умовно окремий елемент системи, на котрий спрямований вплив системи управління з метою успішності досягнення конкретно необхідного результату. [13]

Беручи до уваги будь-який процес управління, який в свою чергу стосується об'єкта і органу. За об'єкт можна сприймати устаткування, підприємство чи певну окрему галузь, а за орган – робочий персонал чи технічний засіб. В процесу управління вибраний орган одержує інформацію, котра стосується стану зовнішнього оточення, де знаходиться об'єкт. Отримана інформація розпізнається управляючим органом, котрий приймає певні рішення. На підґрунті цього рішення виконавчий орган реалізує управляючий вплив на об'єкт управління.

Нижче зображена структурна схема системи управління.

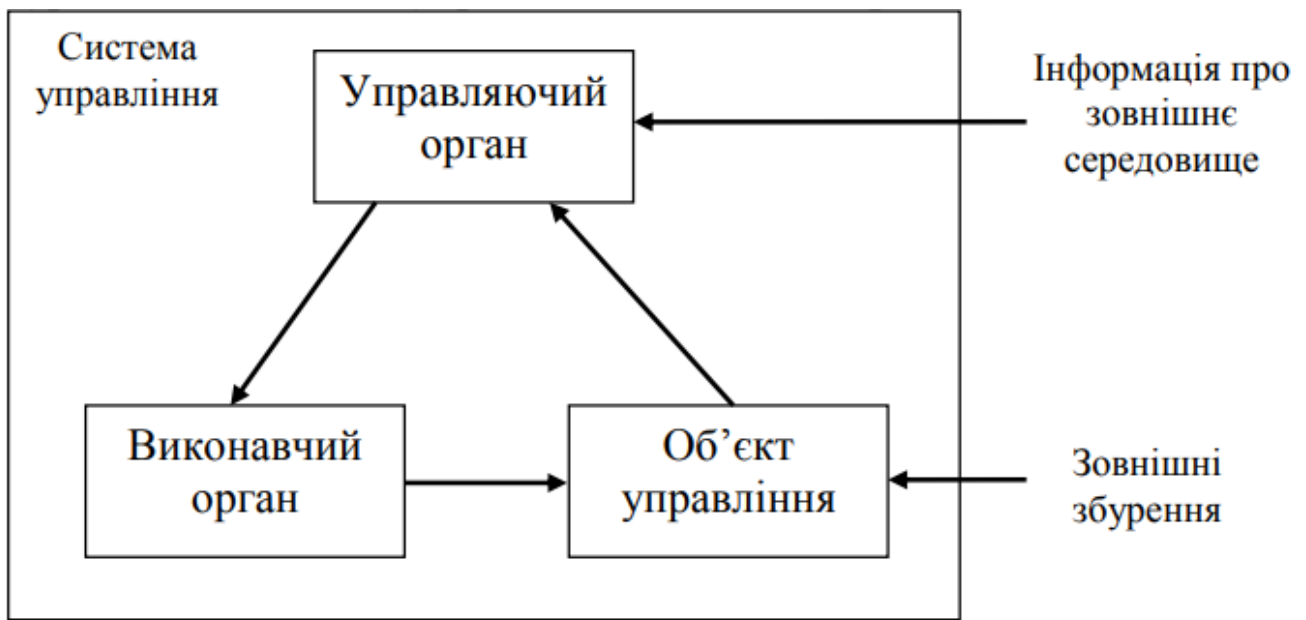


Рис. 1.2 Структурна схема системи управління

Треба зауважити, що управління постійно виконується для здобутку назначеної мети, котра визначається конкретно для заданого об'єкта управління і поєднана на пряму зі станом об'єкта та середовища, в котрому він знаходиться.

Найважливіша інформація, що подається до органу який управляється, є та яка проходить по лініям зворотного зв'язку від об'єкта управління. У системах управління такий зв'язок характеризується як зв'язок інформації, за сприяння якого в частину, яка управляється, поступає оповіщення про результати управлінням об'єктом,

простіше кажучи – про новий стан об’єкта, котрий з’явився під час маніпулювання управляючих дій.

Розглядаючи літературу, яка стосується систем управління, можна зробити узагальнення стосовно того, дані системи поділяються на два класи [11, 17, 18]: системи автоматичного управління (САУ) та автоматизовані системи управління (АСУ). В першій системі – САУ, управління об’єктом або системою в цілому відбувається за допомогою автоматичних пристроїв, котрі не потребують прямого впливу та участі людини.

До головних та основних функцій системи автоматичного управління можна віднести: вимірювання, регулювання, контроль, сигналізацію, підтримка конкретно заданих режимів роботи обладнання, пуск та зупинка різноманітних двигунів та приводів. Всі ці функції здійснюються автоматично, без участі людини. І саме ця ознака відрізняє ці дві системи.

Автоматизована система управління – це людино-машинна система, яка застосовує в собі новітні економіко-математичні методи та сучасні організаційні принципи для здобування нових пошуків та реалізації результативного управління об’єктом.

Занурившись в історію створення автоматизованих інформаційних систем можна приймати 1963 рік початком даного етапу. Даний період припадає коли на великих підприємствах у всьому світі почали застосовувати електронно-обчислювальні машини (ЕОМ), які застосовувались для вирішення задач організаційно-економічного управління. Відповідно з розвитком в цьому напрямі відбувалося поступове створення та покращення інформаційних систем. Короткі відомості етапів утворення інформаційних систем наведені у таблиці 1, яка знаходиться нижче.

Таблиця 1.1. Етапи створення інформаційних систем

| Номер етапу | Період, роки | Назва етапу в нашій країні | Назва етапу в іноземній літературі |
|-------------|----------------------------|---|------------------------------------|
| Перший | 1963–1972 | Створення АСУ (позадачний підхід) | Системи обробки даних |
| Другий | 1972–1985 | Створення і розвиток АСУ згідно з концепцією баз даних | Управлінські інформаційні системи |
| Третій | Початок 1985 (триває досі) | Створення інтегрованих АСУ, обчислювальних систем і мереж | Системи підтримки прийняття рішень |

В середині 80-х років було зібрано достатньо навичок, які сприяли створенню та практичного використання інформаційних систем організаційного управління. Таким чином за даний проміжок часу набуло початку застосування на підприємствах, загалом і на виробництві, процесу інтегрування АСУ.

Автоматизована система управління – це інформаційна система, котра розрахована для автоматизованого здійснення управлінських дій над технологічним процесом. [11]

Функціональну складову автоматизованої системи управління утворюють у технічному завданні на реалізацію реальної системи, яка заснована на основі аналізу мети управління, заданих матеріалів для їх успішності, передбаченого ефекту від автоматизації і відповідним чином до стандартів, котрі розповсюджуються на цей вид АСУ. [24]

Самі ж функції АСУ включають в себе, у загальному випадку, такі частини : проектування, передбачення, обрахування, контроль, розгляд та аналіз, узгодження та регулювання.

Життєвий цикл автоматизованої системи – комплекс процесів, котрі є взаємопов'язаними між собою.

Таблиця 1.2. Стадії та цілі життєвого циклу АС

| Стадії життєвого циклу | Цілі |
|------------------------|---|
| Формування концепції | <ol style="list-style-type: none"> 1. обстеження об'єкту і обґрунтування необхідності створення АС; 2. формування вимог користувача до АС; 3. оформлення звіту про виконання робіт та заявки на розробку АС; 4. вивчення об'єкта; 5. проведення необхідних науково-дослідних робіт; 6. розробка та вибір варіантів концепції АС, що задовольняє вимогам користувачів; 7. оформлення звіту про виконану роботу, розробка та затвердження технічного завдання на створення АС. |
| Розробка | <ol style="list-style-type: none"> 1. розробка попередніх проектних рішень щодо систем і її частин; 2. розробка документації на АС і її частини; 3. розробка проектних рішень щодо системи і її частин; 4. розробка документації на АС і її частини; 5. розробка та оформлення документації на поставку комплектуючих виробів; 6. розробка завдань на проектування в суміжних частинах проекту |
| Реалізація | <ol style="list-style-type: none"> 1. розробка робочої документації на АС і її частини; 2. створення робочого проекту; 3. підготовка інструкцій користувачів; 4. розробка програмних модулів; 5. тестування; 6. коректування бази даних; |
| Експлуатація | <ol style="list-style-type: none"> 1. підготовка об'єкта автоматизації, комплектація АС програмними і технічними засобами, програмно-технічними комплексами, інформаційними виробами, будівельно-монтажні роботи, пусконаладжувальні роботи, проведення попередніх випробувань; 2. проведення дослідної експлуатації 3. проведення приймальних випробувань |
| Супровід | <ol style="list-style-type: none"> 1. супровід програмних засобів; 2. оперативне обслуговування, адміністрування базами даних. |
| Зняття з експлуатації | <ol style="list-style-type: none"> 1. припинення використання, демонтаж, архівування системи |

Системи управління в галузі суспільного матеріального виробництва володіють ієрархічною будовою. Класифікація автоматичних систем управління за різноманітними ознаками. [11, 13, 17, 18]

За принциповістю та характером об'єкта управління АСУ розбиваються на такі частини:

- автоматизовані системи управління технологічним процесом (АСУ ТП);
- автоматизовані системи управління підприємством (АСУП);
- автоматизована система обробки інформації (АСОД);
- автоматизована система організаційного управління (АСОУ);
- автоматизовані системи управління територіальними організаціями;
- автоматизовані системи управління науково-технічними дослідженнями.

На сьогоднішній день найрозповсюдженими в розробці виокремлюють АСУП та АСУ ТП. На практиці ці дві системи можуть функціонувати окремо одна від одної або поєднуватися одна з одною. Такі системи об'єднання називають інтегрованою автоматизованою системою управління (ІАСУ).

Нижче в таблиці 3 розглянуті особливості АСУП та АСУ ТП.

Таблиця 1.3. Особливості АСУП та АСУ ТП

| <i>Особливості автоматизованої системи управління підприємствами:</i> | <i>Особливості автоматизованої системи управління технологічним процесом:</i> |
|---|---|
| <p>1) основними завданнями в АСУП є економічні завдання управління, постачання, реалізації, управління фінансовими коштами, трудовими ресурсами, бухгалтерський облік і статистична звітність;</p> <p>2) в АСУП використовуються специфічна форма зберігання і руху інформації – документообіг; управляючими діями в АСУП є документи у формі наказів, розпоряджень, графіків, звітів і т. д.;</p> <p>3) реалізація управляючих дій покладається на працівників і службовців.</p> | <p>1) в АСУ ТП застосовується великий об'єм технічних засобів і більшість обчислювальних процесів;</p> <p>2) АСУ ТП функціонує в режимі реального часу і здійснює дію на об'єкт в темпі технологічного процесу;</p> <p>3) мета функціонування – оптимізація роботи об'єкта управління шляхом формування і реалізації управляючих дій.</p> |

В свій склад АСУ ТП відносяться системи, котрі розраховані для управління неперервним виробництвом, автоматизованими поточними лініями, комплексними лініями агрегатів і верстатів, системи з числовим програмним управлінням, котрі згруповуються в модулі і разом транспортно - нагромаджувальними системами утворюють гнучкі виробничі системи, автоматизовані системи контролю і регулювання. [15]

1.3. Аналіз існуючих міжнародних стандартів автоматизації та їх розвиненість в Україні

Всесвітня практика запровадження систем управління виробничим підприємством проявляє суттєве покращення ефективності їх дії за рахунок убавлення енергозатрат, виробничих простоїв, оптимального розподілу енерго-матеріальних потоків, застосування скритних ресурсів, покращення спостережності та керованості об'єкта. [22] Деручи до уваги останні 15-20 років людство значною мірою просунулись в сторону формування єдиного інтегрованого виробництва, спрямувавши зосередженість на введення покращених існуючих практик та інформаційних технологій в управлінні.

Результативність цієї практики були ухвалені у цілий ряд міжнародних стандартів, і детально описані в окремих статтях. [23, 27] Найбільш результативний внесок зробила некомерційна організація MESA International [14], а найбільш ефективні стандарти були узгоджені та затверджені організацією ISA (International Society of Automation) [20].

В Україні, на жаль, не такою мірою розповсюджені такі дані, котрі стосуються міжнародних стандартів, а це несе за собою наслідки щодо неспроможності розробки інтегрованих автоматизованих систем управління на вітчизняному рівні. Тому далі ми розглянемо існуючі в світі стандарти, такі як ISA-88, ISA-95 та ISA-106, котрі мають велику вагу їх впровадження для даних систем.

Проаналізувавши окремі міжнародні стандарти, котрі вважаються найбільш важливими, дійшов до висновку що це є американські стандарти ANSI/ISA-95 та схожі на них IEC-62264 (MEK-62264), котрі фактично демонструють пристосування ISA. Але дані стандарти у нашій країні не погоджені на державному рівні, не дивлячись на те, що Україна за останні часу йде за європейським напрямком.

Для оцінки важливості новітніх стандартів в виробництві харчової промисловості необхідно аналізувати їх в ситуації функціональної структури, котра зображена в першому елементі ISA-95. Це можна побачити на рисунку, що зображено нижче.

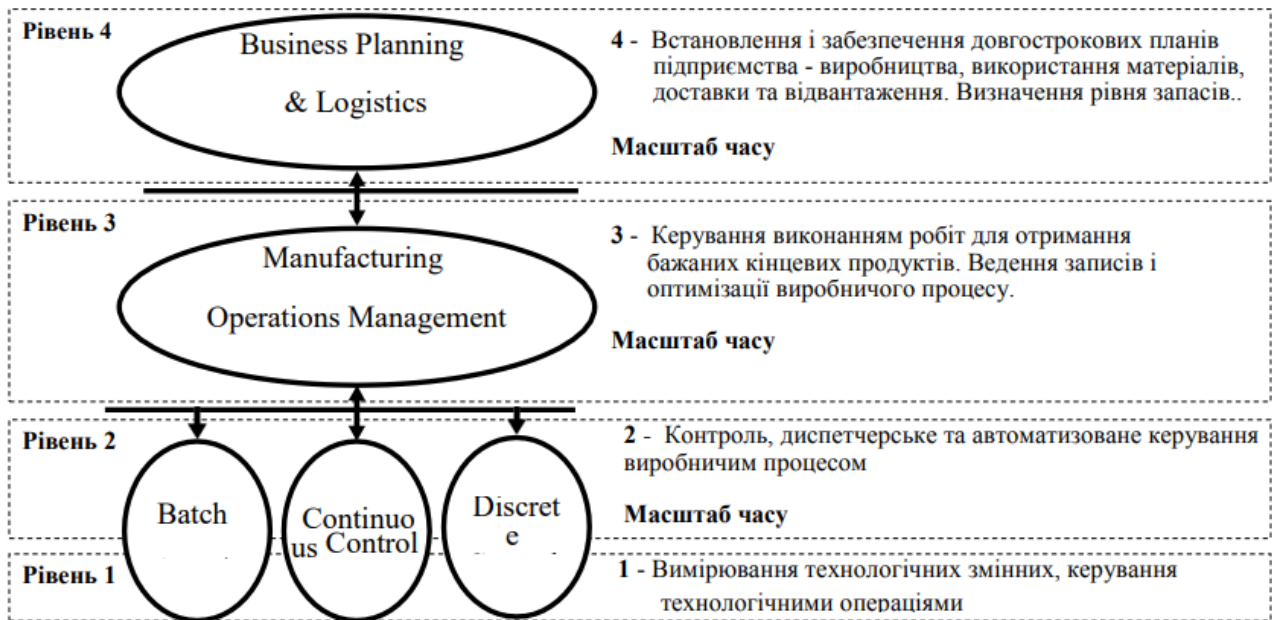


Рис. 1.3 Функціональна структура управління виробничим підприємством згідно ISA-95 (МЕК 62264)

Дивлячись на дане зображення структура управління відображується ієрархічно та відтворюється 4-ма рівнями: 1-й та 2-й розрахований на керування технологічним процесом, 3-й – для керування виробничими операціями (MOM), 4-й – для бізнес-планування та логістики. Але слід зазначити, що дана структура не висуває жодних вимог до виконання окремих функцій. Це може стосуватися прикладу, коли поодинокі програмні світові продукти запозичують окрему частку функцій з кожного з цих рівнів, але в остаточному варіанті не спроможні повною мірою здійснити всю її функціональність.

Реалізація призначень 4-го рівня здебільшого оточується так званими системами типу ERP (Enterprise Resource Planning). Перші два елементи стандарту ISA-95, котрі були схвалені в першу чергу, саме розраховані на реалізацію ухвалення питань

інтеграції систем ERP та MOM. Себто вони спрямовані на відтворення та описування даних, котрими будуть перемінюватися дані системи. Слід зауважити, що міжнародні стандарти не включають в себе вимоги до внутрішньої структури та здійснення предметно визначених функцій, а тільки до їх співдії на інших рівнях керування.

Останні два елементи стандарту, такі як ISA-95.03 та ISA-95.04, концентруються на взаємодії функцій зокрема в середині рівня MOM, і також з нижнім, конкретно 2-м рівнем.

Втілення перших двох рівнів обіймається автоматизованими системами управління технологічними процесами (АСУ ТП), на котрі не розповсюджуються дані стандарти. Однак в наведеній моделі вже умовно прийнято роз'єднувати між типами виробничих процесів:

- Batch Control – управління періодичним (порційним, малосерійним) виробництвом;
- Continues Control – управління неперервним виробництвом;
- Discrete Control – управління дискретним виробництвом.

Саме це роз'єднання спричинене певними окремими та важливими характеристиками виробництва, котрі, в свою чергу, наложує всій певний слід на особливості управління виробничими процесами. Для інтегрування систем даних рівнів у єдину систему управління всім виробництвом вони мусять бути передчасно доведені до готовності.

По-перше, управління виробничим підприємствою зобов'язує рекомендування ресурсів та застосування цих рівнів у зображенні певних моделей, котрі мають відмінності щодо типів виробництва.

По-друге, послідовність дій управління 2-го рівня мають зважувати потребу втілювання двохсторонньої інтеграції за твердженням: до низу – планування, до гори – реальний стан.

Для цього, у Batch Control вже на проміжку довгого періоду застосовується стандарти ISA-88 та ISA-106. Для цих стандартів фундаментально засновані такі принципи побудови АСУ ТП, котрі окреслюють їх об'єднання в єдину ІАСК, збудовану відповідно стандарту ISA-95.

Отже, на теперішній час група стандартів ISA містить керівну дію фактично всіх 3-х нижніх рівнів ієрархії управління виробничим процесом:

1. ISA 95.01 та ISA 95.02 (моделі обміну даними між MOM та ERP рівнем)
2. ISA 95.03 та ISA 95.04 (моделі обміну даними між функціями MOM)
3. ISA 95.05 (протокол для обміну даними MOM та ERP рівня)
4. ISA 88.01, ISA 88.02, ISA 88.03, ISA 88.04, ISA-88.05 (стандарти для управління виробництвом, котрий має періодичну дію)
5. ISA TR88.02 (адаптація стандартів ISA-88 для задач пакування продукції, котре має дискретні виробничі процеси)
6. ISA TR88-95.00.01 (технічний звіт про сумісне використання ISA-88 та ISA-95)
7. ISA TR106 (технічний звіт по розробці стандартів управління виробництвом, котре має неперервне дію)

1.4. Питанням горизонтальної та вертикальної інтеграції

Проаналізувавши дане питання можна зробити таке узагальнення, що основна мета інтеграції різних підсистем на одному виробництві являється організація неподільного інформаційного простору підприємства для безсторонньої та результативної оцінки стану підприємства, дієвого прийняття оперативних управлінських постанов і таким чином сприяти знищенню інформаційних та організаційних перешкод між технологічним та управлінським рівнями.

Вигідним підґрунтям інтеграції є сильне бажання керівників підприємств відшуквати фактичні допоміжні джерела покращення прибуткової результативності діяльності підприємства. Будь-яке підприємство має такі допоміжні джерела, але постає проблема – потреба у їх знаходженні. Для цього знадобиться виконати збір, обробку та проаналізувати інформацію оперативних даних, які стосуються технологічних та виробничих ділянок виробництва. Щоб навчитись правильно керувати собівартістю готової продукції треба враховувати багато факторів, які стосуються цього. Наприклад, це може бути кількість сировини, електроенергії, води та багато іншого, що витрачається.

Для цукрової промисловості це набуло важливого значення, тому що питома вага вартості сировини в собівартості продукції є достатньо великою, а беручи до уваги головні технологічні процеси постає потреба у великій кількості енергоресурсів.

Дізнавшись більше та проаналізувавши, що найкращий результат від інтеграції виробництвом буде тоді, коли три рівня управління, а саме локальні функціональні підсистеми, підсистема оперативного управління та координації і підсистема планування, будуть подаватися як одне ціле.[10]

Таким чином можна виділити 2 типи інтеграції: горизонтальну та вертикальну.

Головною функцією горизонтальної інтеграції є надання інформаційних взаємозв'язків між наявними підсистемами технологічного рівня.

З технічної думки горизонтальна інтеграція представлена для з'єднання в одне ціле техніко-виробничих процесів, так само це стосується адміністративних відділень цехового рівня у єдину інформаційну мережу. Саме це дасть можливість у режимі реального часу забезпечити обмір результатами між всіма разом взятими підрозділами як і основного, так і додаткового виробництва.

З виробничої думки, це означає врахування всіх етапів виробництва починаючи від прийому сировини до збуду готової продукції. Ці всі кроки дають спроможність вирішити завдання щодо узгодження роботи окремих чи поодиноких технологічних частин виробництва з ціллю покращення розмірені темпи виробництва, скоротити витрати і таким чином зменшити вартість готової продукції. Але при цьому треба брати до уваги те що вирішення поставлених задач горизонтальної інтеграції не дає максимального результату досягнення ефективності всієї виробничої системи. Саме про досягнення ефективності має турбуватися вертикальна інтеграція.

Нижче наведена узагальнена організаційна структура інтегрованої системи управління.

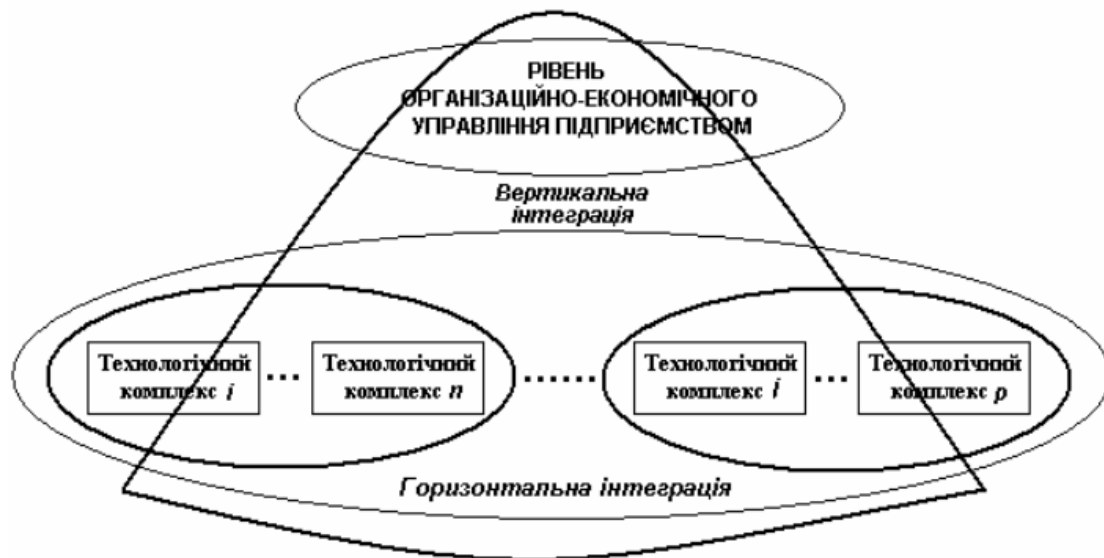


Рис. 1.5 Структура інтегрованої системи управління

Вертикальна інтеграція розрахована для обміну технологічними даними на рівень бізнес-додатками і ґрунтується на впорядковуванні інформаційних потоків від датчиків, ВМ, перетворювачів та їх обладнання, які входять до 0-го рівня польових засобів, у зовнішні та внутрішні комп'ютерні мережі а вже через них надходять в адміністративні мережі підприємства.

Розглядаючи рівень, який відповідає організаційно-економічному управлінню, на ньому також можна виокремлювати горизонтальну інтеграцію, яка буде стосуватися автономних підсистем. До цих задач можна віднести: постачання сировини та допоміжних потрібних матеріалів; проектування ритмічного та рівномірного навантаження окремих частин виробництва та інше.

До прикладу, беручи цукрове виробництво, яке працює на одній головній сировині – буряком, одержання схвалення роботи деяких цехів зобов'язано виконуватись зважаючи на показники, які є економічно прогнозованими.

Для визначення виду інтеграції беруть до уваги особливості виробництва. Для цукрового виробництва, який має безперервний технологічний процес, котрий в свою чергу поділений на ряд різних відділень для спрощення ефективного управління. Кожне з цих відділень володіє своєю системою управління. Задача горизонтальної інтеграції, а саме координації, вирішує так звану нормалізацію матеріального поток ціллюю якого є надання певного темпу роботи цілого технологічного комплексу заводу. Для безперервного типу виробництва це є першочеровим типом інтеграції, котра характеризує ефективність роботи усього підприємства. В основі вертикальної інтеграції лежить подача незначної кількості інформації, яка необхідна для обрахунку показників економічності. Обернений зв'язок між підсистемами управління відбувається в критичні моменти, наприклад, коли потрібно виправити продуктивність заводу.

Головною задачею інтегрованих систем – це скоординованість загальноприйнятих постанов на різних рівнях управління. Для цього потрібно з'ясувати всю сукупність задач управління, які мають в собі основу задачі оптимізації та спираючись на критерії ефективності функціонування з застосуванням математичних та економічних моделей управління. Провівши аналіз структури виробничих зв'язків об'єкту управління це дасть можливість сформулювати основну ціль та критерії оцінки функціонування системи.

1.5. Аналіз існуючих автоматизованих систем управління випарною установкою на цукрових заводах України

Для початку виконання кваліфікаційної роботи, а саме розробку автоматизованої системи управління технологічним комплексом цукрового заводу з підсистемою випарної установки, мною було проаналізовано ряд прикладів, як стосуються даного завдання. Вони розписані в короткому прикладі, які зазначені нижче.

Перший аналізуючий завод – це Гнідавський цукровий завод, який знаходиться в Волинській області.

Система автоматизації випарної установки на конденсатного господарства була створена та розроблена у 2003 році.

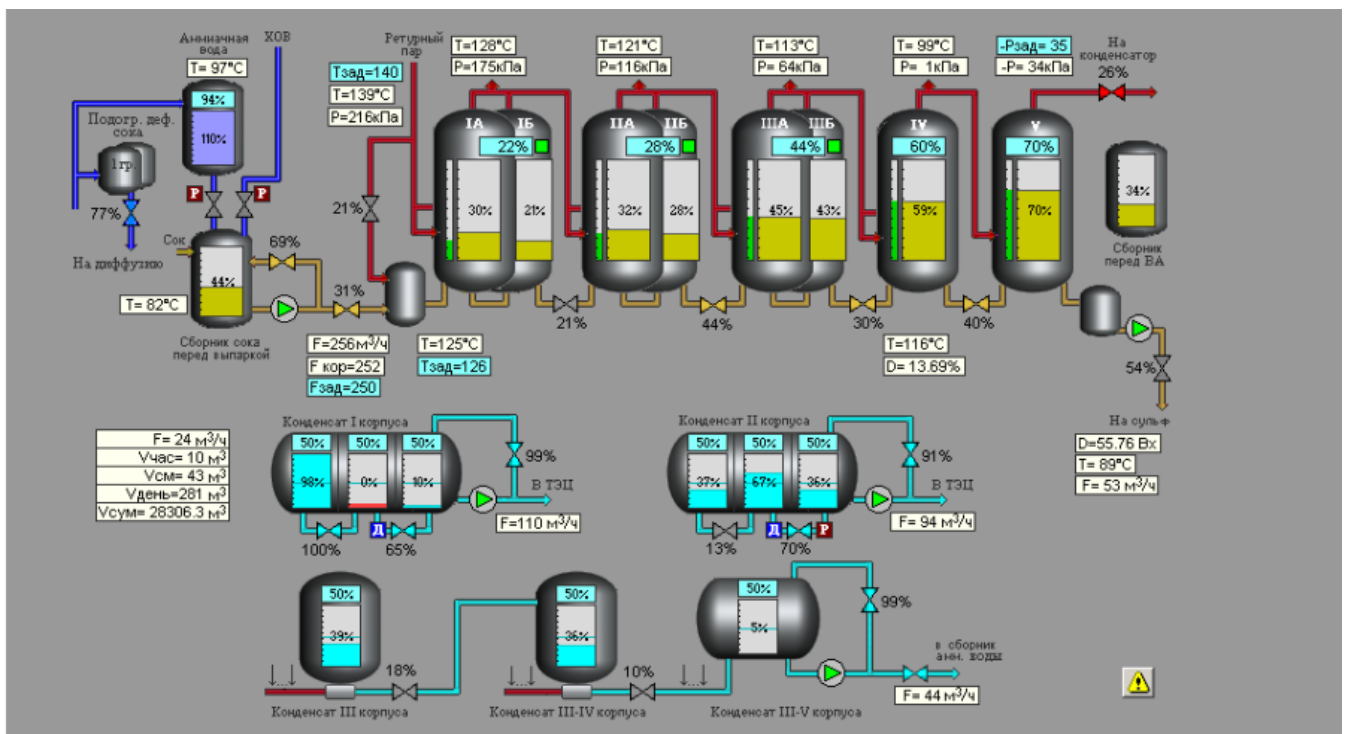


Рис. 1.6 Мнемосхема випарної установки Гнідавський цукровий завод

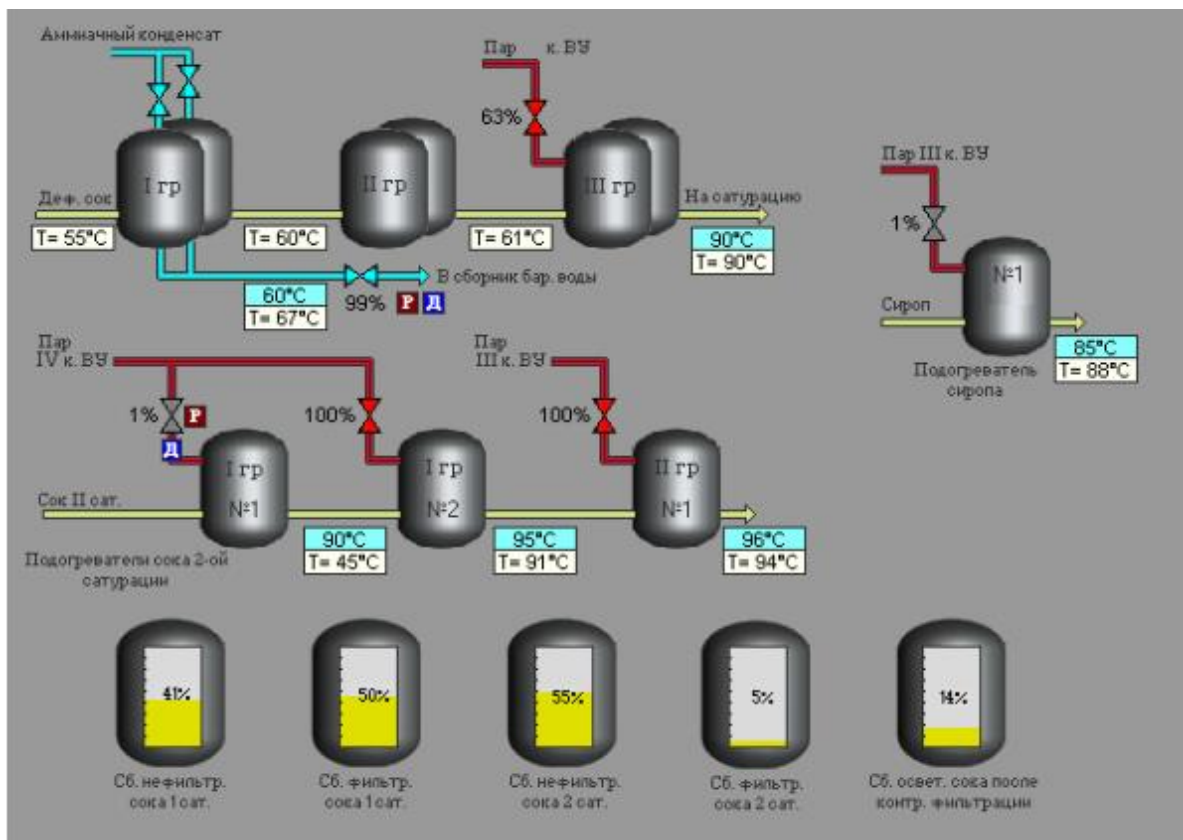


Рис. 1.7 Мнемосхема випарної установки та допоміжного обладнання
Гнідавський цукровий завод

На даних мнемосхемах можна спостерігати такі обладнання, як 8 випарних установок (3 перші спарені), збірник фільтрувального соку та аміачної води перед випарною установкою, 3 групи підігрівання соку, конденсатне господарство та насоси соку, сиропу та конденсату, які беруть та охоплюють систему автоматизації.

Основні складові системи, які застосовуються на Гнідавському цукровому заводі для підсистеми випарної установки:

- операторське приміщення зі щитами управління та комп'ютерним устаткуванням для оператора;
- SCADA-сервер, що забезпечує підключення оператора та інженера;
- щити управління «Випарна установка», «Підігрівачі» та «Конденсат» зі станції керування СУИМ 0/20-05 на кожному контурі аналогового регулювання;

- щит електромагнутних перетворювачів;
- датчики тиску та рівня Сафір та Aplisens, термометри ТЕРА, витратоміри ВЗЛЕТ, НВЧ-аналізатор PromТес;
- виконавчі механізми: кульові крани та дискові затвори фірми «ІНТЕР-АРМ ІНЖИНІРІНГ» та заслонки ТУСО.

В основі системи – контролер TSX Premium P57203M з програмою PL7.

Система автоматизації випарної установки має надавати наступні потреби:

- регулювання витрати фільтрувального соку II-ї сатурації на випарну установку
- регулювання рівнів у корпусах випарної установки;
- регулювання розрідження в конденсаторі
- регулювання температури соку на випарну установку;
- контроль температури та тиску вторинної пари;
- контроль температури, тиску (розрідження) по корпусах;
- контроль витрати соку та сиропу;
- контроль витрати пари на перший корпус;
- контроль густини соку на випарну станцію та сиропу на виході з неї;
- реєстрацію всіх технологічних параметрів, завдань та положень регулюючих органів.

Особливості системи автоматизації для даного прикладу:

- 1) виконано стабілізацію витрати соку на випарну установку з корекцією заданої витрати за рівнем у збірнику перед випарною установкою
- 2) потік соку/сиропу через ВУ регулюється за рівнем у корпусах на стоку, а плавне обмеження припливу починається після того, як рівень у корпусі перевищить задане значення на певну величину зміщення
- 3) відведення конденсату з апаратів ВУ виконується за допомогою регуляторів рівня у відповідних збірниках конденсату на стоку.

Також мною було проаналізовано ще один об'єкт автоматизації випарної установки на Красилівському бурякоцукровому заводі (Хмельницької області).

На рисунку 1.6 зображена структура комплексу технічних засобів АРМ оператора випарної установки, що об'єднувала датчики, перетворювачі, виконавчі механізми, мікропроцесорний контролер (централізованого типу, виробництва фірми «Мікрол», м. Івано-Франківськ, Україна), персональний комп'ютер оператора із SCADA-системою «ІНДЕЛ» (розробка - фірми «Інфотехпром», м. Полтава, Україна) та щит оператора для реалізації функцій дистанційного контролю та керування.



Рис. 1.8 Структура АРМ оператора випарної установки

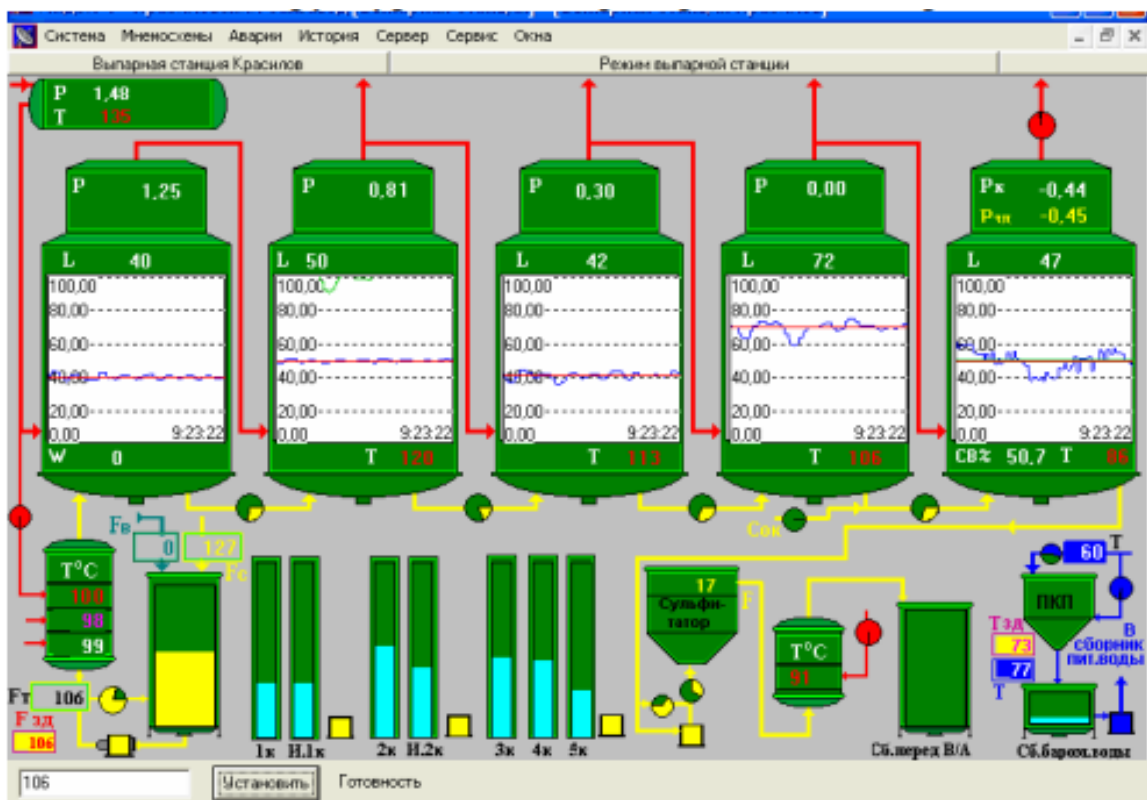


Рис. 1.9 Основна екранна форма АРМ оператора випарної установки

Основна екранна форма АРМ оператора наведена на рисунку 1.7. На формі відображені основні технологічні агрегати випарної станції, змінні процесу, що контролюються та регулюються, у тому числі у вигляді динамічних графіків деяких основних регульованих змінних.

На рисунку 1.8 наведено зовнішній вигляд щитів оператора (основний та додатковий), на котрих розташовані прилади контролю та дистанційного керування, як електричні так і пневматичні, в тому числі перемикачі, задавачі та манометри, що показують тиск у лініях керування пневматичними виконавчими механізмами з регулюючими клапанами. На додатковому щиті встановлений мікропроцесорний контролер, що керує.

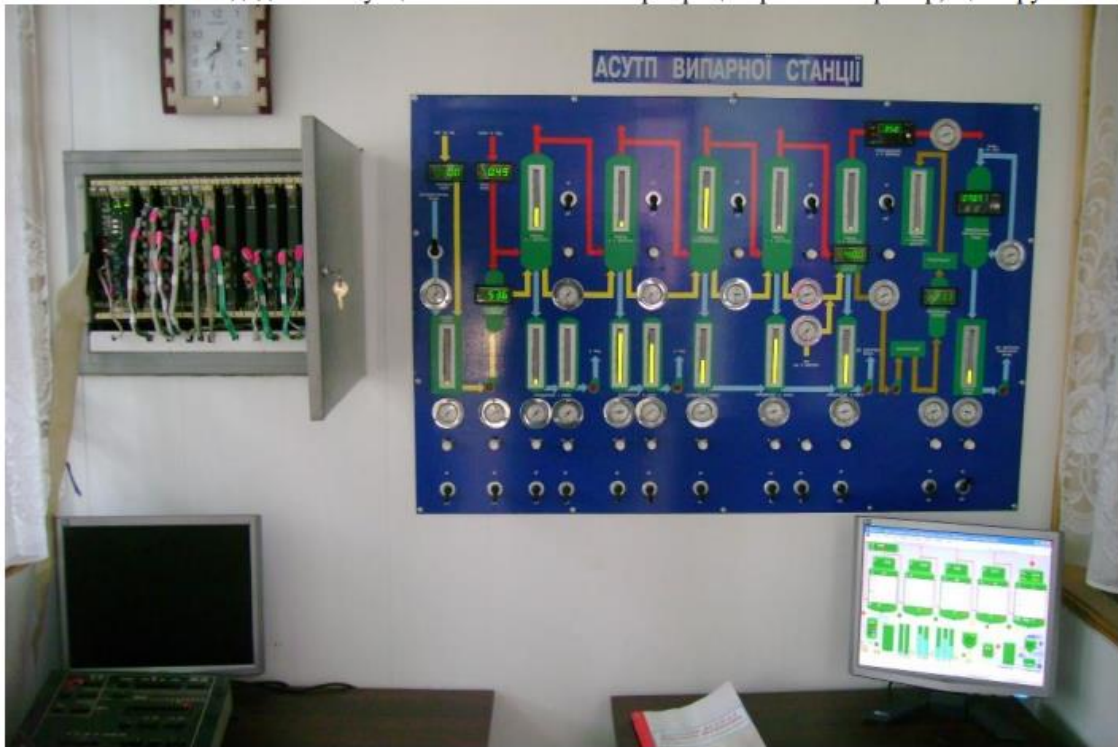


Рис. 1.10 Щит оператора випарної станції

У складі АСУ ТП п'ятикорпусної випарної установки крім традиційних задач контролю й регулювання регламентованих змінних, реалізована підсистема формування та подання даних для аналізу теплотехнічних показників роботи випарної установки, що забезпечує зручність аналізу роботи станції на різних рівнях управління та керування для диспетчера (начальника зміни, теплотехніка), головного інженера, головного технолога, директора й т.п.

Перелік завдань, реалізованих у складі АСУ ТП ВУ для Красилівському бурякоцукровому заводі, включає:

- 1) контроль технологічних змінних процесу й стану устаткування (приводи насосів);
- 2) регулювання та стабілізація:
 - рівнів у корпусах випарної установки, збірниках конденсату та випарниках, у збірнику барометричної води;

- витрати соку на випарну установку;
- температур соку та сиропу після підігрівачів; живильної води та гріючої пари;
- тиску гріючої пари, розрідження у п'ятому корпусі випарної установки;
- густини сиропу з випарної установки;
- розрахунок перепадів температур вторинних парів та їхніх тисків за корпусами випарної установки та показників роботи ВС.

Таким чином, розглянувши два приклади, зазначені вище, тепер я маю повну оцінку всієї роботи та задач, які поставлені в конкретній роботі. Також маю багато розуміння на що саме мені потрібно звернути увагу для автоматизації вибраного виробничого процесу, які саме параметри є найголовнішими та яким саме чином здійснюється їх контроль та регулювання.

1.6. Постановка задачі

На даному етапі, проаналізувавши аналітичний огляд літератури, котра існує у відкритому доступі та стосується вибраної теми кваліфікаційної роботи, а саме – автоматизована система управління технологічним комплексом цукрового заводу з підсистемою випарної установки, можна виділити окремі підпункти на які потрібно з концентрувати увагу, а саме це стосується:

1) Створення функціональної структури підсистеми випарної установки з урахуванням та дослідженням вихідних даних, котрі являють собою характеристики об'єкта та вимог до нього.

2) Визначення та примножування функцій АСУ ТП, котрий включає в себе такі підпункти як:

- список функцій та вимог щодо довгочасності та систематичності їх виконання;
- список сигналів та даних, котрі утворюють інформаційні зв'язки між функціями;
- вимоги для систематичності поновлення сигналів та даних на входах функцій.

3) Створення структури комплекс технічних засобів (КТЗ), котрий включає в себе такі підпункти як:

- підбір промислових та комп'ютерних мереж, котрі являються базою для проведення технічних інтеграцій засобів;
- реалізація мережної структури, в котрій ТЗ описуються як вузли мережі;
- підбір обладнання, а саме комунікаційних модулів та карт для усіх існуючих мережних вузлів;
- підбір складових, які виконують функцію перетворення (концентратори, комутатори, маршрутизатори та шлюзи)

4) Створення підсистеми управління технологічним процесом, котра зміщує в себе такі підпункти як:

- розробка схеми автоматизації та специфікація приладів та засобів;

-розробка схеми компонування та специфікація модулів ПЛК та засобів RIO та PDS;

-розробка схеми електричні принципові контурів вимірювання, управління та сигналізації;

-розробка схеми з'єднання та підключення проводів промислових мереж.

5) Розробка алгоритмічного та програмного забезпечення автоматизованої системи управління технологічним комплексом цукрового заводу із застосуванням ключових показників ефективності та сучасних інформаційних технологій.

Розділ 2. Загальносистемні рішення

2.1. Загальний опис об'єкту та системи

Узагальнена схема цукрового заводу становить теплотехнологічний промисловий вузол, котрий складається як трудомістка організаційно-технологічна система, та в котрому водночас відбуваються складні явища, до яких можна віднести теплообмінні, гідродинамічні процеси та фізико-хімічне перебудова властивостей речовин.

Такий складний об'єкт, як комплекс цукрового заводу, містить в собі велику кількість певних прикмет та характеристик, котрі є несприятливими з перспектив управління ним. До таких характеристик належить: об'ємна ритмічність; суттєва нелінійність та нестійкість; численність станів діяльності та виробничих обставин; часткова, неузгодженість та малоймовірність інформації, котра стосується положення стану та керуючих дій та багато чого іншого [28].

Зважаючи на аналіз комплексу цукрового заводу, можна зробити узагальнення про уможливлення використання системного підходу, котрий включає в себе [21].:

- 1) формування структури системи та взаємозв'язків між існуючими підсистемами;
- 2) роз'яснення цілісних та адитивних ознак системи;
- 3) визначення та дослідження цілей функціонування всієї системи та окремих її підсистем;
- 4) аналізування динамічних та статичних особливостей системи;
- 5) застосування математичних методів при вивчення систем.

Синтез управління теплотехнологічним комплексом цукрового заводу вимагає застосування та поєднання комбінованих методів, котрі мають різний науково-формалізований зміст та сутність.

У технічних публікаціях відокремлюють значення теплотехнічний комплексом та теплоенергетичний. В першому випадку відбувається процеси, які поріднені з

технологією виробництва певної продукції за допомогою теплових процесів, в другому – процеси, які поріднені з генерацією енергії або її витратою для реалізації механічної праці. [6].

За фундамент теплотехнічного комплексу цукрового заводу виокремлюють теплоелектроцентральною (ТЕЦ) з електричним синхронним генератором на основі протитискової парової турбіни.

До устаткування, котре належить ТЕЦ можна віднести наступне: апарат, котрий генерує водяну пару з тиском вищій за атмосферний (парогенератор); тепловий двигун безперервної дії, котрий перетворює теплову енергію водяної пари на механічну роботу обертання ротора (парова турбіна); пристрій, котрий призначений для перетворення енергії механічного руху на енергію електричного руху, котрий використовує принцип електромагнітної індукції (генератор електричного струму); ємкість, в котрій протікає процес виділення повітря з води (деаератори) та інші.

Відпрацьована пара, котра залишається після турбіни, остуджується до 130-140⁰С в охолоджувальній установці та поступає в колектор ретурної пари. Крім того тепловою схемою цукрового заводу також визначено наявність умов надходження відпрацьованої пари належного потенціалу в колектор тут же після установок, призначених для її генерації та редукційно-охолоджувальної установок з нагоди, якщо така пара є недостатньою для технологічних вимог та потреб.

Стосовно теплотехнологічного комплексу, то він представлений як об'єднання теплового та тепловикористовуючого технологічного устаткування, котре об'єднане між собою завдяки трубопроводам та здійснюють реалізацію в один і той же час такі призначення як: згущення дифузійного соку від первинної концентрації соку до концентрації вже сиропу (у відсотковому відношенні це відповідно з 10-16% до 65-75% вмісту сухих речовин) при умові найменших втрат та збільшеннях кольоровості цукру; нагрівання води, дифузійного соку та сиропу до вже визначених температур,

котрі описані в технологічній інструкції ведення виробничого процесу; процес кристалізації та уварювання утфелів; вивірене відведення та збирання конденсатів із гріючих камер теплообмінних апаратів, надання конденсатів для ТЕЦ з метою забезпечення оптимальної роботи парових котлів та постачання гарячою водою всього цукрового заводу.

Особливе значення для функціонування теплотехнологічним комплексом цукрового заводу являється випарна установка (ВУ), котра представлена головним потребувальником технологічної пари. Суттєве скорочення витрат пари на ВУ задовільняється багатоступінчастим шляхом випарювання, котра здійснюється завдяки багатокорпусних установок. До того ж значно скоротити витрату технологічної пари допоможе повторне використання пари з корпусів ВУ для поверхневих потреб до прикладу для вакуум-апарату.

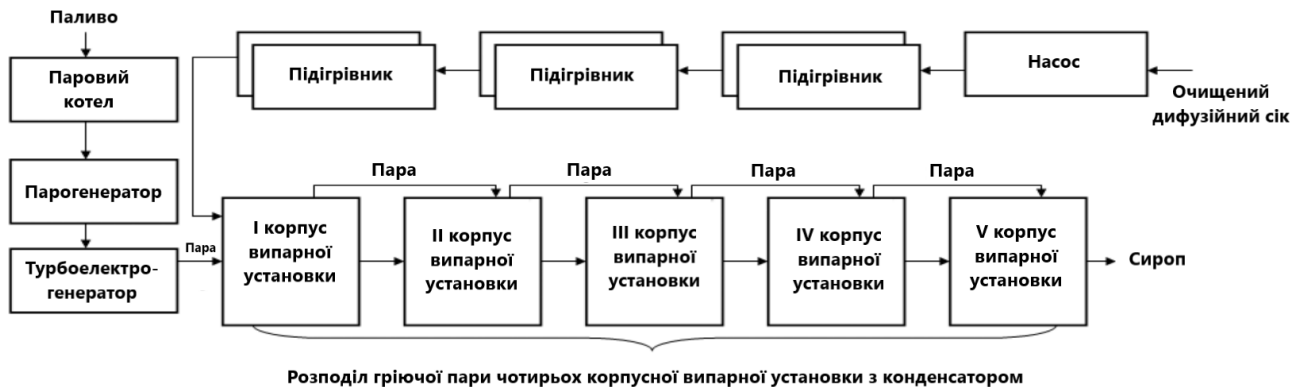


Рис. 2.1 Блок-схема роботи обладнання у випарній станції

Отже, функціональна складова ВУ характеризується комплексом, який об'єднує теплотехнічні та технологічні фактори і показники, що спричиняють до потреби координування роботи ВУ з теплотехнологічним комплексом загалом.

Далі розглянемо процес згущення соку на випарній установці та отримання сиропу.

Очищений сульфитований сік II карбонізації з вмістом сухих речовин 12-14% і чистотою 89-92% поступає на випарну установку. Даний сік виступає ненасиченим розчином, тобто щоб його кристалізувати потрібно його згущувати до перенасиченого стану шляхом випарювання з нього води.

Процес згущення дифузійного соку здійснюється в дві фази:

- 1) спершу сік згущується на випарній установці до вмісту сухих речовин 60-65% та випарюється близько 98% води;
- 2) потім на вакуум-апаратах випарюється ще 15-20% води, одержуючи утфель з вмістом сухих речовин 92-92,5% та вмістом кристалів 48-50%.

Роз'єднання процесу згущення очищеного дифузійного соку на дві фази випарювання обумовлено потребою зменшення витрати тепла на даний процес.

Надлишкову воду випарюють у багатокорпусній випарній установці з багатократним застосуванням відпрацьованої в турбіні пари, котра має назву ретирної пари. При процесі згущення відбуваються фізико-хімічні перетворення такі як: зменшується розрідження поодиноких солей кальцію органічних кислот, формуються барвні та забарвлюючі речовини, утворюються осади CaCO_3 , CaSO_3 , CaSO_4 , внаслідок чого сироп після випарної установки потрібно сульфитувати та фільтрувати. Процес випарювання повинно здійснюватися з мінімально перспективними витратами тепла та змінами у соку в наслідку розкладу сахарози та інших складових.

Кількість води, котра випаровується під час одержання сиропу

Маса води W , котра випарюється у випарній установці, підпорядковується від масової частки сухих речовин в очищеному дифузійному соку CP_1 та в сиропі CP_2 . Для її розрахунку спершу встановлюють кількість соку та сиропу з рівняння балансу сухих речовин.

Масу очищеного соку m_1 встановлюють за балансом сахарози, беручи до уваги її масову частку в цукрових буряках, в очищеному дифузійному соку та втрати до випарної установки. За значенням m_1 розраховують масу сиропу, % до маси цукрових буряків:

$$m_2 = m_1 \text{ CP}_1/\text{CP}_2$$

З цього випливає, що маса випаруваної води, % до маси цукрових буряків:

$$W = m_1 - m_2 = m_1 - m_1 \text{ CP}_1/\text{CP}_2 = m_1 (1 - \text{CP}_1/\text{CP}_2)$$

Багатоступенева випарна установка

На сьогоднішній день широке застосування набули п'ятикорпусні випарні установки. Це спричинене тим, що при застосуванні випарних апаратів із природньою циркуляцією потрібно надавати достатні перепад температур на кожній із рівнів випарювання, а існуючий діапазон температур в котрім може функціонувати випарна установку складає від 85 °С до 135 °С.

За рахунок обмеження кількості очищеного дифузійного соку, котре подається на випарну установку на згущення, покращення його первинної концентрації та за допомогою мінімізації розведення при очищенні, використання новітньо-ефективного теплообмінного та технологічного обладнання, найбільш максимального застосування вторинних енергоресурсів удається здійснити на п'ятикорпусних випарних установках з випарними апаратами «типу Роберта» здобувати найкращих показників випарювання.

Очищений дифузійний сік згущується у випарних апаратах в основному з трубчастою поверхнею теплообміну, котра нагрівається насиченою парою з більш високою температурою, ніж температурою кипіння соку.

Вторинна пара, котра забирається з корпусів випарної установки на певні технологічні потреби має назву екстрапара (Е). Теплота конденсації гріючої пари і теплота випарювання вторинної пари майже рівні, тому 1 кг пари, котра поступає на випарний апарат, випарює майже 1 кг води, за умови, що очищений дифузійний сік попередньо нагрітий до температури кипіння.

Якщо випарювати сік в однокорпусному апаратів, то витрати пари і палива будуть достатньо високими. З ціллю скорочення витрат умовного палива на цукрових заводах використовують принцип багаторазового використання теплоти гріючої пари.

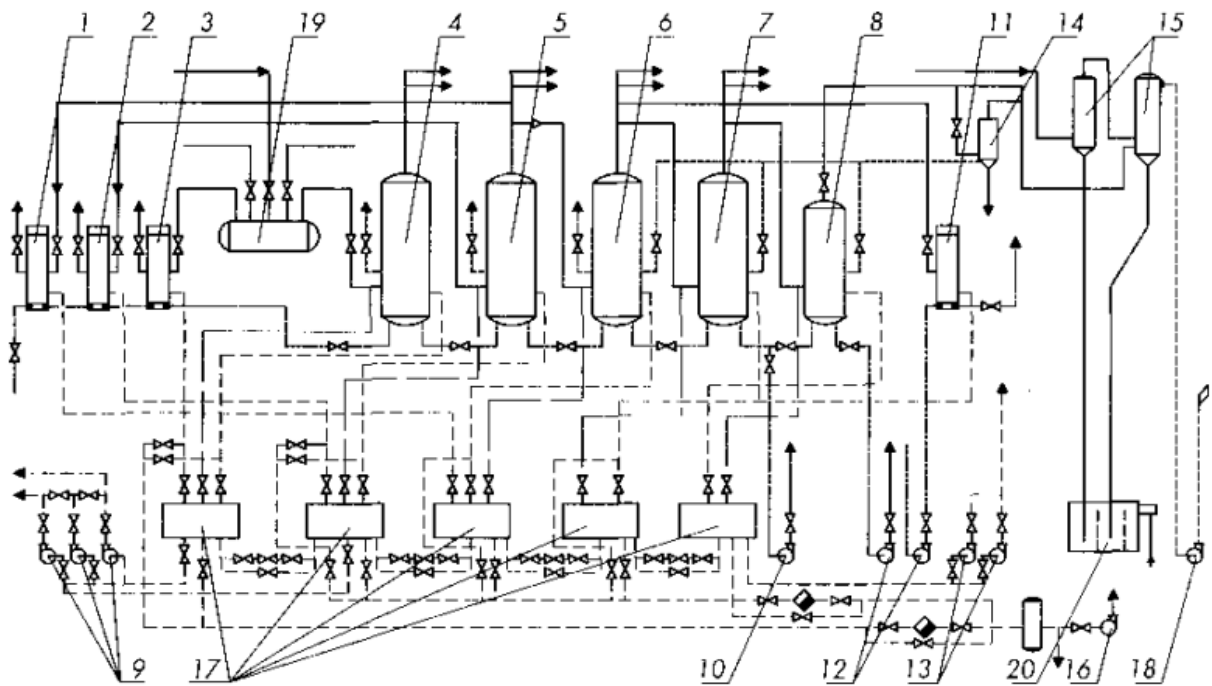


Рис. 2.2 Принципова тепла схема випарної установки

1,2,3,11 – підігрівачі, 4,5,6,7,8– корпуси випарної установки, 9 – пароконтактний підігрівач, 9,10,12,13,16 – насоси, 14 – пароконтактний підігрівник, 15 –кондансатор, 17 – збірник конденсати, 18 – вакуум-насос, 19 – збірник ретурної пари, 20- барометричний ящик

Очищений дифузійний сік поступає в I корпус, котрий обігривається відпрацьованою парєю після турбін та редукованою гострою парєю. Із соку випарюється деяка частина води, котра формує вторинну парю. Певною мірою

згущений сік перетікає в II корпус, де таким же способом випарюється ще певна частина води. Процес випарювання таким же чином проходить і по наступним трьом корпусам (останній – конденсатор). Сироп із заданою масовою часткою сухих речовин виходить із концентратора. Вторинна пара I корпусу застосовується для нагріву II корпусу, вторинна пара II корпусу – для нагріву III і так до останнього. За умов багаторазового застосування пари значною мірою скорочуються витрати гріючої пари та палива.

Робота випарних установок із природною циркуляцією

Для повного розуміння я розглянув принципову схему одиночного неперервно діючого випарного апарату з природною циркуляцією розчину («типу Роберта»).

Кипіння рідини у вертикальних трубах є трудним тепловим та гідродинамічним процесом (рис. 2.3). Процес теплообміну в трубках випарного апарату розпочинається з чисто конвективного підігріву однофазної рідини. Недогрів до заданої температури кипіння пов'язане зі зростанням гідростатичного тиску у підтрубному просторі випарного апарату. Очищений дифузійний сік, піднімаючись в гору у теплообмінній трубці гріється і при цьому водночас зменшується статичний тиск. З певної висоти труби розпочинається бульбашкове кипіння недогрітої рідини на поверхні теплообміну котре плавно переправляється у більш розвинене бульбашкове кипіння. Режим течії перетікає з однофазного в двофазний, іншим словом емульсійний, тобто суміш рідини та парових бульбашок. При зауваженні, що потік плавно збільшує свою швидкість через зріст об'ємного вмісту пари. Ступінь інтенсивності теплообміну при бульбашковому кипіння суттєво вищий чим при однофазній течії.

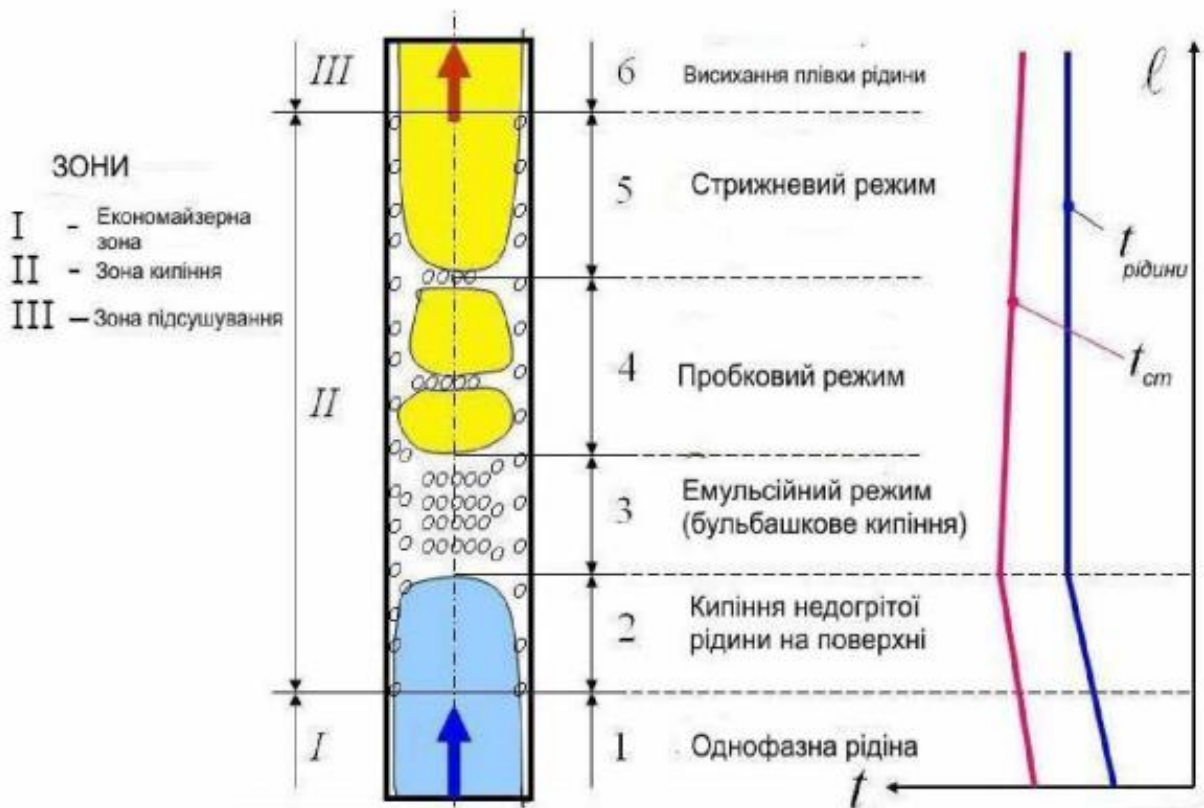


Рис. 2.3 Принципова схема режимів течії та теплообміну при кипінні рідини в вертикальній трубі

В подальшому бульбашки пари згуртовуються між собою і захоплюють практично цілий перетин теплообмінної труби, з'являється так би мовити пробковий або снарядний режим течії. Такий режим відзначається неабиякими пульсаціями швидкості та тиску. Процес теплопередачі, здебільшого, підвладний закономірностям теплообміну при бульбашковому кипіння.

Надалі, при забезпеченій висоті теплообмінної труби та потужності теплообміну окремо взяті парові пробки з'єднуються. Пара переміщується по центральній частині труби, а сама рідина – по площині труби. Здебільшого, потік пари не спроможний підіймати плівку рідини, так як він має замалу швидкість. Формується «застій циркуляції», плівка рідини зсихає поверхня теплообміну відкривається і формується режим кризо теплообміну другого роду.

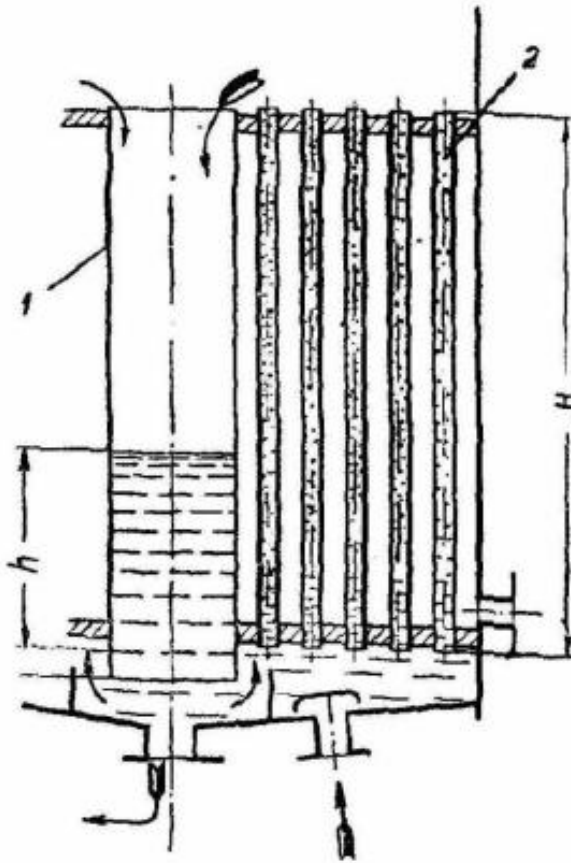


Рис. 2.4 Циркуляція рідини в випарному апараті

Формування циркуляційного контуру в випарному апараті, котрий зображується на рисунку 2.4, здійснюється за допомогою через те, що в циркуляційній трубці підтримується певний рівень рідини h .

Густина розчину рідини в циркуляційній трубці є такою ж самою як густина при температурі кипіння і при згущенні цукрових розчинів складає $1000 \dots 1330 \text{ кг/м}^3$. В теплообмінних трубках рідина кипить, а через те що густина гріючої пари, для умов роботи випарних установок цукрових заводів складає $0,35 \dots 1,15 \text{ кг/м}^3$, густина парорідинної суміші в теплообмінних трубках випарного апарату буде в межах $200 \dots 700 \text{ кг/м}^3$, себто в $2 \dots 5$ разів менша. Таким чином і рівень парорідинної суміші повинна так перевищувати рівень в циркуляційній трубці.

Якби висота теплообмінної труби менша за зазначений рівень, то парорідинна суміш буде потрапляти в надтрубний простір. У такому разі здійснюється розділення пари та рідини. Пара виводиться з випарного апарату, а рідина стікає по верхній трубній решітці в циркуляційну трубу, опиняючись в підтрубному просторі, де поєднується з наступними порціями рідини, котрі подаються, і вкотре заходить на вхід теплообмінної труби випарного апарату. У такий спосіб формується циркуляційний контур.

Температурний режим

У випарній установці вторинна пара формується внаслідок випарювання води з дифузійного соку, температура кипіння якого завжди вища температури кипіння чистої води і залежить від масової частки сухих речовин, чистоти та тиску у всіх корпусах.

Збільшення температури кипіння цукрових розчинів відносно температури кипіння води називається температурною депресією. Рушійною силою процесу теплообміну є різниця температур гріючої пари $t_{\text{п}}$ і кипіння соку $t_{\text{с}}$, яку називають корисною різницею температур ($t_{\text{п}} = t_{\text{п}} - t_{\text{с}}$).

Якщо при тиску P температуру кипіння води позначити $t_{\text{в}}$, а температурну депресію $t_{\text{с}}$, то корисна різниця температур у даній точці апарата буде розраховуватися наступним чином:

$$t_{\text{п}} = t_{\text{п}} - (t_{\text{в}} + t_{\text{с}})$$

На корисну різницю температур позначається гідродинамічна та гідростатичні температурна депресія. В першому випадку – зниження температури за допомогою падіння тиску в паропроводах, котрі об'єднують всі корпуси випарної установки, і в сепаруючих пристроях в підсумку гідравлічного опору. Величину її на один ступінь випарювання беруть рівною 1°C . А в другому випадку беруть до уваги зміну

температури кипіння розчину, котра визначена висотою стовпа парорідинної суміші соку, що кипить.

Для надання непохитності теплообміну температура гріючої пари повинна бути на 6-7°C вищою за середню температуру кипіння.

Температура та тиск у всіх корпусах випарної установки піддержується на визначеному рівні залежно від співвідношення площ поверхні теплообміну цих корпусів, паровідбору на технологічні потреби і вакуум, котрий утворює вакуум-конденсаційна установка.

Корисну різницю температур у I та II корпусах зазначають не менше 6°C, а в наступних трьох – 10-12°C. Зростання корисної різниці температур в III, IV та V корпусах обумовлене потребою підвищення коефіцієнта теплопередачі при збільшенні в'язкості продукту в процесі згущення. Чим вище в випарному апараті з багаторазовою природною циркуляцією температурний перепад між гріючою парою і дифузійним соком, тим вище швидкість циркуляції та коефіцієнт теплопередачі, тим менші розміри апарата та час перебування продукту в ньому і утворення накипу.

Створення розрідження

Створення розрідження в IV корпусі та концентраторі та відведення газів, котрі не конденсуються, з системи можна здійснюватися за допомогою прямотечійно-протитечійної вакуум-конденсаційної установки, котра працює таким чином.

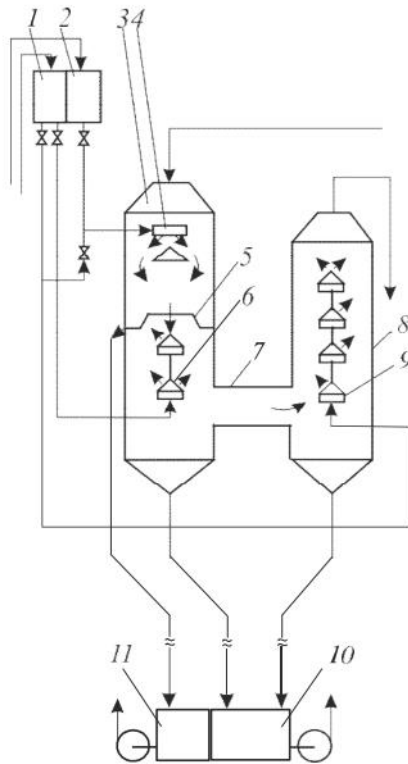


Рис. 2.5 Принципова схема вакуум-конденсаційної установки з прототечійно-протитечійним барометричним конденсатором

1 – збірник оборотної води; 2 – збірник свіжої води; 3 – прототечійний конденсатор; 4 – насадка; 5 – кільцевий простір; 6 – форсунки; 7 – патрубок; 8 – охолоджувач; 9 – форсунки; 10, 11 – збірники

Чиста холодна вода доставляється до збірника 2 і на насадку 4 прототечійного конденсатора 3 і стікає по стінках його верхньої секції у плівковому режимі, омивається потоком пари, тангенційно підведеної зверху. Нагріта до температури насиченої пари вода призупиняється кільцевим простором 5 і виводиться по трубі в збірник 11. Пара, котра не конденсувалась, знижується в нижню секцію прототечійного конденсатора, де конденсується при контакті з оборотною водою із збірника 1, що подається через форсунки 6.

Відпрацьована вода зливається в збірник 10, а гази, котрі не конденсуються, разом із залишками пари переправляються по патрубку 7 в охолоджувач 8, де процес конденсації пари завершується при контакті з розпиленою водою з застосуванням

форсунок 9. Гази, котрі не конденсуються, відсортовуються із верхньої частини охолоджувача вакуум-насосом, а нагріта оборотна вода зливається в збірник 10. Чиста вода із збірника 11 застосовується в якості живильної для екстрагування сахарози та на інші технологічні потреби.

Місткість збірників 10 і 11 зобов'язані дорівнювати 1,5–2 об'ємам барометричних труб, висота труб від рівня води в збірниках до нижнього краю циліндричних корпусів конденсатора і охолоджувача має бути не менше 10,5 м.

Відділення конденсату і неконденсованих газів з нагрітих камер випарних установок

Конденсати з апаратів, котрі застосовують пару, відводять на збірники конденсату 17, де їх об'єднують за принципом рівного тиску пари, з якої вони виникають (рис. 2.2). Конденсати відпрацьованої пари і вторинної пари I корпусу випарної установки насосами 9 відкачують у ТЕЦ.

Конденсати вторинної пари II, III та IV корпусів пропускають по чергово через збірники відповідних корпусів, потім спрямовуються у збірник конденсату останнього корпусу, з нього через теплообмінник дифузійного або переддефекованого соку відкачують насосом 10 у заводський збірник конденсатів, а далі застосовується для технологічних потреб.

Неконденсовані гази з нагрітих камер випарних апаратів, підігрівників та вакуум-апаратів відводять:

– з камер, котрі працюють під тиском нагрівної пари вище атмосферного – через регулюючі вентилі в атмосферу;

– з камер, котрі працюють під атмосферним тиском або розрідженням – через регулюючі вентилі в трубопровод-колектор, котрий сполучають з барометричним конденсатором.

2.2. Розробка загальної ієрархічної моделі обладнання

Для перспективи дослідження швидкоплинної ситуації виробничого підприємства потрібно мати опис діяльності взаємопов'язаних моделей. Вирішальним задумом стандартів є формування моделей на різномірних рівнях керування та областях.

Всі представлені стандарти володіють виразною директивою, яка має такі основні пункти: ознайомлення та використання виробничих ресурсів, керування та контроль технологічними процесами, попередньо визначати обсяг випуску готової продукції та можливість варіації формування іншого типу продукції. Саме ці чіткі інструкції багато разів застосовувались на виробництві і наразі мають велику практику.

Загалом, керування виробничими операціями можливо охарактеризувати комплексом взаємопов'язаних моделей:

- означення виробу або продукту;
- загальнодоступні ресурси;
- виробничий план;
- істинні показники виробництва.

У сьогоденній версії стандарту ISA-95, схожі моделі застосовуються не лише для охарактеризування керування виробничими операціями (Production Operations Management), а і для керування операціями технічного обслуговування (Maintenance Operations Management), керування операціями контролю якості (Quality operations management) та керування операціями матеріально-технічного забезпечення (Inventory operations management) [8].

Беручи до уваги виробництво будь-якого продукту в харчовій промисловості постає необхідність в окремих ресурсах, котрі відповідно стандартів теж в свою чергу охарактеризовуються набором моделей. В стандартах ISA-88 та ISA-106 нарізно вживаними ресурсами є обладнання (Equipment), котре застосовується для виготовлення продукції. Також присутність інших ресурсів, таких як допоміжних,

енергетичних та трудових, які виступають та входять як параметри керування обладнанням, проте у стандарті ISA-95 для них виокремлені окремі моделі. Моделі Equipment перехрещуються з усіма вище сказаними стандартами. Це можна побачити на рисунку та таблиці, що знаходяться нижче.

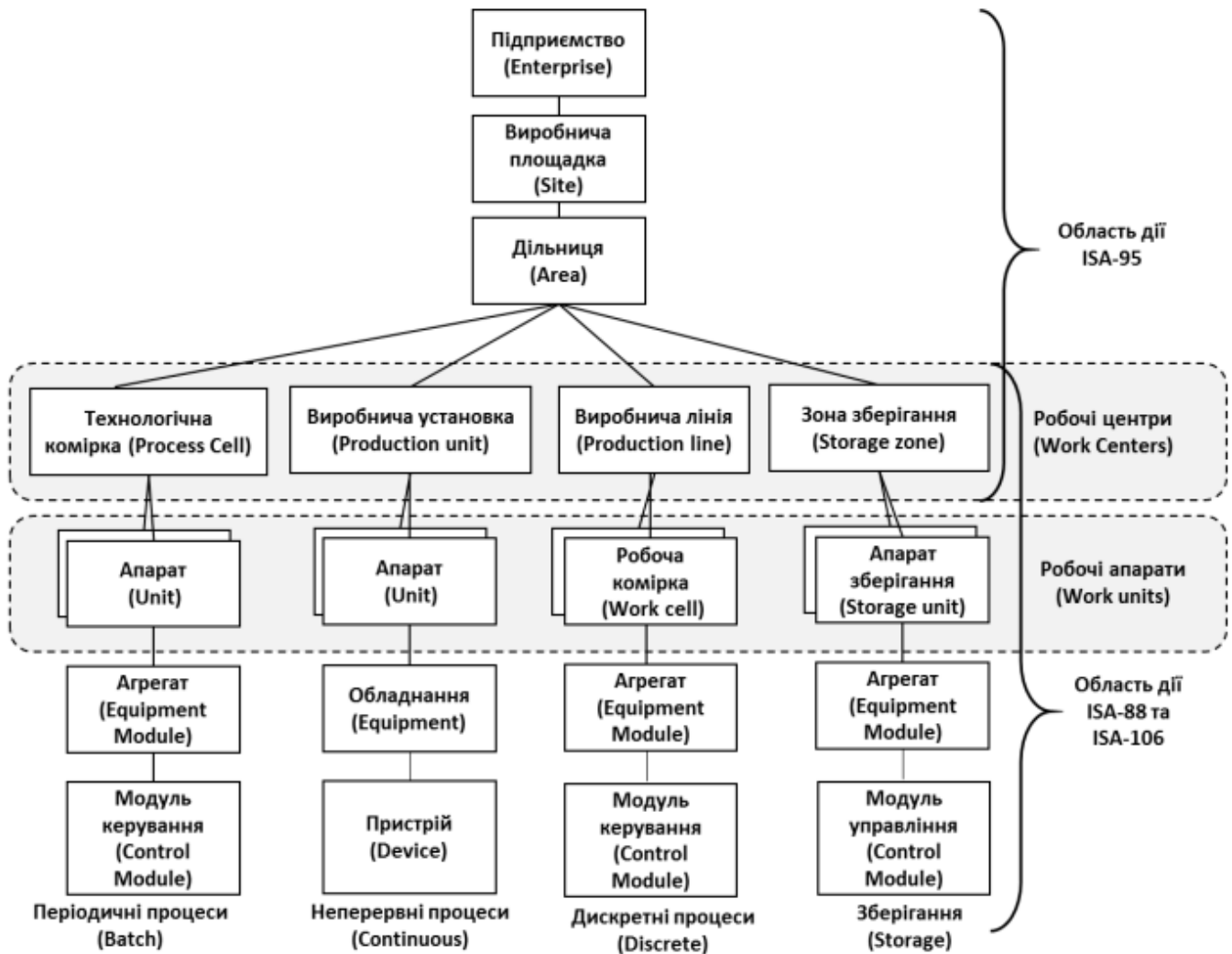


Рис. 2.6 Загальна модель ієрархії обладнання (фізична модель) для ISA-95 та ISA-88

Таблиця 2.1. Область дії ISA-95

| Назва рівнів фізичної моделі | Означення | Приклад |
|------------------------------|---|--|
| Підприємство (Enterprise) | Виробничий комплекс, що відповідає за певну номенклатуру виробів, які випускаються, виробничих площадок, на яких вони випускаються та способів виробництва | агропромислове підприємство з декількома цукровими заводами, розташованими в різних місцях |
| Виробнича площадка (Site) | Група об'єднаних об'єктів що забезпечують виробництво, згідно календарного плану. | Завод |
| Виробнича ділянка (Area) | Група об'єктів в рамках виробничої площадки, що забезпечує виробництво згідно виробничої потужності, характеризуються виробничими можливостями. | для цукрового заводу це може бути лінія виробництва цукру-піску |
| Робочий центр (Work Centers) | Технологічна комірka (Process Cell) для періодичних процесів, виробнича установка (Production Unit) для неперервних чи виробнича лінія (Production Line) для дискретних | |

В роботі мною було розроблено окремі схеми ієрархічної моделі обладнання для цукрового заводу для верхніх та нижніх трьох рівнів.

Перше верхні рівні представлені на рисунку 2.7.

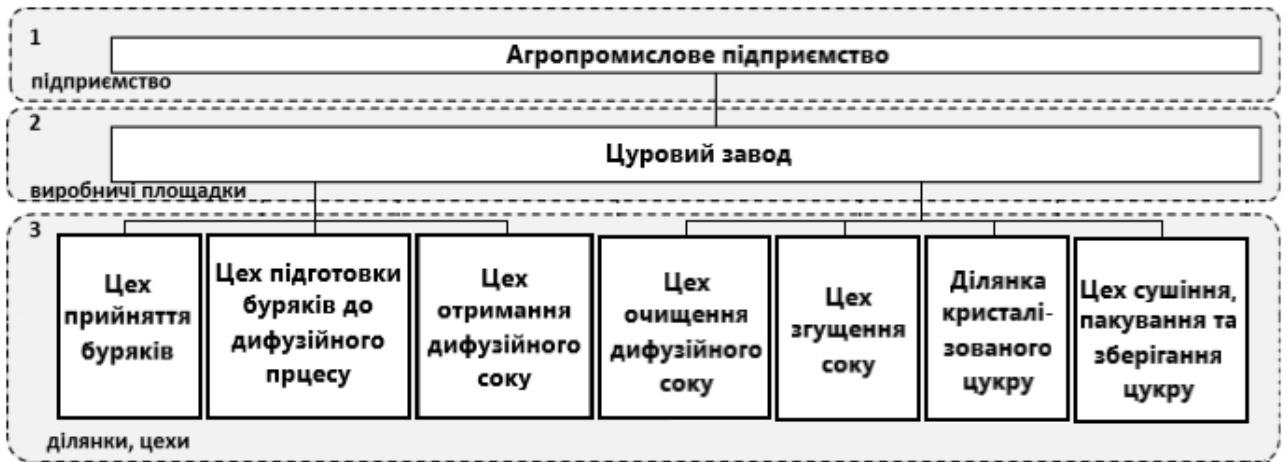


Рис. 2.7 Верхні рівні (1-3) ієрархічної моделі обладнання цукрового заводу відповідно до ISA-95

На рисунку 2.8 зображені 4-6 рівні ієрархічної моделі обладнання для виробництва цукру з розширеним оглядом на 5 та 6 рівні випарного відділення.



Рис. 2.8 Нижні рівні (4-6) ієрархічної моделі обладнання лінії виробництва цукру відповідно до ISA-95/106

2.3. Функціональна структурна схема

Функціональна структура будується на підґрунті вихідних даних, котрі становлять собою вже відомі особливості та характеристики об'єкта та вимог до нього.

Опис ознак функціональної структури зобов'язана містити схему функціональної структури та описування автоматизованих функцій, котрі в свою чергу мусять втілюватися системою та розбиватися на певну кількість взаємозалежних інформаційними зв'язками під функцій, у згоді їх здійснення на деяких окремих технічних засобів.

Нижче наведена функціональна структура виробництва цукру з основним (випарна станція) та суміжним (конденсатне господарство) відділенням.

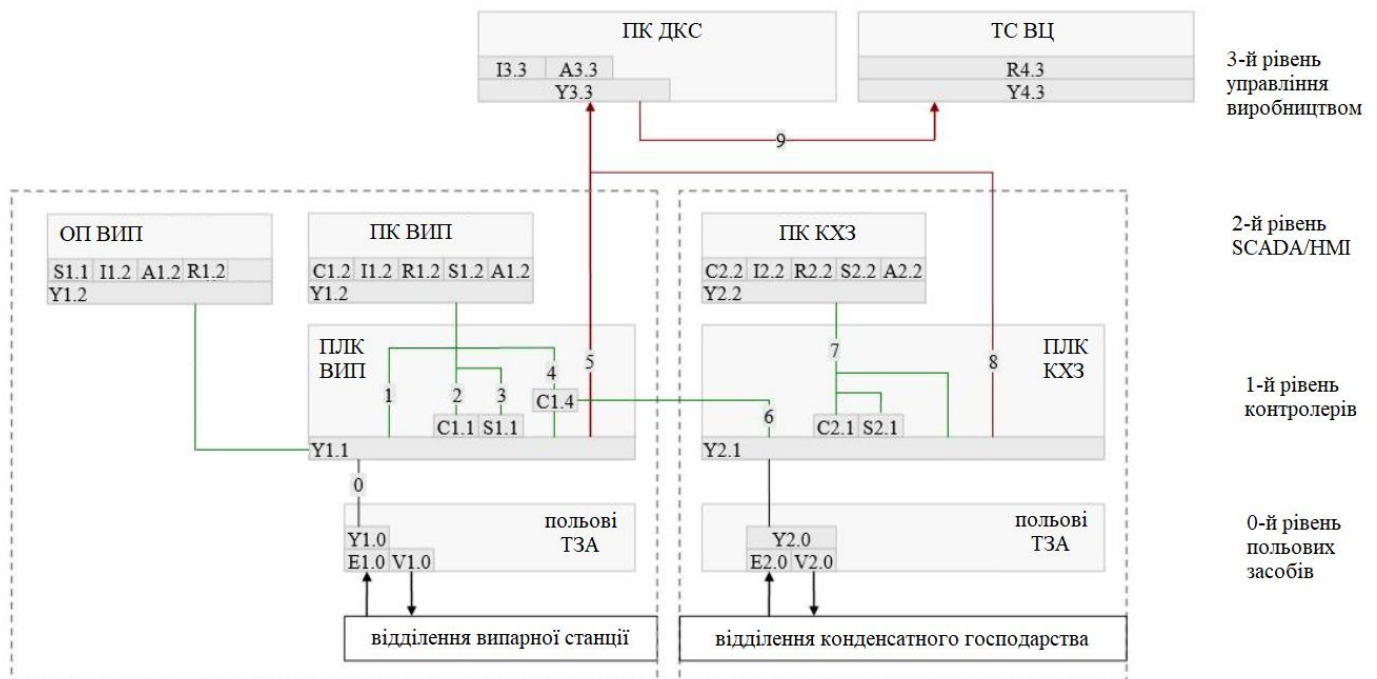


Рис. 2.9 Функціональна структура інтегрованої АСУ виробництва цукру

Дана схема побудована у вимог, щодо зберігання ієрархічності рівнів управління. Тобто 0-й (нижній) рівень – рівень польових засобів, 1-й – рівень контролерів, 2-й рівень – рівень SCADA/HMI, 3-й рівень – рівень управління виробництвом.

Таблиця 2.2. Умовні позначення до схеми функціональної структури

| Позначення | Найменування |
|-------------|--|
| польові ТЗА | технічні засоби автоматизації, які відносяться до польового рівня |
| ПЛК ВИП | мікропроцесорний контролер для відділення випарної станції |
| ПЛК КХЗ | мікропроцесорний контролер відділення конденсатного господарства |
| ПК КХЗ | АРМ оператора відділення конденсатного господарства (на базі комп'ютера) |
| ПК ВИП | АРМ оператора випарної станції (на базі комп'ютера) |
| ОП ВИП | АРМ оператора відділення випарної станції |
| ПК ДКС | диспетчерсько-координуюча станція АРМ головного технолога на базі комп'ютера (ПК) |
| ТС ВЦ | технологічний сервер виробництва цукру - сервер архівів основних виробничих параметрів |
| E1.0, E2.0 | вимірювальне перетворення |
| V1.0, V2.0 | управління технологічним обладнанням та виконавчими механізмами |
| Y | перетворення та обробка інформації |
| НС2 | автоматизоване регулювання, управління технологічним процесом |
| C1.1, C2.1 | автоматизоване регулювання, управління технологічним процесом |
| C1.4 | автоматизоване управління подачею пари на перший корпус станції |
| C1.2, C2.2 | дистанційне управління, формування завдання, настройка регуляторів |
| R1.2, R2.2 | реєстрація параметрів технологічного процесу |
| R4.3 | реєстрація основних виробничих параметрів |
| A1.2, A2.2 | контроль стану обладнання, технологічна сигналізація |
| A3.3 | контроль виробничих параметрів, контроль якості виробництва |
| I1.2, I2.2 | відображення для контролю за технологічним процесом |
| I3.3 | відображення для диспетчерського контролю за виробничим процесом |
| S1.1, S2.1 | автоматизоване включення, відключення, переключення, блокування, запуск задач |
| S1.2, S2.2 | дистанційне включення, відключення, переключення, блокування, запуск задач, зміна режимів роботи регуляторів |

Інформаційні зв'язки між функціями та задачами дозволено зображувати у подібні стрілки, котрі демонструють напрямок передачі інформаційних даних, або ж просто лінії, якщо інформація передається в обидва боки.

Для зрозумілого сприйняття схеми з значною кількістю функцій, їх дозволено згрупувати по спільному практичному завданню, позначаючи їх згідно правил, котрі вимагають дотримання їх у функціональному призначення на схемах автоматизації.

До прикладу, на рисунку, котрий зазначений вище, для 0-го рівня – рівня польових засобів я застосував три типу функцій: вимірювальне перетворення (E) та управління обладнанням та виконавчими механізмами (V). І це також стосується і інших рівнів зображених на функціональній структурі інтегрованої автоматизованої системи управління.

2.4. Опис функцій, що автоматизуються

Опис функцій, що автоматизуються в технічному комплексі цукрового заводу з підсистемою випарної установки на ведені у таблиці, котра знаходиться нижче.

Таблиця 2.3. Опис функцій, що автоматизуються

| № | Машина, агрегат, установка | Параметр, місце відбору сигналу | Припустиме значення параметра | Вид Автоматизації | Характер контролю чи управління | Засоби управління та контролю, реалізації упр. дії |
|---|-----------------------------|---------------------------------|-------------------------------|-------------------|---------------------------------|--|
| 1 | 1-й корпус випарної станції | Рівень | 25 % ± 5% | Регулювання | Управління | Вплив на насос подачі соку та клапан переливу соку |
| | | Тиск | 3.3 бар ± 0.1 бар | Регулювання | Стабілізація | Вплив на клапан подачі пари |
| | | Температура | 126 °C ± 1.5 °C | Контроль | Відображення, реєстрація | АРМ оператора |
| 2 | 2-й корпус випарної станції | Рівень | 30 % ± 5% | Регулювання | Стабілізація | Вплив на клапани переливу соку |
| | | Тиск | 2.6 бар ± 0.1 бар | Контроль | Відображення, реєстрація | АРМ оператора |
| | | Температура | 118 °C ± 1.5 °C | Контроль | Відображення, реєстрація | АРМ оператора |

Продовження таблиця 2.3.

| | | | | | | |
|---|-----------------------------|-------------|----------------------|-------------|-----------------------------|---|
| 3 | 3-й корпус випарної станції | Рівень | 30 % ± 5% | Регулювання | Стабілізація | Вплив на клапани переливу соку |
| | | Тиск | 1.8 бар ± 0.1 бар | Контроль | Відображення, реєстрація | АРМ оператора |
| | | Температура | 110 °C ± 1.5 °C | Контроль | Відображення, реєстрація | АРМ оператора |
| 4 | 4-й корпус випарної станції | Рівень | 40 % ± 5% | Регулювання | Стабілізація | Вплив на клапани переливу соку |
| | | Тиск | 1.0 бар ± 0.1 бар | Контроль | Відображення, реєстрація | АРМ оператора |
| | | Температура | 100 °C ± 1.5 °C | Контроль | Відображення, реєстрація | АРМ оператора |
| 5 | 5-й корпус випарної станції | Рівень | 50 % ± 5% | Регулювання | Стабілізація | Вплив на клапан переливу соку та зливу сиропу в збірник |
| | | Тиск | 0.6 бар ± 0.1 бар | Регулювання | Управління | Вплив на клапан спуску пари |
| | | Температура | 85 °C ± 1.5 °C | Контроль | Відображення, реєстрація | АРМ оператора |

Продовження таблиця 2.3.

| | | | | | | |
|---|----------------|---------------------|----------------------|-------------|-----------------------------|---|
| 6 | Колектор пари | Тиск | 3.3 бар ± 0.1 бар | Контроль | Відображення, реєстрація | АРМ оператора |
| | | Температура | 135 °С ± 1.5 °С | Контроль | Відображення, реєстрація | АРМ оператора |
| 7 | Підігрівач | Температура | 122 °С ± 2.5 °С | Контроль | Відображення, реєстрація | АРМ оператора |
| 8 | Трубопровід | Витрата | 7 м3/год ± 1.0 | Регулювання | Управління | Авт/руч управління насосом подачі соку |
| | | Вміст сухих речовин | 65 % ± 5% | Контроль | Відображення, реєстрація | АРМ оператора |
| 9 | Збірник сиропу | Рівень | 0-100 % | Регулювання | Управління | Вплив на клапан подачі сиропу в збірник |

2.5. Структурна схема комплексу технічних засобів

Структурна схема комплексу технічних засобів розробляється на підґрунті функціональної схеми та вибраної комплектації засобів управління. Новітні автоматизовані системи управління являється ієрархічними системами, котрі мають, здебільшого, три рівні.

Розробка структурної схема, підбір технічних засобів верхніх рівнів управління та комунікаційних модулів ПЛК та RIO проводиться на основі вихідних даних, котрі наведені нижче.

Таблиця 2.4. Дані на базі яких розробляється структурна схема КТС

| Вихідні дані | Джерело даних |
|---|--|
| Характеристики об'єкту автоматизації: місця контролю технологічних параметрів та управляючих дій на технологічній схемі процесу/виробництва; параметри навколишнього середовища; територіальне розміщення точок встановлення ТЗА та пунктів управління | ТЗ або завдання |
| вимоги до структури системи, вимоги до технічного забезпечення | |
| перелік сигналів та даних, які формують мережні інформаційні потоки між вузлами | схема функціональної структури + опис автоматизованих функцій(задач) |
| перелік та характеристика сигналів по інтерфейсним каналам між ПЛК, RIO та польовими засобами | схема автоматизації |
| характеристики промислових мереж | навчальна та довідникова література по промисловим мережам |
| характеристики мережних засобів вузлів | каталоги фірм-виробників ТЗА |

На нижньому рівні розміщуються, до прикладу, первинні перетворювачі, модулі віддаленого вводу-виводу та прилади, котрі розташовані по місцю та виконавчі механізми з регулюючими органами.

Середній рівень формують програмовані логічні контролери.

На верхньому рівні управління розташовуються промислові або персональні комп'ютери та панелі оператора. Для взаємозв'язку верхнього рівня з середнім застосовується або з'єднання «точка-точка» або локальна промислова мережа. З'єднання «точка-точка» використовується в простих випадках, скажімо, для з'єднання єдиного контролера з комп'ютером. При використанні такого виду з'єднання потрібно погодити відповідні порти в контролера та комп'ютера. Для цього існують блоки перетворення інтерфейсів, котрі мають більш вжиткову назву, як адаптери.

Головним способом з'єднання в сьогоденних системах управління являється організація локальних обчислювальних мереж із засобів управління. У системах управління застосовуються промислові стандарти локальних обчислювальних мереж. Локальна мережа дає можливість об'єднати всі засоби управління та нормалізувати багатосторонній обмін інформаційними даними.

При проектуванні систем управління потрібно вибрати конкретний стандарт мережі та допоміжне устаткування, до яких можна віднести концентратори зв'язку, мережні адаптери, комунікаційні процесори та інше, для її реалізації.

Результат перерахованих дій формуються у вигляді креслення структурної схеми комплексу технічних засобів.

Структурна схема комплексу технічних засобів має наочно відображати ієрархію та апаратний склад системи управління, зв'язки засобів управління з об'єктом управління та з оперативним персоналом.

Загальний вигляд структурної схеми комплексу технічних засобів управління технологічним процесом наведено на рис. 2.10.

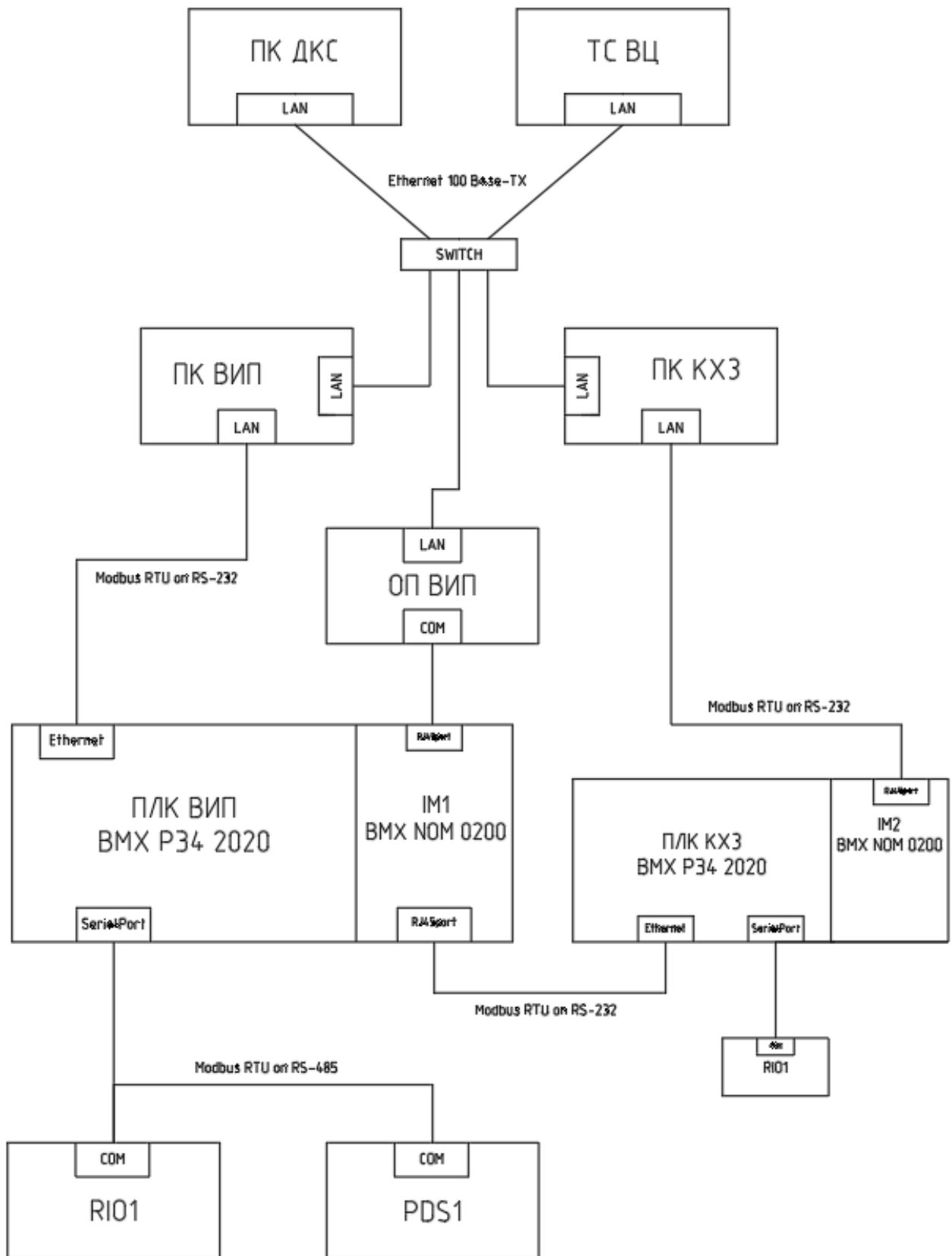


Рис. 2.10 Структурна схема комплексу технічних засобів АСУ ТП

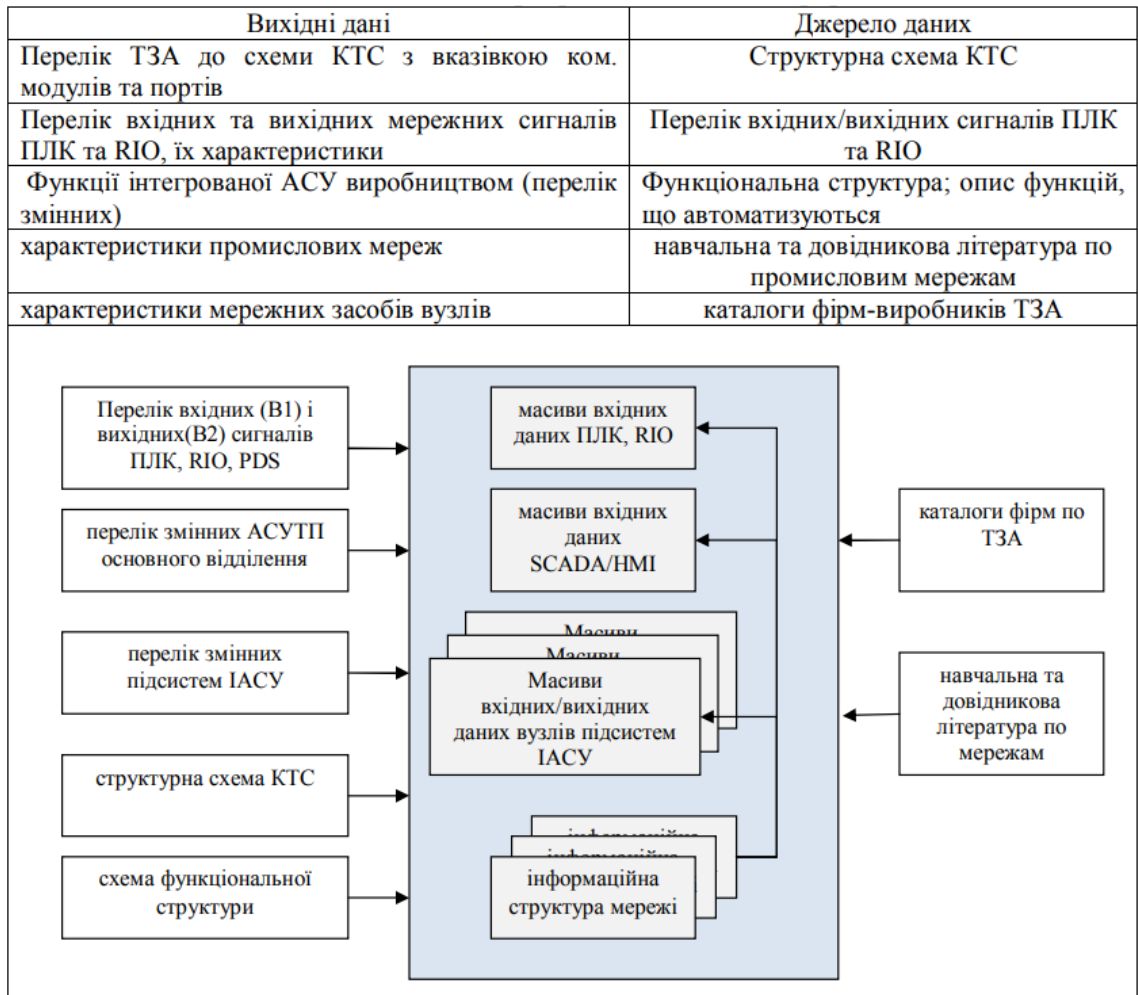
Таблиця 2.5. Відомості мережних технічних засобів

| <i>Позначення</i> | <i>Найменування</i> | <i>Кількість</i> | <i>Примітка</i> |
|-------------------|--|------------------|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| ПК ДКС | ПК головного технолога | 1 | Офісного виконання |
| ТС ВЦ | Технологічний сервер | 1 | Офісного виконання |
| ПК ВИП | ПК оператора випарної станції | 1 | Процесор Intel Core i3-12100F, RAM 8192 MB |
| ПК КХЗ | ПК оператора відділення конденсатного господарства | 1 | Вже експлуатується Процесор Intel Core i3-12100F, RAM 8192 MB |
| ОП ВИП | Операторська панель випарної станції | 1 | HMISTO735 |
| ПЛК ВИП | Програмований логічний контролер випарної станції | 1 | Modicon M340 BMX P34 2020 з ком. модулем BMX NOM 0200 |
| ПЛК КХЗ | Програмований логічний контролер відділення конденсатного господарства | 1 | Вже експлуатується Modicon M340 BMX P34 2020 з ком. модулем BMX NOM 0200 |
| RIO | Модуль віддаленого вводу-виводу | 2 | Advantys OTB |
| PDS1 | Частотний перетворювач | 1 | Lenze SMD 380 |
| SWITCH | Ethernet комутатор | 1 | D-Link DES-1008D/PRO |

2.6. Опис інформаційного забезпечення АСУ ТП виробництва та основного відділення

У кваліфікаційній роботі я показав організацію та передачу інформаційних даних на рівні інтегрованої АСУ ТП виробництва цукру-піску та основного відділення – відділення випарної установки.

Таблиця 2.6. Дані на базі котрих розробляють опис інформаційного забезпечення



Сутність інформаційного забезпечення полягає в інформаційному відображенні умов, стану й результатів виробничого процесу, обміні інформацією між органом і об'єктом управління для регулювання його діяльності.

Склад інформаційного забезпечення: інформаційне забезпечення автоматизованих систем управління, інформаційна система АСУ, програмне забезпечення

Розділ 3. Розробка підсистеми управління технологічним процесом (обладнанням)

3.1. Схема автоматизації та специфікація засобів автоматизації польового рівня

Функціональна схема автоматизації технічним комплексом цукрового заводу з підсистемою випарної установки зображує наступні дії:

- Подачу та контроль витрати відфільтрованого соку після II сатурації на I корпус випарної станції;
- Регулювання та стабілізацію рівнів в корпусах випарної установки;
- Контроль тиску та стабілізація температури в колекторі пари;
- Стабілізація та контроль температури в трубопроводі, котрий знаходиться після підігрівача та направлений на I корпус випарної станції;
- Регулювання тиску пари, температури та рівня в I корпусі випарної станції;
- Регулювання розрідження в V корпусі випарної станції;
- Контроль вмісту сухих речовин в соку після випарної установки;
- Контроль та сигналізацію рівня в збірнику, котрий знаходиться після V корпусу випарної станції та з подальшим транспортування на вакуум-апарат.

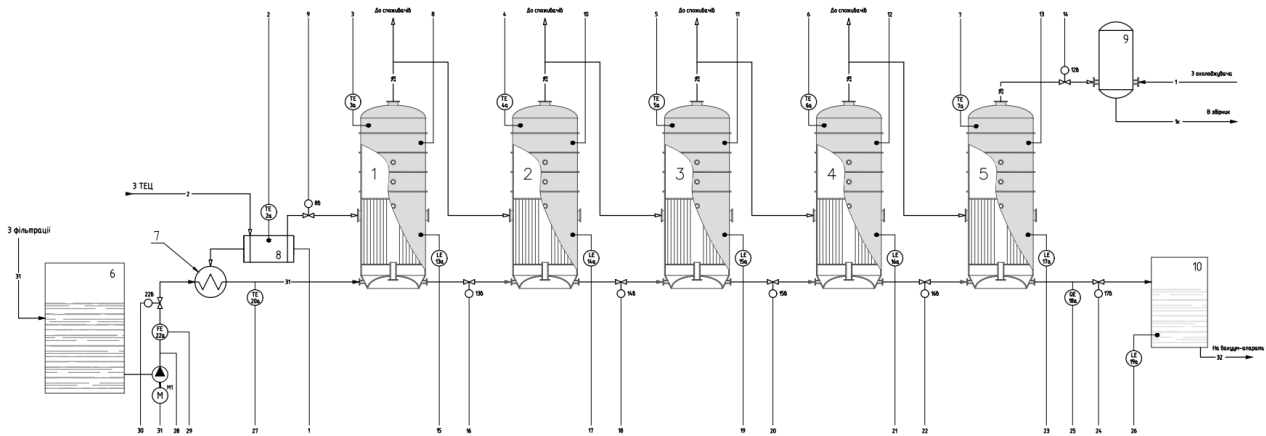


Рис. 3.1. Функціональна схема автоматизації технічним комплексом цукрового заводу з підсистемою випарної установки

Контур контроль витрати відфільтрованого соку після II сатурації вміщує в себе витратомір-лічильник з овальними шестернями **Kobold DOM A55HFC** (поз. 22а), котрий вмонтовується в трубопровід подачі соку, який далі поступає на підігрівник, а з нього - в I корпус випарної станції. Вимірювання витрати виконується за допомогою протікання відфільтрованого соку через порожнину витратоміра-лічильника, де розташовані 2 зубчасті колеса, котрі обертаються навколо своєї осі. Кожний повноцінний оберт – це 1 дискретний імпульсний сигнал. Швидкістю потоку подачі відфільтрованого соку управляється електричним трифазним двигуном **AIP 132 S8** (поз. М) та клапаном **BAUMANN серії 24000CVF** (поз. 22в) котрий, в свою чергу, під'єднується через електропневматичний перетворювач **Sentronic LP серії 617 ASCO Numatics** (поз. 22б). Управління двигуном **AIP 132 S8** (поз. М) виконується за допомогою частотного перетворювача **Lenze SMD 380 4 кВт** (поз. 15б) через блок ручного управління **БРУ-17** (поз. 15а). Для аварійного захисту трифазного асинхронного двигуна **AIP 132 S8** також вмонтована грибокподібна кнопка **LAY5-BT42** (поз. SB1) для екстреної зупинки.

Контур контролю та регулювання рівня в усіх корпусах випарної установки відбувається за допомогою датчику ємнісного типу **NivoCap СТК-405-2** (поз. 13а, 14а, 15а, 16а, 17а). Відповідно від рівня соку, що випарюється, даний рівнемір буде переінакшувати ємність конденсатора, вимірювальне значення котрого буде перетворюватися н уніфікований аналоговий вихідний сигнал, розмірністю 4...20мА. Він же ж потрапляє на контролер та відображається на АРМ оператора. Вихідний сигнал 4...20мА поступає до **Sentronic LP серії 617 ASCO Numatics** (поз. 13б, 14б, 15б, 16б, 17б), який генерує пневматичний сигнал для клапану **AUMANN серії 24000CVF** (поз. 13в, 14в, 15в, 16в, 17в).

Контур контроль тиску та стабілізація температури в колекторі пари виконується за допомогою вимірювального перетворювача тиску **SITRANS P серія DS III** (поз. 1а) та термометру опору **SITRANS TF2** (поз. 2а). Подачу пари на I корпус випарної

станції здійснюється за допомогою виконавчого механізму – клапану **Baumann 24000CVF** (поз. 8в), котрий приймає пневматичний сигнал від електропневматичного перетворювача **Sentronic LP серії 617 ASCO Numatics** (поз. 8б).

Температура в випарних корпусах вимірюється та контролюється за рахунок термометру опору **SITRANS TF2** (поз. 3а, 4а, 5а, 6а, 7а). Даний прилад має діапазон вимірювання $-50\dots+200^{\circ}\text{C}$, котрий дає можливість його застосування для всіх корпусів.

Контроль вмісту сухих речовин в соку після випарної установки відбувається за допомогою рефрактометр **PRM-100 alpha** (поз. 18а).

Контур контролю та сигналізації рівня в збірнику, котрий знаходиться після V корпусі випарної станції, та з подальшим транспортування на вакуум-апарат також виконується за рахунок датчику ємнісного типу **NivoCap** СТК-405-2 (поз.19а).

Контур регулювання розрідження в V корпусі випарної станції здійснюється за допомогою вимірювального перетворювача тиску **SITRANS P серія DS III** (поз. 12а). Вихідний вимірювальний сигнал даного датчика $4\dots20\text{mA}$, котрий являється прямопропорційним вхідній величині тиску, поступає на електропневматичний перетворювач **Sentronic LP серії 617 ASCO Numatics** (поз. 12б), котрий видає пневматичний сигнал 20-100 кПа, який прямує до клапану **BAUMANN серії 24000CVF** (поз. 12в). Клапан відповідає відведенню пари в конденсатор, а далі в збірник для подальшого його охолодження.

Таким чином, за рахунок вимірювального перетворювача тиску **SITRANS P серія DS III** (поз. 8а, 9а, 10а, 11а) відбувається стабілізація значення тиску у всіх корпусах випарної станції.

Таблиця 3.1. Специфікація засобів автоматизації

| № п/п | № поз. За схемою | Місце встановлення | Найменування і технічна характеристика виробу | Марка та тип | Кількість | Виробник |
|-------|---------------------------------------|--------------------|---|----------------------------------|-----------|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 1 | 13а, 14а, 15а, 16а, 17а, 19а | По місцю | Ємнісний перетворювач рівня з аналоговим вихідним сигналом 4...20мА. Виконання з цифровим виходом HART | NivoCap СТК-405-2 | 6 | Nivelco Угорщина |
| 2 | 8в, 12в, 13в, 14в, 15в, 16в, 17в, 22в | По місцю | Виконавчий пневматичний механізм . Ржив.=140кПа, Рвих.=20-100кПа | BAUMANN серії 24000CVF | 8 | Emerson США |
| 3 | 22а | По місцю | Витратомір-лічильник з овальними шестернями, які обертаються з певною частотою та виділяють імпульс при проходженні рідини через вимірювальну камеру за один оберт Живлення 24В | Kobold DOM A55HFC | 1 | KOBOLD Messring GmbH Німеччина |
| 4 | 2а, 3а, 4а, 5а, 6а, 7а | По місцю | Термометр опору Pt100 з ініфікованим вихідним сигналом 4...20мА та діапазоном вимірювання - 50...+200°C. Живлення 24В. | SITRANS TF2 | 6 | Siemens AG Німеччина |
| 5 | 1а, 8а, 9а, 10а, 11а, 12а, 21а | По місцю | Вимірювальний перетворювач тиску з уніфікованим вихідним сигналом 4...20мА. Живлення 24В | SITRANS P серія DS III | 7 | Siemens AG Німеччина |
| 6 | 18а | По місцю | Рефрактометр для вимірювання концентрації речовин з уніфікованим вихідним сигналом 4...20мА. | АТАГО серій PRM- 100 alpha | 1 | АТАГО Японія |
| 7 | 23а | На щиті | Блок ручного управління для перемикання на ручне керування. Вихідний сигнал 4...20мА, Rвх.=100 Ом, Rвих.≤500 Ом | БРУ-17 | 1 | Мікрол Україна |

Продовження таблиця 3.1.

| | | | | | | |
|----|--|----------|---|--|---|---------------------|
| 8 | 86, 126, 136, 146, 156, 166, 176, 226 | На щиті | Електропневмематичний перетворювач. Перетворює пропорційний електричний сигнал 4...20мА або 0-10В в пропорційний пневматичний сигнал 20-100кПа, Рж=140кПа | ASCO Numatics Series 617 Sentronic LP | 8 | Emerson США |
| 9 | 236 | На щиті | Перетворювач частоти. Потужність 4кВт. Живлення 380В, трьох-фазне підключення | Lenze SMD 380 4 кВт | 1 | Lenze Німеччина |
| 10 | М | По місцю | Асинхронний двигун змінного струму, потужність 4кВт 750 об/хв. Живлення 380 В, трьох-фазне підключення | AIP 132 S8 | 1 | UA-MOTOR Україна |
| 11 | SB1 | По місцю | Кнопка з фіксацією, гробкоподібна. Номінальне робоче навантаження 110/230/600 В | LAY5-BT42 | 1 | ІЕК Україна |

3.2. Обґрунтування вибору технічних засобів для вимірювання, виконавчих механізмів (ВМ) та регулюючих органів (РО)

Термометр опору

Принцип дії термометрів опору ґрунтується на характеристичних властивостях провідників та напівпровідників, котрі змінюють свій електричний опір в залежності від зміни температури.

Для вимірювання температури в випарних установках мною було вибрано параметричний датчик SITRANS TF2 фірми «Siemens», котрий має цифровий дисплей для контролю та відображення вимірювально температури і також термометр опору з сенсором Pt100 для застосування у польових умовах.

Переваги для вибору SITRANS TF2 являється: міцний корпус; висока точність вимірювань; точна індикація з розділеною здатністю $1/100^{\circ}\text{C}$ найбільшому діапазоні вимірів; здатність параметрування вимірювань; сповіщення про вихід за граничні значення на рідкокристалічний дисплей та індикація за допомогою світлодіода червоного кольору.



Рис. 3.2. Зовнішній вигляд SITRANS TF2

Принцип роботи даного датчика. Зовнішній температурний датчик Pt100 отримує живлення від стабілізованого джерела струму I_k . Падіння напруги на датчику відповідає вимірюваній температурі. Аналого-цифровий перетворювач (A/D) перетворює падіння напруги у цифровий сигнал. У мікроконтролері (μC) цифровий сигнал лінеаризується та виражається у числовій формі у відповідність до даних, котрі містяться в EEPROM. Оброблені дані відображаються на дисплеї. Крім того, значення конвертуються цифро-аналоговим перетворювачем (D/A) і перетворювачем напруги струм (U/I) в пропорційний температурі струмовий сигнал I_A (4...20 mA).

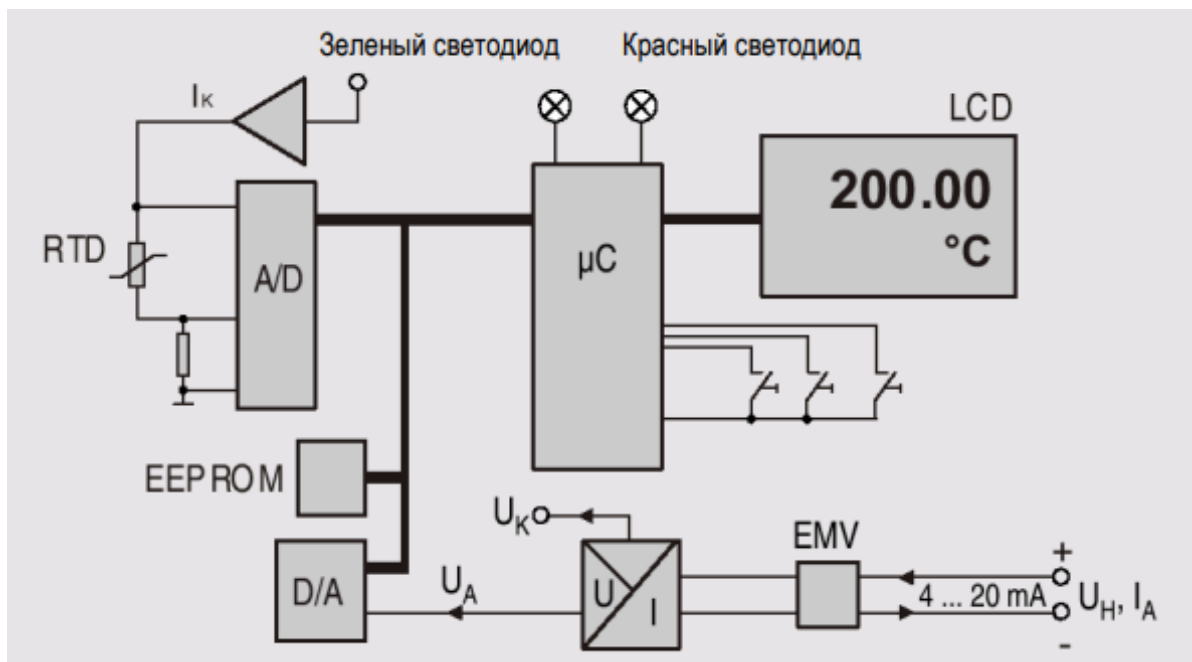


Рис. 3.3. Функціональна схема датчика температури SITRANS TF2

Головною перевагою SITRANS TF2 є схема живлення в два проводи, в котрій реалізовано об'єднання ланцюга живлення перетворювача з одночасним передаванням по ньому сигналу вимірювальної інформації - вихідного уніфікованого аналогового сигналу по струму в межах 4...20 mA, котрий відповідає значенню вимірюваної температури.



Рис.3.4. Схема підключення SITRANS TF2 до двопровідної лінії живлення

Таблиця 3.2. Технічні параметри SITRANS TF2

| Принцип вимірювання | |
|---|--|
| Термометр опору | Pt100, клас В у відповідності з DIN IEC 751 |
| Вхід | |
| Величина вимірювання | Температура |
| Максимальний діапазон вимірювань | -50...+200 ⁰ C (-58...392 ⁰ F) |
| Мінімальний інтервал вимірювань | 50К(90 ⁰ F) |
| Вихід | |
| Вихідний сигнал | 4...20 мА |
| Нижня межа струму | 3.6 мА |
| Верхня межа струму | 23 мА |
| Вихід захищений від | Нерівномірної полярності, перенапруги, короткого замикання |
| Максимальний опір навантаження | ($U_H - 12V$)/0.023A |
| Характеристика | Пропорційна температура |
| Живлення | |
| Напруга на клеммах вимірювального перетворювача тиску U_H | DC 12...30 V |
| Обмеження у застосуванні | |
| Тиск | Макс. 40 бар (580 psi) |
| Умови використання | |
| Температура навколишнього середовища | -28...+85 ⁰ C |
| Рекомендований діапазон температури | -10...+70 ⁰ C |

Датчик тиску

Для індикації та контролю тиску в випарних установках я вибрав вимірювальний перетворювач тиску SITRANS P серія DS III, котрий має широке застосування в харчовій промисловості.



Рис. 3.5. Вимірювальний перетворювач тиску SITRANS P, серія DS III

Переваги для вибору SITRANS P серія DS III являється: висока якість та термін служби; висока надійність та безпека; висока точність; великі функції діагностики та моделювання; роздільна заміна вимірювального осередку та електроніки без повторного калібрування; мінімальне відхилення від характеристик; низький довгостроковий дрейф; частини, що зіштовхуються з вимірювальною речовиною виконані з високоякісних матеріалів; інтервал вимірювання, що перебувають від 0,01 мбар до 400 бар для DS III з HART-інтерфейсом; перебудований інтервал

вимірювання від 1 бар до 400 бар для DS III з інтерфейсом PROFIBUS PA або FOUNDATION Fieldbus; параметрування за допомогою клавіш керування та HART-комунікації.

Основною перевагою для застосування SITRANS P DS III в даному випадку є те, що він працює завдяки використанню протоколу PROFIsafe SIEMENS, котрий гарантує безпечну та надійну передачу інформаційних даних з польового рівня на рівень управління.

Принцип роботи даного датчика. Вхідна величина від сенсора (1) перетворюється на електричний сигнал. Цей сигнал посилюється вимірювальним підсилювачем (2) та оцифровується в аналого-цифровому перетворювачі (3). Цифрова інформація обробляється в мікроконтролері, виправляється відповідно з лінійністю та температурною характеристикою та перетворюється у цифрово-аналоговому перетворювачі (5) у вихідний струм 4...20 мА. Діодна схема (10) здійснює захист від сплутування полярності. Специфічні параметри вимірювальних осередків, параметри електроніки та параметрування фіксуються у двох енергонезалежних ЗУ (6). Перше ЗУ з'єднане з вимірювальною осередком, друге - з електронікою. Тим самим можлива заміна електроніки та/або вимірювального осередку (модульній конструкція). Можливе параметрування вимірювального перетворювача через клавіші керування (8) та зчитування результатів вимірювання, повідомлень про помилки та режими керування на цифровий індикатор (9) безпосередньо на місці вимірювання. HART-модем (7) дозволяє здійснювати параметрування через протокол згідно з HART-специфікаціями.

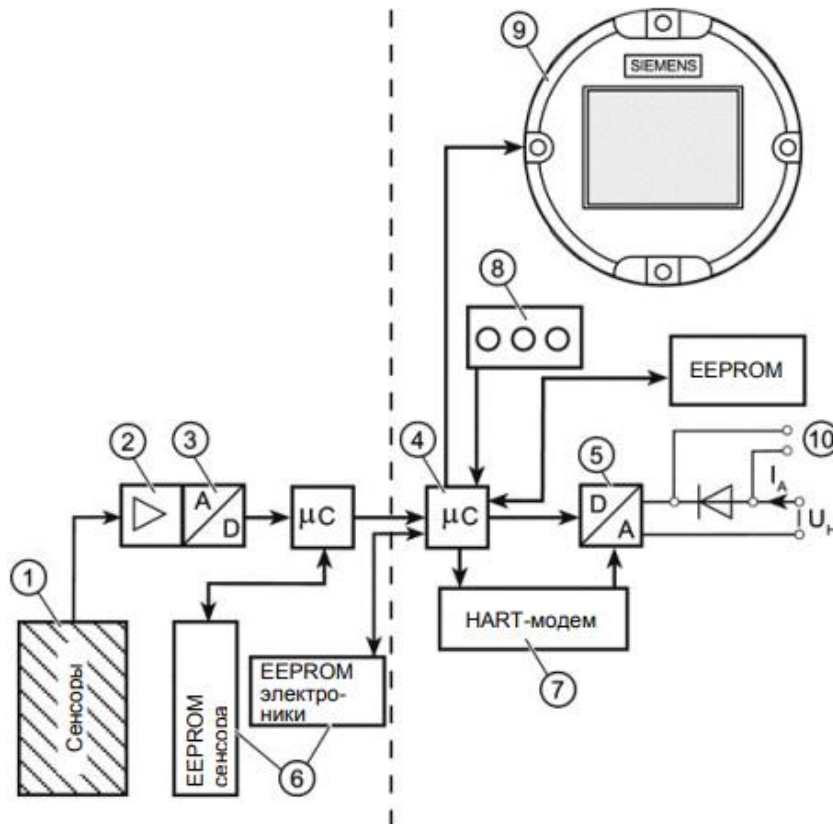


Рис. 3.6. Схема електроніки вимірювальний перетворювач тиску SITRANS P
серія DS III

Таблиця 3.3. Технічні дані SITRANS P, серія DS III

| | |
|-------------------------------------|--|
| Точність | $\leq 0.065 \%$ |
| Довготривала стабільність | $\leq 0.125\%$ за 60 місяців |
| Діапазон вимірювання | від 0-1 мбар до 0-700 бар |
| Сертифікати | наприклад: ATEX EEx ia, EEx ib, захист від вибухонебезпечного пилу, FM, CS |
| Рівень повноти безпеки (SIL) | для використання в додатках SIL2 / 3 згідно IEC 61511 |
| Комунікація | HART, PROFIBUS PA, PROFIsafe або FF |

Датчик рівні

Для вимірювання рівня в випарних установках я використав ємнісний рівнемір NivoCap стк-405-2, котрий працює за двопровідною схемою.

Даний прилад добре адаптований до роботи в стандартних/високотемпературних умовах і чудово виглядає як економне рішення щодо вимірювання рівня в ємностях стандартної форми.

Особливістю рівнемір NivoCap є те, що його потрібно «навчити» роботі у конкретному середовищі виміру, зафіксувавши дві контрольні точки рівня продукту. Рівноміри такого типу мають високий поріг чутливості, що дає їм перевагу перед багатьма іншими приладами, на діапазон вимірювання яких може сильно впливати наявність мертвої зони.

Конструкція приладу не містить особливих надмірностей, що позначається на його вартості. При цьому прилади знаходять застосування у вимірі рівня різних матеріалів.



Рис. 3.7. Зовнішній вигляд ємнісного рівнеміра NivoCap

Принцип роботи даного приладу. Ємнісний датчик рівня побудований на принципі оцінки рівня продукту в резервуарі за допомогою вимірювання електричної ємності свого датчика. Активний зонд приладу і стінка ємності (або заземлений другий зонд, якщо стінка ємності непровідна) утворюють собою пластини конденсатора.

У міру заповнення резервуара продуктом змінюється відносна діелектрична проникність між цими пластинами. Внаслідок цього змінюється і ємність утвореного таким чином конденсатора. У такому разі вихідна ємність конденсатора буде C_0 , а кінцева (при заповненому резервуарі) C_T . Ці дані вимірюються та заносяться в пам'ять приладу під час так званого навчання. Прилад зазначає зміну ємності конденсатора зі збільшенням/зменшенням рівня вимірюваного середовища. Отримане значення пропорційно перетворюється приладом вихідний сигнал. Виходить, що показання приладу щодо зміни рівня продукту та ємності прямо пропорційні.

У ємнісних рівнемірів як один з основних відзначається така гідність, як високий поріг чутливості. Завдяки цій властивості NivoCap проводить якісні вимірювання при низьких значеннях рівня продукту.

За відсутності прямого пропорційного зв'язку між зміною ємності та зміною рівня продукту, може бути застосована 32-точкова лінеаризація. Також прилад може бути запрограмований на обчислення та передачу даних за обсягом та вагою продукту.

Таблиця 3.4. Технічні дані рівнеміра NivoCap

| | |
|--------------------------------------|---|
| Напруга живлення | 12-36 В постійного струму |
| Температура навколишнього середовища | -30...+200 °С |
| Температура процесу | -25...+70°С |
| Тиск | Не більше 40 бар |
| Точність | ±0,3% від довжини зонту |
| Монтаж | ¾" BSP; 1" BSP; 1½" BSP; Triclamp; трубна муфта (DIN 11851); |
| Вихід | 4...20 мА, HART |
| Діапазон виміру | 0,2 — 20 м |

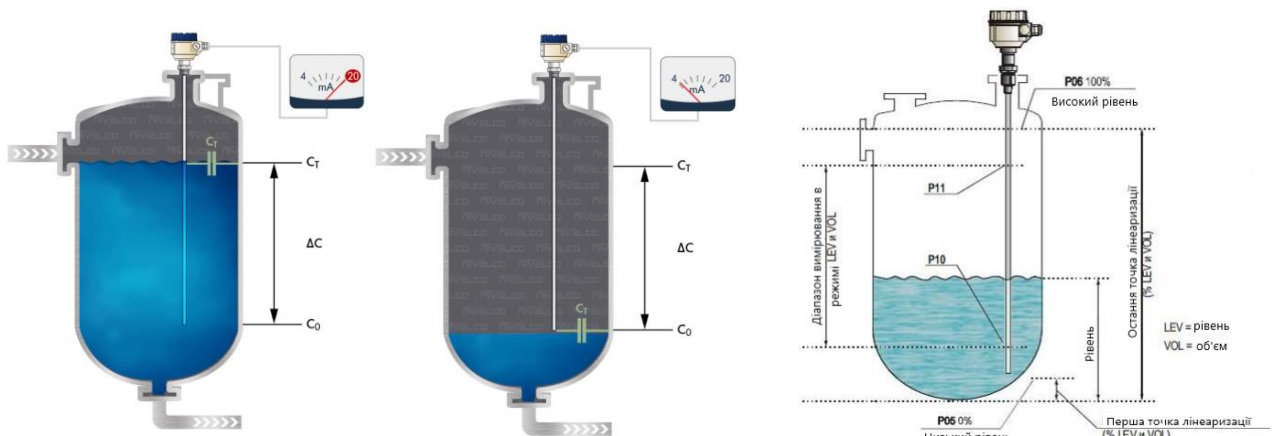


Рис. 3.8. Наочна залежність струмового сигналу відповідно до рівня в ємності

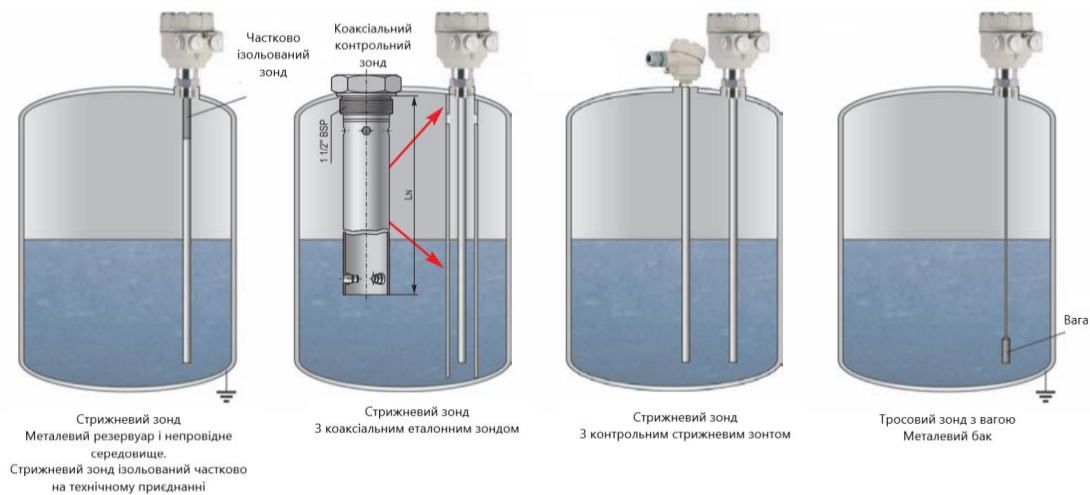


Рис. 3.9. Приклад встановлення ємнісного рівнеміра в резервуарі

Основні функції можна налаштувати за допомогою кнопок програмування. За допомогою дисплея SAP-202 можна здійснити спрощене програмування, яке охоплює повне програмування параметрів.

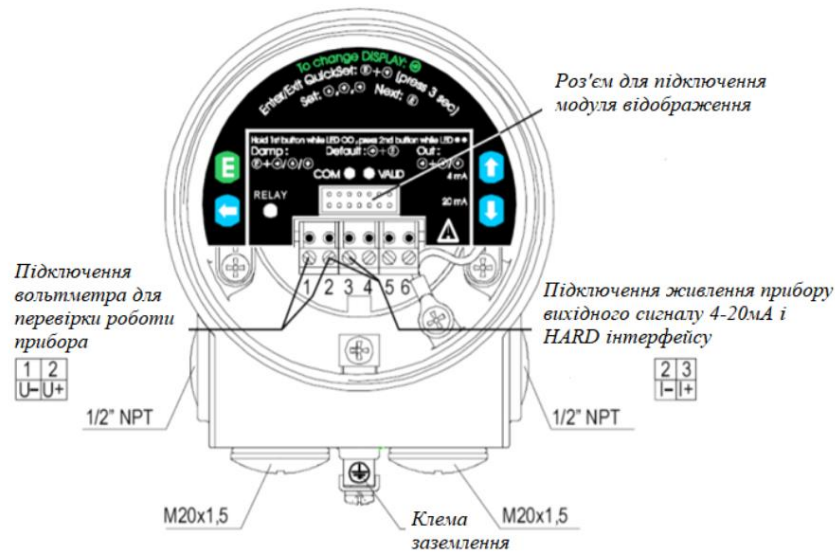


Рис. 3.10. Електрична схема підключення NivoCap СТК-405-2

Цифрова (HART) інформація обробляється, відображається і при необхідності може бути передана через лінію зв'язку RS485 на ПК. Також можливе дистанційне програмування передавачів. Візуалізацію на ПК можна здійснити за допомогою програмного забезпечення візуалізації процесу NIVISION.



Рис. 3.11 Схема з'єднання з ПК

Лічильник потоку з зубчастим колесом

Для вимірювання та контролю витрати в трубопроводах у відділенні випарної установки я використав витратомір-лічильник Kobold DOM з імпульсним виходом.



Рис. 3.12. Зовнішній вигляд витратомір-лічильник Kobold DOM

Принцип роботи даного приладу. Проходження рідини приводить до обертання двох овальних зубчастих роторів в межах вимірювальної камери, і з кожним наступним оборотом через лічильник протікає певний об'єм рідини, котрий є фіксованим.

Магніти, котрі вбудовані в ротори, утворюють на виході імпульс високої роздільної здатності. Даний імпульсний вихід може застосовуватися двома способами: перший - включений безпосередньо в процес управління та моніторингу обладнання, другий – застосований як вхід для встановлення додаткових приладів або приладів, розміщених практично або безпосередньо на лічильник.

Основні перспективи такої технології вимірювання дають змогу здійснювати точні виміри витрати та відпустки більшості чистих рідин, незалежно від їх

провідності з іншими характеристиками рідини, котрі мають мінімальний вплив на лічильник.

Таблиця 3.5. Характеристики Kobold DOM

| Параметри | Значення |
|------------------------|---|
| Точність | $\pm 0,2\%$ від значення |
| Стабільність | В середньому $\pm 0,03\%$ |
| Клас захисту | IP 66/67 |
| Температурний діапазон | $-20 \dots +120 \text{ }^\circ\text{C}$ |
| Кабельне ущільнення | M 20x1.5 (стандарт), 1/2" NPT адаптер (опціонально) |

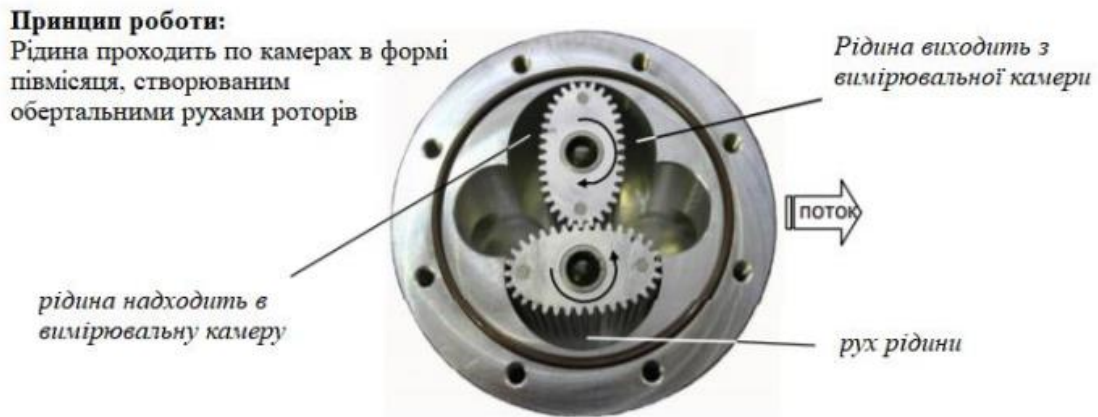


Рис. 3.13. Внутрішня будова Kobold DOM з імпульсним виходом

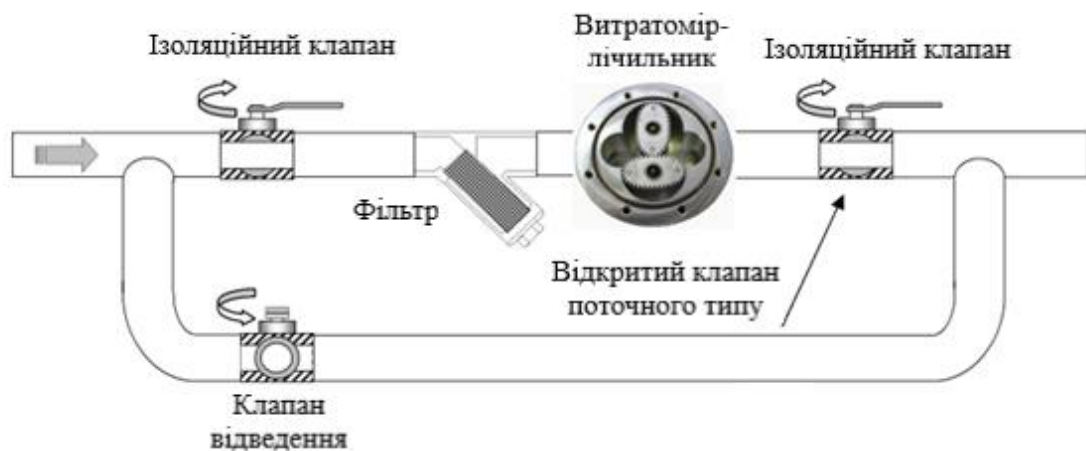


Рис. 3.14. Приклад експлуатації витратоміра-лічильника Kobold DOM

Датчик вмісту сухих речовин

Для вимірювання та контролю значення вмісту сухих речовин після останнього випарного корпусу я використав рефрактометр АТАГО, котрий використовується для оцінки концентрації речовин у потоці безперервним способом.



Рис. 3.15. Зовнішній вигляд рефрактометр PRM-100 alpha

Промисловий рефрактометр PRM-100 alpha складається з двох блоків. Вимірювальний блок встановлюється безпосередньо на трубу та вимірює показник заломлення рідини всередині. Інформація про показник заломлення та температуру передається по каналу RS-485 - блок відображення інформації.

Сигнали, одержувані від вимірювального блоку, як, наприклад, Вгіх і концентрація, конвертуються, піддаються арифметичній обробці (автоматична температурна компенсація) та відображаються на цифровому екрані.

Блок обладнаний виходами для записуючого пристрою та виходами, що передають інформацію про вихід значень за межі заданого діапазону.

З'єднуються два блоки кабелем довжиною 15 метрів або більше.

Принцип роботи даного приладу. Переломлення (рефракція) світла – це феномен, при якому змінюється напрямлення променя світла при його проходженні через середовище, відмінне від початкового середовища поширення.

Метод, реалізований в рефрактометрах АТАГО серій PRM передбачає використання відраженого від об'єкта вилучення. Світло поступає з джерела оптичного зображення, розташованого в вимірювальній секції, проходить через призму, відображається від границі розділу призма-образець, проходить через призму ще раз і потрапляє на приймач оптичного вилучення. Отриманий сигнал конвертується в величину показника перелому.

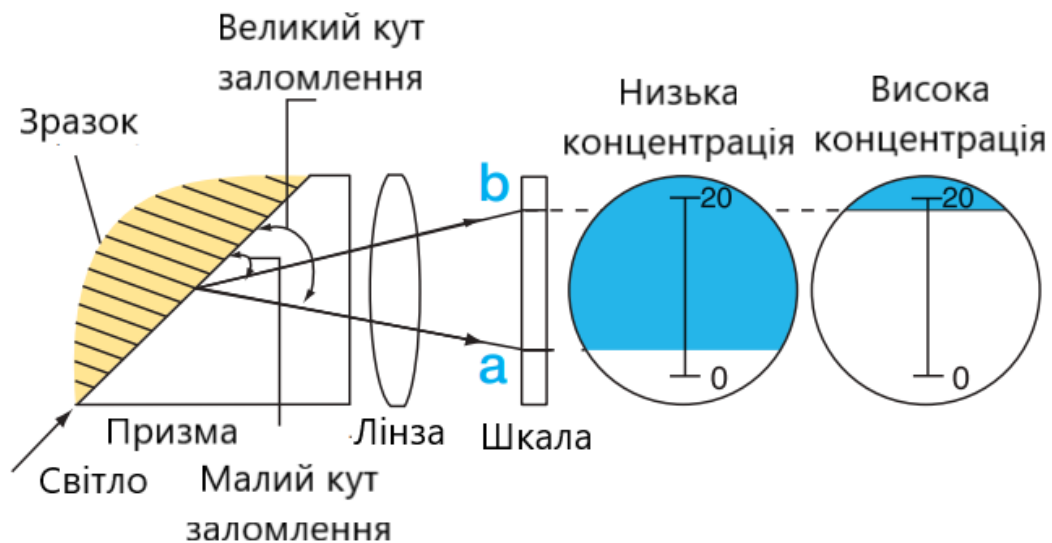


Рис. 3.16. Система проходження світла

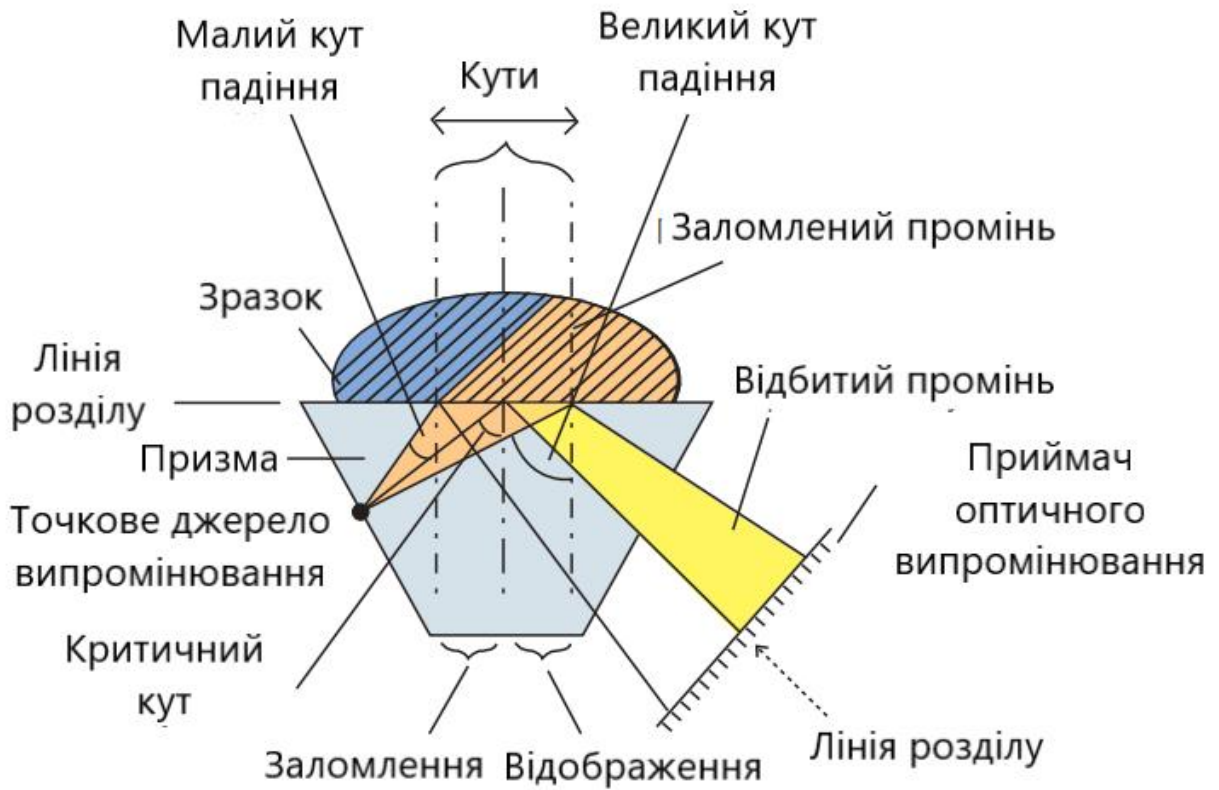


Рис. 3.17. Система відбивання світла

Технологічні рефрактометри незамінні в харчовій промисловості для перевірки фактичної продукції, а також для вимірювання та контролю концентрацій розчини.

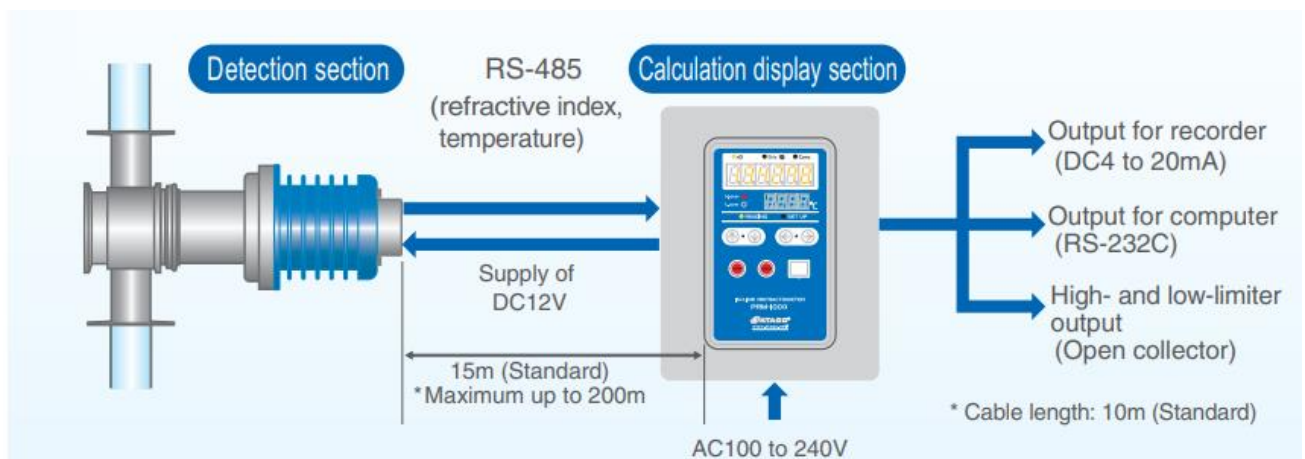


Рис. 3.18. Зображення з'єднання розділу виявлення та розділу відображення результату

Таблиця 3.6. Технічні характеристики рефрактометр PRM-100 alpha

| | |
|--|---|
| Предмети вимірювання | Один із показників заломлення (nD), Brix (температурна компенсація відповідно до розчину сахарози), концентрація (%) (температурна компенсація за зразками) і температура |
| Діапазон вимірювання | Показник заломлення (nD) від 1,32000 до 1,55700, Brix від 0,00 до 100,00% |
| Мінімальна індикація | Показник заломлення (nD) 0,0001 або 0,00001, Brix 0,1% або Brix 0,01% (за вибором) |
| Точність вимірювання | Показник заломлення (nD) $\pm 0,00010$, Brix $\pm 0,05\%$ |
| Налаштування верхнього та нижнього лімітів | Високі та низькі межі контролю можна встановити за допомогою клавіш |
| Елементи відображення | Показник заломлення (nD), Brix, концентрація (%), температура ($^{\circ}\text{C}$) |
| Вихідні елементи | Індекс заломлення (nD), Brix або концентрація (%) і температура ($^{\circ}\text{C}$) |
| Спосіб виведення | RS-232C, DC4 до 20 mA |
| Вихід тривоги | Вихід з відкритим колектором для налаштувань верхнього та нижнього ліміту (вихід тривоги) |
| Блок живлення | Від 100 до 240 В змінного струму, 50/60 Гц |
| Кабель | Розділ виявлення - Розділ відображення розрахунків (живлення 12 В і RS-485) Довжина: стандартна 15м (максимальна до 200м) |
| Стійкість до тиску | 1,0 МПа (секція виявлення) |
| Відносна вологість | від 5 до 40 $^{\circ}\text{C}$, від 30 до 90% відносної вологості |
| Міжнародний клас захисту | Секція виявлення: IP66, Секція дисплея розрахунків: IP65 |
| Розміри та вага | Секція виявлення: 10,8 × 26,6 × 10,8 см, 3,3 кг, секція дисплея розрахунків: 19,2 × 10 × 24 см, 3,3 кг |

Пневматичний клапан

Для регулювання потоку соку по випарних корпусах я застосовую регулюючий клапан BAUMANN серії 24000CVF.

Універсальний прохідний клапан BAUMANN 24000CVF є частиною серії клапанів із ковзним штоком, які можна використовувати для контролю тиску, температури, рівня та витрати.

Будова та структура регулюючого клапана Baumann 24000CVF забезпечує високу продуктивність, через те що вона володіє низькою зоною нечутливості та гістерезис, високу пропускну здатність, відмінні особливості управління, щільне закриття та покращені системи ущільнення для належної відповідності до вимог та умов експлуатації.



Рис. 3.19. Зовнішній вигляд пневматичного клапану Baumann 24000CVF

Основною перевагою застосування в промисловості Ваumann 24000CVF є те, що він має компактну та легку конструкцію, котра допомагає їх реалізувати в трубопровідні системи, в яких простір обмежений.

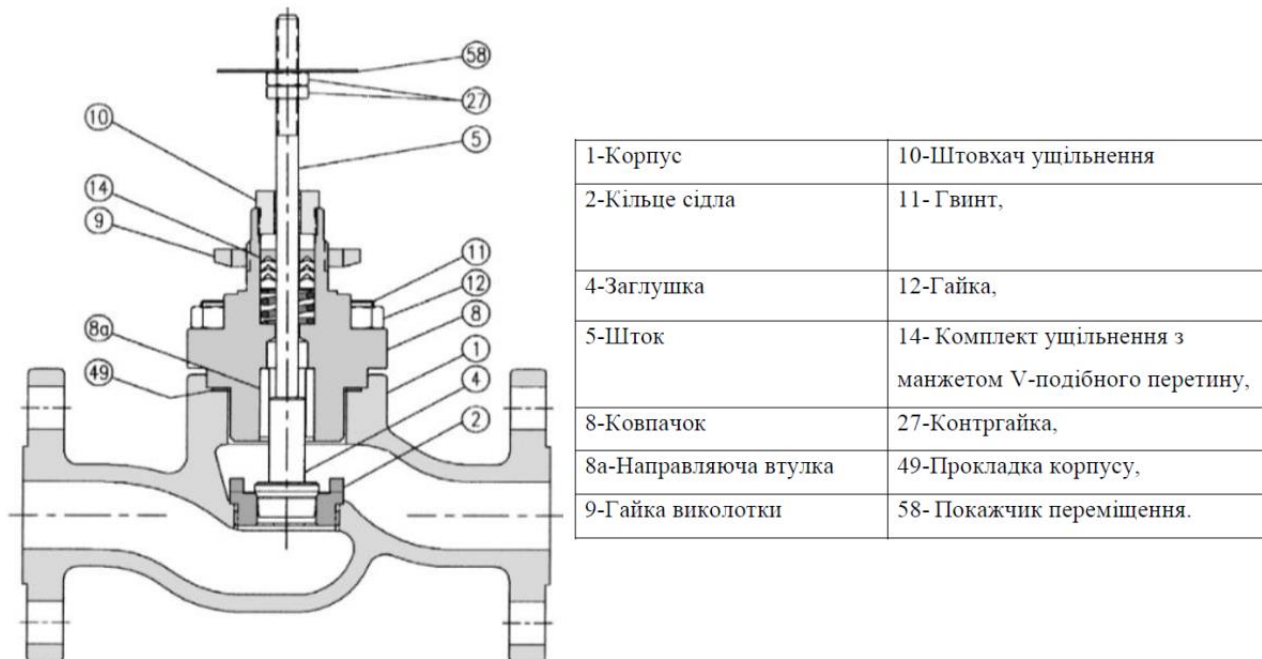


Рис. 3.20. Корпус клапану Ваumann 24000CVF в зборі з стандартним підпружинним ущільнювачем

Особливості Ваumann 24000CVF:

- Компактна та легка конструкція зменшує витрати на встановлені труби.
- Доступні кінцеві з'єднання ASME та EN, які відповідають стандартам трубопроводів.
- Контурна заглушка з повним підйомом, що направляється, дозволяє змивати сміття через корпус клапана.
- Стандартним є аустенітна нержавіюча сталь S31600 та доступна накладка з нержавіючої сталі S41600.
- Для відповідності мінливим вимогам процесу доступні кілька варіантів обробки.

Частотний перетворювач

Перетворювач частоти серії SMD було розроблено задоволення потреб широкого сектора глобального ринку перетворювачів частоти.

Потребами даного сегмента є управління за лінійним чи квадратичним законом скалярного (безвекторного) управління.



Рис. 3.21. Зовнішній вигляд перетворювача частоти Lenze SMD 380 4 кВт
Основні функції та характеристики перетворювачів серії SMD:

- Пуск та регулювання швидкості електродвигуна;
- Реверсивний рух, зупинка, прискорення та уповільнення електродвигуна;
- Компактність, простота конструкції, мала вага;
- Лінійне або квадратичне керування електродвигуном;
- Гальмування електродвигуна - динамічне або постійним струмом.

Основні особливості перетворювачів серії SMD:

- Частота комутації 4, 6, 8 та 10 кГц
- Вільно програмований аналоговий вхід (0-10 В, 0-20 мА, 4-20 мА)
- 2-га рампа розгону/зупинки
- 3 фіксовані частоти, що настраюються
- ПІ-регулятор
- S-крива
- RS-485 (Modbus-RTU), CAN-BUS
- Вихідна частота до 240 Hz – підходить для застосування з високошвидкісними шпинделями
- Унікальний модуль пам'яті ЕРМ
- Компактність
- Дозволяє працювати з двигунами більшої номінальної потужності при меншому навантаженні

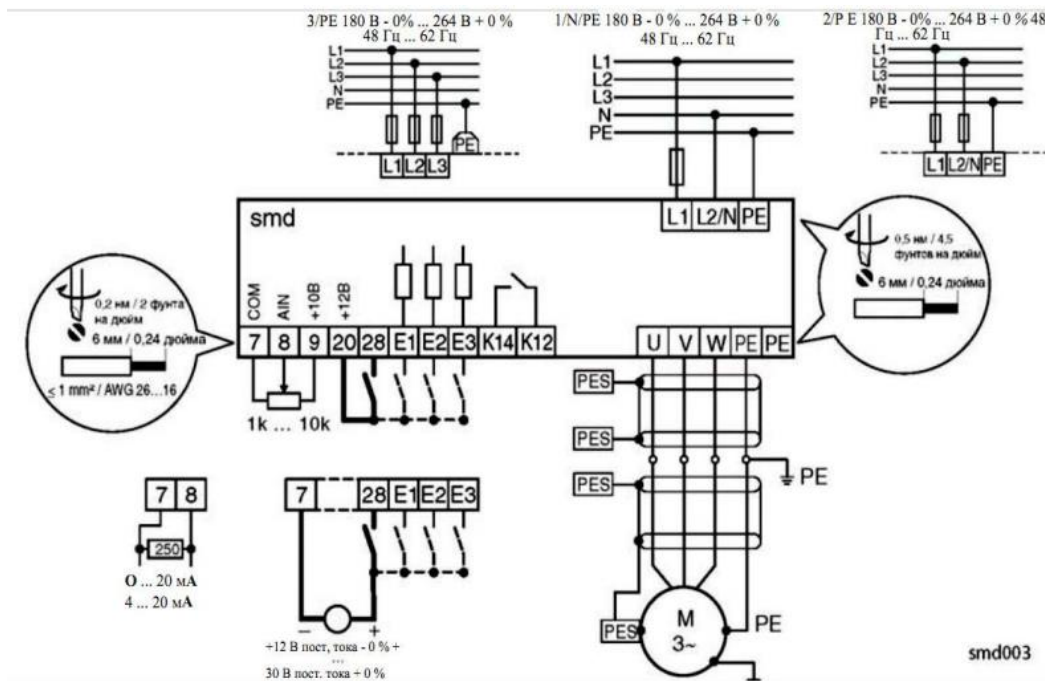


Рис. 3.22. Схема підключення перетворювача частоти Lenze SMD 380 4 кВт

Блок ручного управління

Блок ручного управління БРУ-17 призначений для використання в локальних та комплексних системах промислової автоматизації виробничих процесів як станція ручного управління аналоговими виконавчими механізмами або ручного задатчика аналогових сигналів з індикацією.

Відмінною особливістю блоку БРУ-17 є наявність гальванічної ізоляції між входами, виходами, ланцюгом живлення та інтерфейсом.



Рис. 3.23. Зовнішній вигляд блоку ручного управління БРУ-17

Блок БРУ-17 містить:

1. Один канал вимірювання аналогової величини з індикацією на 4-розрядному семисегментному індикатор.
2. Один аналоговий задатчик.
3. Ручку керування виконавчим механізмом.
4. Зовнішній пульт програмування ПУ-57 (замовляється окремо).
5. Клавiші АВТ та РУЧ для зміни режиму керування – автоматичний або ручний.
6. Блок ручного керування БРУ-107 (БРУ-17) містить реле з блокуванням, яке виконує функцію перемикачів режиму керування.

Перемикач режиму відбувається під час проходження імпульсу постійного струму через відповідне реле. Повторення імпульсу струму по тому ж таки реле, а

також вимикання живлення стан контактів реле не змінюють. Для зміни стану контактів необхідно пропустити імпульс струму з іншого реле. У БРУ-17 використовуються 4 групи реле, що перемикають контактів.

Внутрішня програмна пам'ять блоку БРУ-17 містить велику кількість стандартних функцій необхідних для візуалізації та управління технологічними процесами, а також вирішення більшості інженерних прикладних завдань, наприклад, таких як:

- Порівняння результату перетворення зі вставками MIN, MAX та сигналізацію відхилень.
- Програмне калібрування каналів за зовнішнім зразковим джерелом аналогового сигналу.
- Цифрова фільтрація сигналу
- Масштабування шкал вимірюваних параметрів.
- Витяг квадратного кореня.
- Лінеаризація вимірюваної величини.

Параметри конфігурації блоку ручного управління БРУ-17 зберігаються в незалежній пам'яті, і прилад здатний відновити виконання завдань управління після переривання напруги живлення. Батарея резервного живлення не використовується.

Таблиця 3.7. Технічна характеристика БРУ-17

| Аналогові вхідні сигнали | |
|---|--|
| Кількість аналогових входів | 1 |
| Типи вхідних аналогових сигналів - уніфіковані | 0-5мА ($R_{вх}=400 \text{ Ом}$), 0(4)-20 мА ($R_{вх}=100 \text{ Ом}$), 0-10В ($R_{вх}>25\text{кОм}$) |
| Роздільна здатність АЦП | 16 розрядів |
| Гальванічна ізоляція | Входи гальванічно ізольовані від виходів та інших ланцюгів, напруга гальванічної розв'язки не менше 500 В |
| Межа основної наведеної похибки вимірювання вхідних параметрів | $\leq 0.2 \%$ |
| Межа допустимої додаткової похибки, викликані зміною температури навколишнього середовища | $< 0.2 \%$ / $10 \text{ }^\circ\text{C}$ |
| Період виміру, не більше | 0.1 сек |
| Аналогові вихідні сигнали | |
| Кількість аналогових виходів | 1 |
| Типи вихідних аналогових сигналів | 0-5 мА ($R_{н}\leq 2\text{кОм}$), 0(4)-20 мА ($R_{н}\leq 500 \text{ Ом}$), 0-10В ($R_{н}\geq 2\text{кОм}$) |
| Основна наведена похибка формування вихідного сигналу | $\pm 0,2\%$ |
| Цифрова індикація | |
| Точність індикації | $\pm 0,01\%$ |
| Висота цифр світлодіодних індикаторів | 20 мм |
| Послідовний інтерфейс RS-485 | |
| Тип каналу | синхронний напівдуплексний (прийом та передача йдуть по одній парі проводів з поділом за часом) |
| Кількість приймачів | 32 приймача на одному сегменті |
| Максимальна довжина лінії в межах одного сегмента мережі | 1200 метрів |
| Кількість активних передавачів | 1 (тільки один активний передавач) |
| Максимальна кількість вузлів у мережі | 250 з урахуванням магістральних підсилювачів |
| Вид кабелю | Вита пари, екранована вита пари |
| Гальванічна розв'язка | інтерфейс гальванічно ізольований від інших входів-виходів та решти ланцюгів (напруга гальванічної розв'язки не менше 500 В) |
| Протокол зв'язку | Modbus режим RTU (Remote Terminal Unit) |

Підключення сигналів до БРУ-17 відбувається за рахунок роз'ємів-клем із пружинними з'єднаннями, котрі розміщуються в задній частині даного приладу.

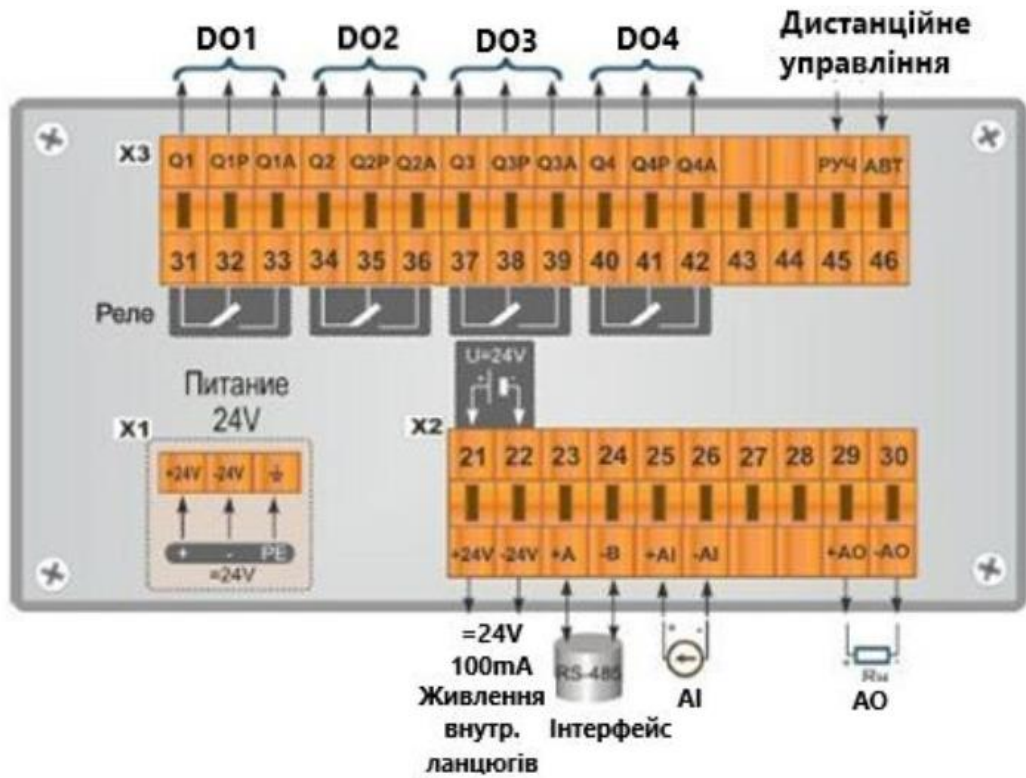


Рис. 3.24. Підключення до БРУ-17

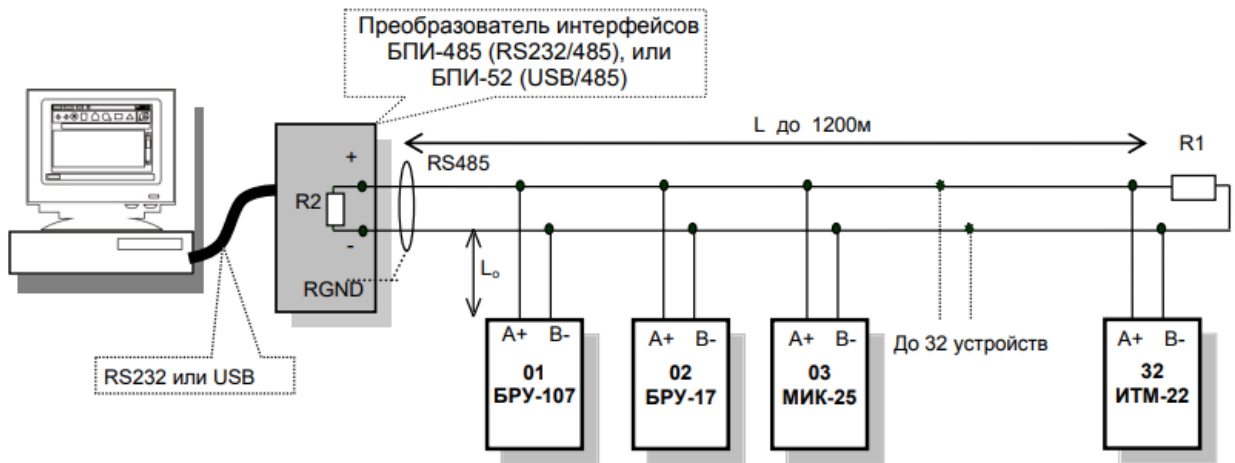


Рис. 3.25. Організація інтерфейсного зв'язку між комп'ютером та блоками або контролерами

Поршневий компресор

Для функціонування всієї пневмосистеми постає необхідність вибрати компресор, котрий би забезпечував потрібний тиск для продуктивної роботи всіх клапанів у зазначеній системі випарної установки.

З огляду на поставлену задачу я обрав Aircast СБ4/С-100.LВ40 – потужний трифазний поршневий компресор для роботи на стиснутому повітрі пневматичними інструментами. Виготовлений із якісних міцних матеріалів, що витримують високі навантаження під тиском до 10 Бар.



Рис. 3.26. Зовнішній вигляд поршневого компресора Aircast
Особливості поршневого компресора Aircast СБ4/С-100.

1. працює від трифазної мережі для професійного використання на станціях тех. обслуговування та в інших сферах;
2. горизонтальний ресивер на 100 літрів;

3. потужний двигун LB40 забезпечує безперебійну подачу повітря на вході 580 на виході до 490 л/хв;
4. вузол насоса виготовлений із міцного чавуну, що забезпечує тривалий термін служби компресора;
5. автоматичний запуск компресора дозволяє працювати пневмоінструментами на постійній основі;
6. зручна рукоятка, а також два великі колеса забезпечують легке переміщення територією, не дивлячись на вагу 100 кг;
7. електричний двигун із захистом від перегріву дозволяє безпечно працювати з компресором довгі роки;
8. габаритні розміри (1130x500x880 мм) не складають труднощів при зберіганні;
9. 3-циліндровий компресор для продуктивної роботи з більшими обсягами повітря.

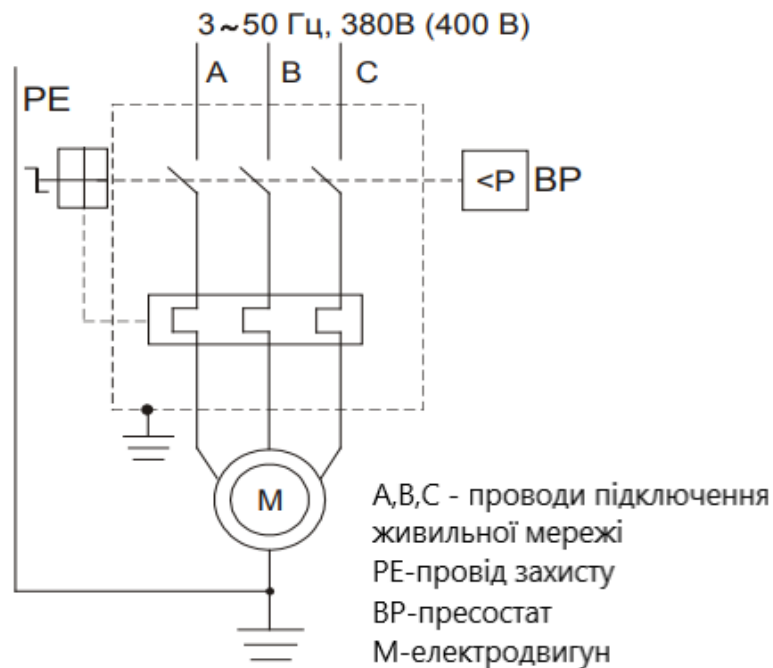


Рис. 3.27. Принципова електрична схема

Електричний трьохфазний двигун

Загальнопромисловий трифазний двигун АІР 132 S8 має потужність 4 кВт і частоту обертання 750 об/хв. Пристрій працює від мережі 220, 380, 660В з частотою 50 або 60 Гц.



Рис. 3.28. Зовнішній вигляд трифазного двигуна АІР 132 S8

Таблиця 3.8. Технічні характеристики двигуна АІР 132 S8

| | | |
|-------------------------------------|---------------|--------------------------------|
| Потужність | P | 4,0 кВт |
| Частота обертання умовна (фактична) | ν | 750 (720) об/хв |
| Напруга (Δ/Y) | U | 380/660 В |
| Сила струму | I | 10,3 А |
| ККД | η | 81,0% |
| Коефіцієнт потужності | $\cos\varphi$ | 0,73 |
| Співвідношення крутних моментів | M_p/M_n | 1,9 |
| Співвідношення крутних моментів | M_{max}/M_n | 2,0 |
| Співвідношення струмів | I_p/I_n | 6,0 |
| Момент інерції | J | 0,0690 кг·м² |
| Рівень шуму | L | 68 дБ(А) |
| Вага | m | 70 кг |

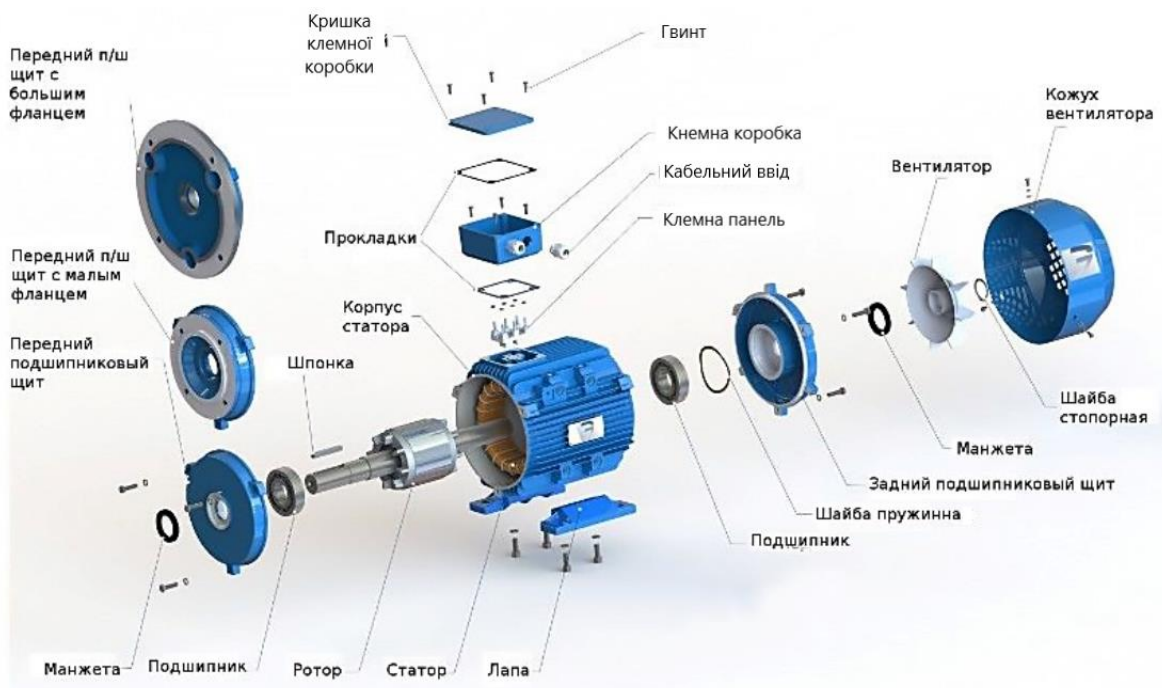


Рис. 3.29. Конструкція асинхронного електричного двигуна

Трифазні асинхронні електродвигуни розраховані на роботу від трифазної мережі змінного струму. Мають більшу продуктивність, ніж однофазні двигуни. Трифазний двигун, монтований з урахуванням підключення до трьох фаз, забезпечує стабільну експлуатацію пристрою.

Передбачено схеми підключення електродвигунів «трикутник» або «зірка», існує і комбіноване підключення "зірка-трикутник".

Схема підключення «зірка»:

Електродвигуни АІР за замовчуванням готові до роботи "зіркою" до мережі 380 Вольт, 660 Вольт. Початок обмоток підключаються до фаз, кінці збирають у загальну точку. Підключення зіркою застосовують для плавного запуску за рахунок зниження пускових струмів.

Недолік при тривалій роботі – двигун працюватиме на 30% менше за паспортну потужність.

Перевага підключення електродвигуна АІР «зіркою»: високий ККД, плавні пуски, допускаються короточасні навантаження, підвищена надійність

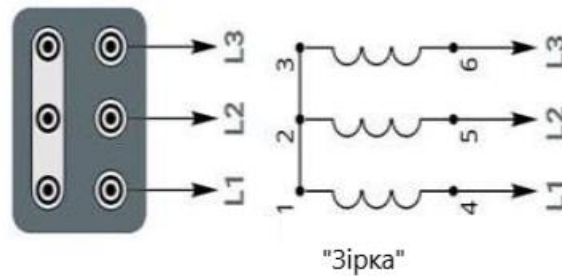


Рис. 3.30. Схема підключення «Зірка»

На бирці електродвигуна вказано " Δ/Y 220/380" або " Δ/Y 380/660" використовують "трикутник", підключають до мережі 380/660 Вольт. Ця схема використовується при підключенні двигуна:

- Виконання 220/380 В до мережі 220 Вольт замість 380 В;
- Виконання 380/660 В до мережі 380 Вольт замість 660 В

При цьому з'єднанні початок кожної обмотки з'єднують з кінцем попередньої обмотки. Кожна обмотка у нас виходить стороною рівностороннього трикутника – звідки й пішла назва.

Перевага – максимальна потужність, покращене тягове зусилля електродвигуна АІР. Недолік для пускового моменту - під час пуску мотора сила струму дуже висока, можливе підгоряння ізоляція обмоток

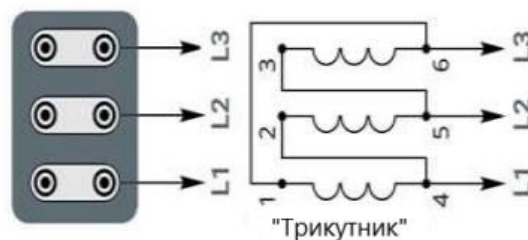


Рис. 3.31. Схема підключення «трикутник»

Схему «зірка-трикутник» застосовують для трифазних двигунів 380/660 Вольт для роботи в мережі 380 Вольт.

Перевага – запобігання виникненню високих пускових струмів, експлуатація з максимальним ККД.

Запуск двигуна виконують зіркою, у робочому режимі перемикають на трикутник. Перемикання виконуються з допомогою магнітного пускача чи пакетного перемикача (К1, К2, К3). Варто враховувати, що комбінована схема застосовується для потужніших двигунів від 100 габариту.

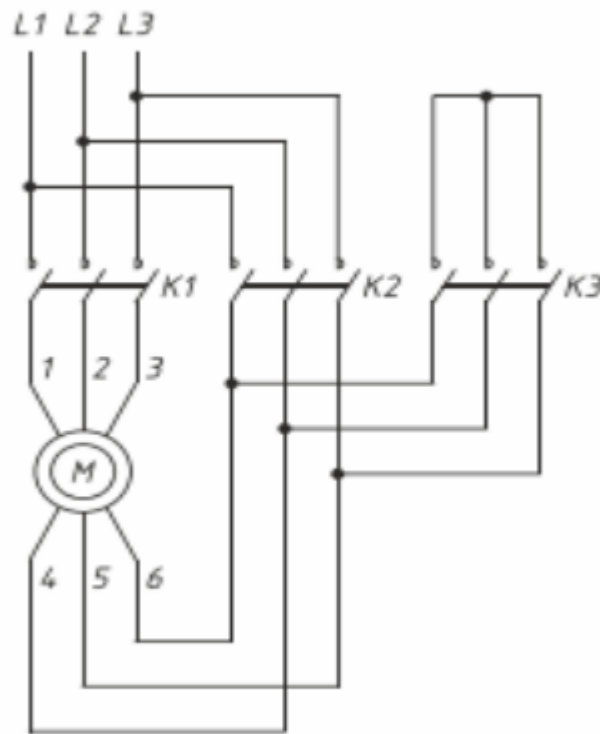


Рис. 3.32. Схема підключення «зірка-трикутник»

Перетворювач електропневматичний

В розробленій схемі автоматизації комплексу цукрового заводу з підсистемою випарної установки я застосував пневмосистему управління регулюючими органами, котрі потребують застосування електропневматичних перетворювачів.

Тому в якості ЕПП я обрав ASCO Numatics Series 617 Sentronic LP, котрий являється, на сьогоднішній день, високоефективний та рентабельний пропорційний клапан з цифровим управлінням, що досконало задовольняють поставленим вимогам регулювання тиску.



Рис. 3.33. Зовнішній вигляд ЕПП Sentronic LP серії 617 ASCO Numatics

Компанія Emerson представила пропорційні клапани регулювання тиску ASCO Numatics Sentronic LP (серія 617) з інтеграцією зв'язку IO-Link для забезпечення економічно ефективного та надійного контролю та діагностики на підтримку практик прогнозного технічного обслуговування.

Використання комунікацій IO-Link для отримання інформації про ці пристрої на виробництві підтримує майбутнє впровадження програм Industry 4.0 і Industrial Internet of Things (IIoT), які сприятимуть підвищенню надійності, доступності та прибутковості заводу.

Універсальні клапани Sentronic LP дозволяють оптимізувати процес незалежно від вимог застосування. Цифрові регулятори тиску Sentronic Plus точно регулюють тиск, потік, силу, швидкість і лінійне або кутове положення.

Вони регулюють тиск до 12 бар (174 psi) і є електромагнітно-сумісними відповідно до Директиви про електромагнітну сумісність (EMC) 2014/30/EU.

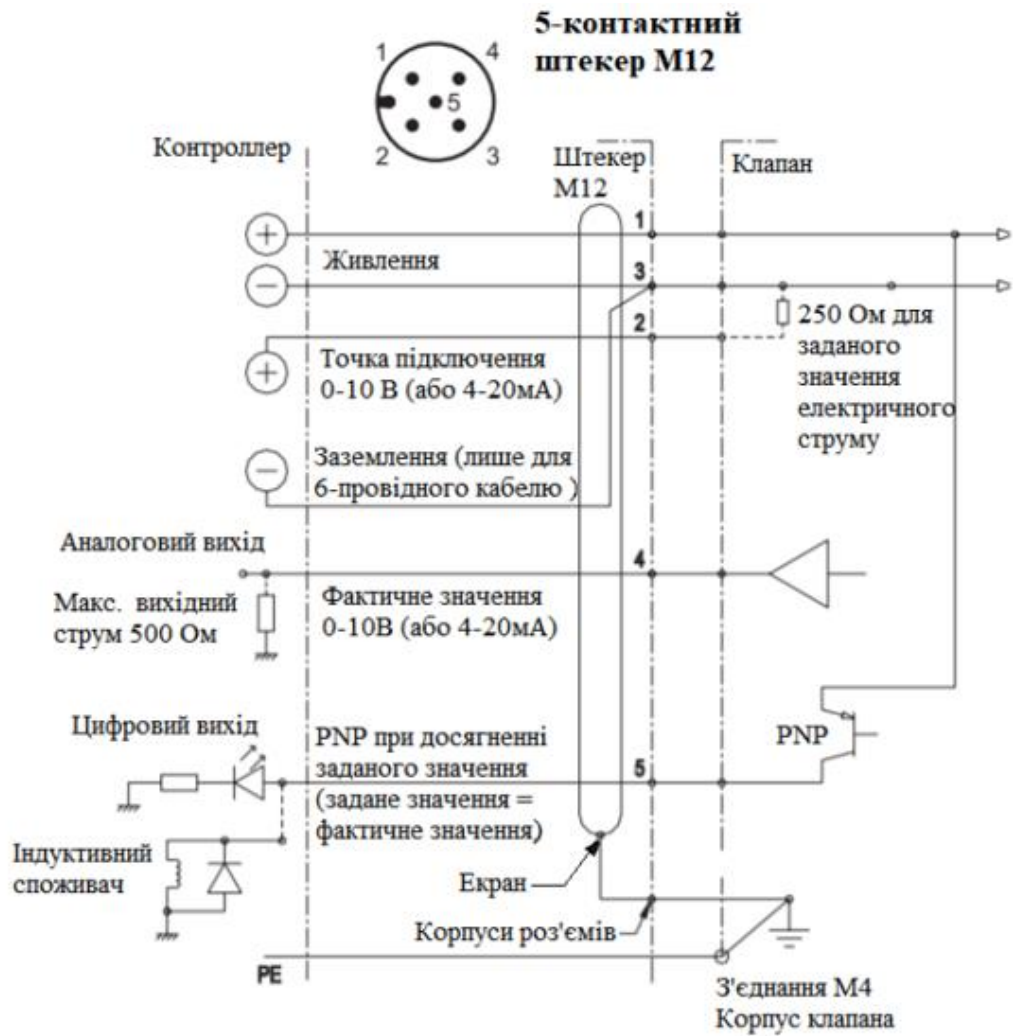


Рис. 3.34. Електричне підключення перетворювача Sentronic LP серії 617 ASCO

Клапан може працювати лише з напругою живлення 24 В постійного струму $\pm 10\%$ і максимальним ефектом пульсацій 10%. (немає живлення через діодний міст). Перевищення напруги або пульсації струму, що перевищують ці межі допуску, можуть призвести до пошкодження електроніка регулятора тиску.

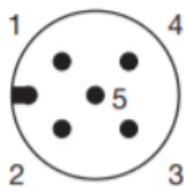
Максимальний струм для реле тиску становить 200 мА / 4,8 Вт (вихід PNP). Вихід захищений від короткого замикання ланцюги та перевантаження.

Якщо реле (індуктивне навантаження) підключено до виходу реле тиску, слід використовувати вільний діод або варистор.

Для захисту від електромагнітних перешкод необхідно використовувати екранований кабель.

Корпус клапана необхідно заземлити за допомогою клеми заземлення (діаметр М4).

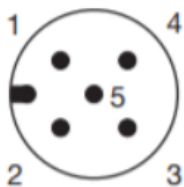
Стандартне аналогове управління



| Pin | Опис | 6-провідний кабель |
|--------|----------------------------------|--------------------|
| 1 | живлення 24 В постійного струму | коричневий |
| 2 | аналоговий вх. заданого значення | білий |
| 3 | постачання загальне | блакитний |
| | аналоговий загальний* | жовтий |
| 4 | аналоговий вихід (зворотній зв.) | чорний |
| 5 | цифровий вихід(реле тиску) | сірий |
| Корпус | екран ЕМС | захист |

*Для довжин кабелів використовується 6-провідний кабель з окремих загальним для командного сигналу більше 2 м, щоб мінімізувати падіння напруги для командного сигналу

Дискретне управління



| Pin | Опис |
|-----|---------------------------------|
| 1 | живлення 24 В постійного струму |
| 2 | вхідний сигнал 1 (LSB) |
| 3 | постачання загальне |
| 4 | вхідний сигнал 2 (MSB) |
| 5 | невикористовується |

Рис. 3.35. Розташування контактів роз'єму Sentronic LP серії 617 ASCO

3.3. Схеми електричні принципові контурів вимірювання, управління та сигналізації

На схемі електричній принциповій контурів вимірювання, управління та сигналізації технологічного комплексу цукрового заводу з підсистемою випарної установки зображено під'єднання вимірювальних приладів та виконавчих механізмів до ПЛК Schneider Electric M340.

В даному підключення я використав один змішаний дискретний модуль входу/виходу BMX DDM 16022, три аналогових вхідних модуля BMX AMI 0810 та один аналоговий вихідний модуль BMX AMO 0802.

Нижче наведені позначення, котрі зображені на даній схемі.

Таблиця 3.9. Нумерація провідників

| Нумерація | Примітка |
|-----------|--|
| 001-021 | відгалуження в котрих проходить пневматичний сигнал від ПЛК Schneider Electric M340 до клапана та електропневматичного перетворювача |
| 100-145 | провідники в котрих протікає сигнал від датчиків до ПЛК Schneider Electric M340 |
| 200-213 | провідників в котрих проходить сигнал управління від ПЛК Schneider Electric M340 до електропневматичних перетворювачів |
| 800-816 | провідників в котрих протікає змінний струм |
| 900-976 | провідників в котрих протікає постійний струм |

Таблиця 3.10. Позначення, котрі присутні на схемі

| Позначення | Примітка |
|---|--|
| Автоматичні вимикачі в силових ланцюгах QF1-QF4 | використовується для включення і відключення певних гілок або для автоматичного відключення у разі короткого замикання |
| Блоки живлення БЖ 24В | використовується для перетворення змінної напруги в постійну для живлення датчиків, кнопок та магнітних пускачів |

3.4. Розширені схеми підключення для окремого контуру

Контур регулювання розрідження в V корпусі випарної станції

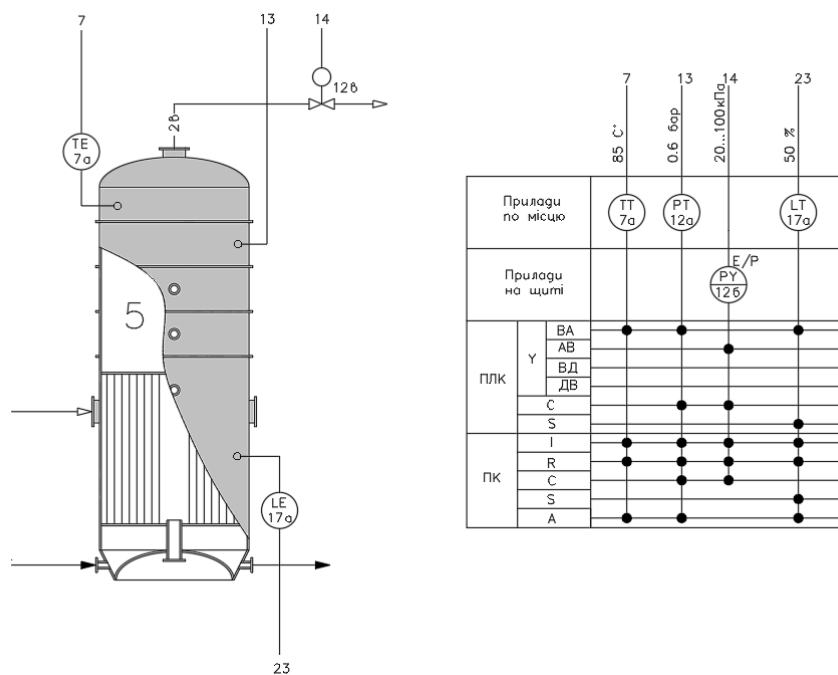


Рис. 3.36. Функціональна схема автоматизації контуру регулювання розрідження в V корпусі випарної станції

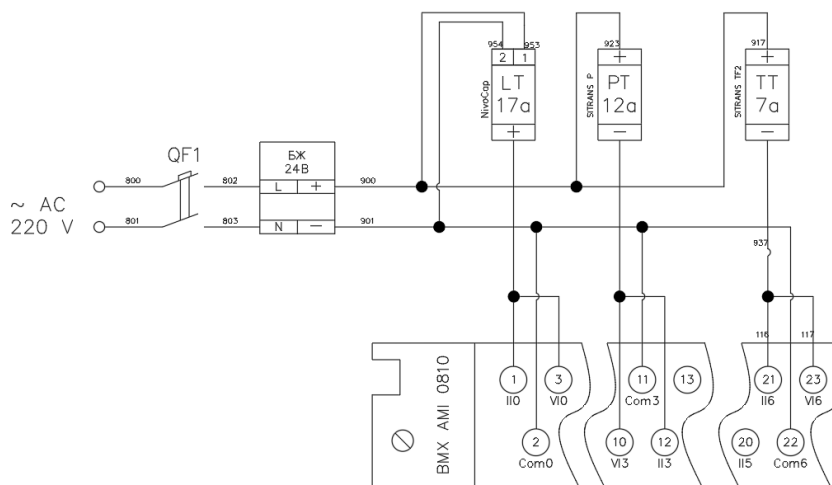


Рис. 3.37. Розширена схема підключення датчика рівня NivoCap СТК-405-2, датчик температури SITRANS TF2 і тиску SITRANS P серія DS III до модуля BMX AMI 0810 ПЛК Schneider Electric M340

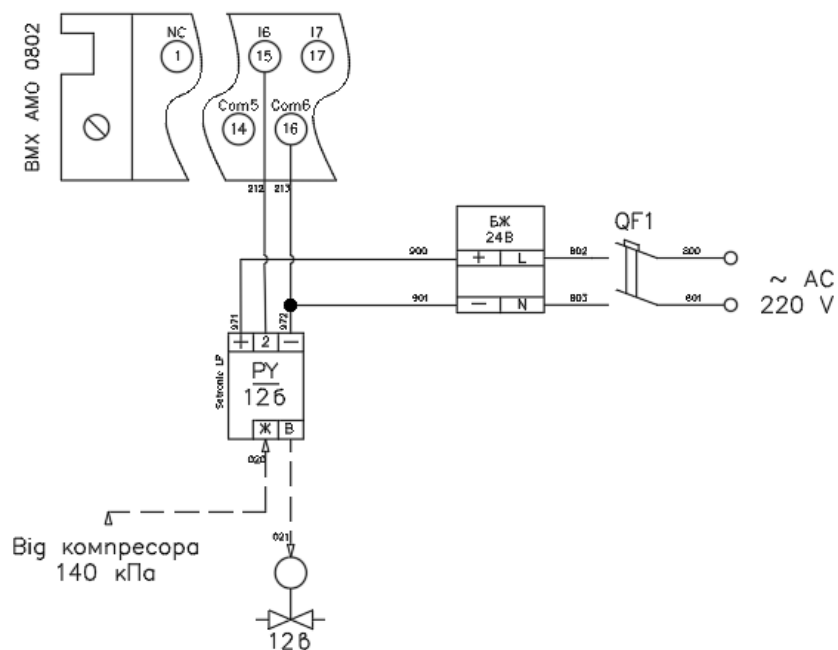


Рис. 3.38. Розширена схема підключення пневматичного клапана до модуля
BMX AMO 0802 ПЛК Schneider Electric M340

Контур регулювання розрідження в V корпусі випарної станції працюю наступним
чином.

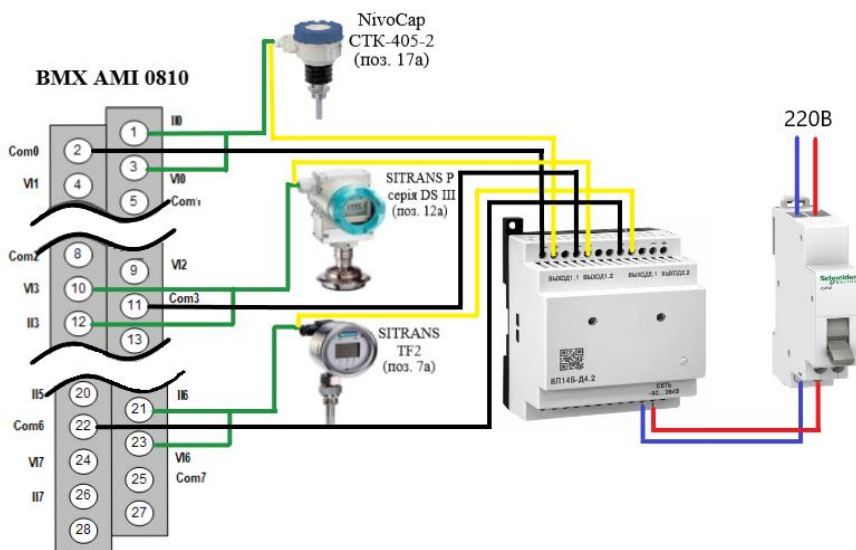


Рис. 3.39. Графічна схема підключення датчика рівня NivoCap СТК-405-2,
датчик температури SITRANS TF2 і тиску SITRANS P серія DS III до модулів
ПЛК Schneider Electric M340

Датчик рівня NivoCap CTK-405-2 (поз. 17а), датчик температури SITRANS TF2 (поз. 7а) і тиску SITRANS P серія DS III (поз.12а) під'єднується за рахунок струмової петлі до вхідного аналогового модуля ВМХ АМІ 0810. Живлення всіх датчиків здійснюється через блок живлення, котрий з'єднується з перемикачем Schneider Electric.

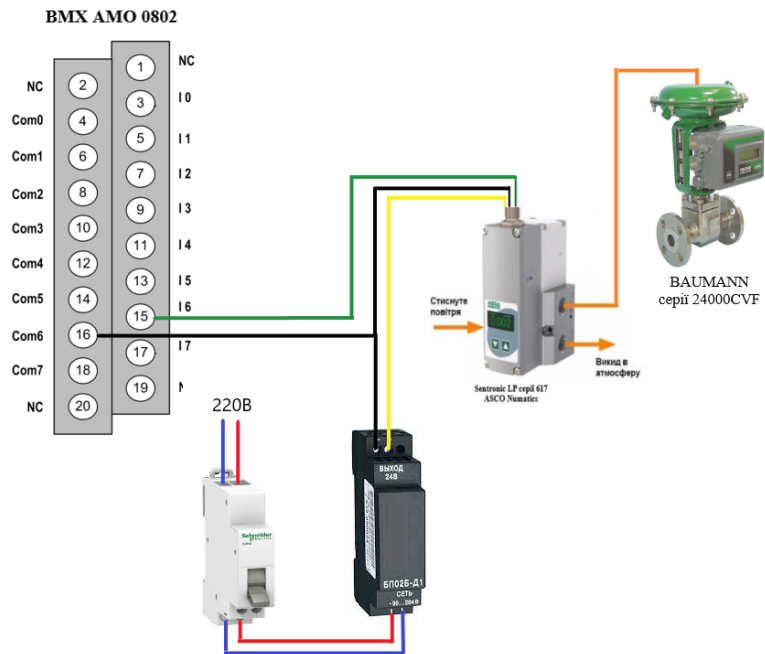


Рис. 3.40. Графічна схема підключення пневматичного клапану до ВМХ АМО 0802 ПЛК Schneider Electric M340

Пневматичний клапан BAUMANN серії 24000CVF (поз. 12в) під'єднується до електропневматичного перетворювача ASCO Numatics Series 617 Sentronic LP (поз. 12б), котрий підключається на 15 та 16 клеми вихідного аналогового модуля ВМХ АМО 0802 та пропорційно обертає уніфікований електричний сигнал 4...20мА на пропорційний пневматичний сигнал 20...100 кПа.

Живлення ЕПП Sentronic LP серії 617 ASCO Numatics відбувається аналогічним чином, як ще описано вище.

3.5. Схема з'єднання та підключення проводок промислових мереж

У кваліфікаційній роботі схеми з'єднань та підключень проводок опрацьовуються для промислових мереж.

Відтворення зв'язків між технічними засобами автоматизації, котрі слугують для обміну інформаційними даними по промисловим мережам справджуються з застосуванням схеми з'єднань та підключень проводок мережі. Відображення таких схем є доступними для читання, із за використання написів на самій схемі.

В таблиці наведені перелік найменувань та кількість елементів, корті позначені на схемі з'єднань проводок промислових мереж.

Таблиця 3.11. Перелік елементів до схеми з'єднань

| Найменування | К-сть | Примітка |
|--|-------|----------|
| Комунікаційні адаптери та карти | | |
| КК ВІП – TSX SCP114 PCMCIA мультипротокольна карта RS-485 | 1 | |
| КМ КХЗ – TWD NOZ 485 T, комунікаційний модуль RS-485 для Twido з підключенням під клемну колодку (PORT2) | 1 | |
| Коробки з'єднувальні | | |
| КC2-1 - TSX SCA 50 з вбудованим термінатором | 3 | |
| Клемні колодки | | |
| ХТ1 (щит RIO1) з прохідними клемами та 3 контакти | 1 | |
| ХТ2 (щит PDS1) з прохідними клемами та 3 контакти | 1 | |
| Мережні з'єднувачі | | |
| ХS1-6 – неекранований RJ-45 типу вишка | 6 | |
| Мережні кабелі | | |
| TSX SCPCM4030 – для підключення TSX SCP114 до MODBUS RTU, 3 м | 2 | |
| TSX PCX1031 – кабель з адаптером RS232-RS485, SUB-D 9 пін з боку RS232, MiniDIN з боку RS485, 2.5 м | 2 | |
| TSX CSA – кабель на базі подвійної екранованої виткої пари | 100м | |
| UTP – UTP кабель 4x2 CAT5e 0,5 мм PVC | 4м | |

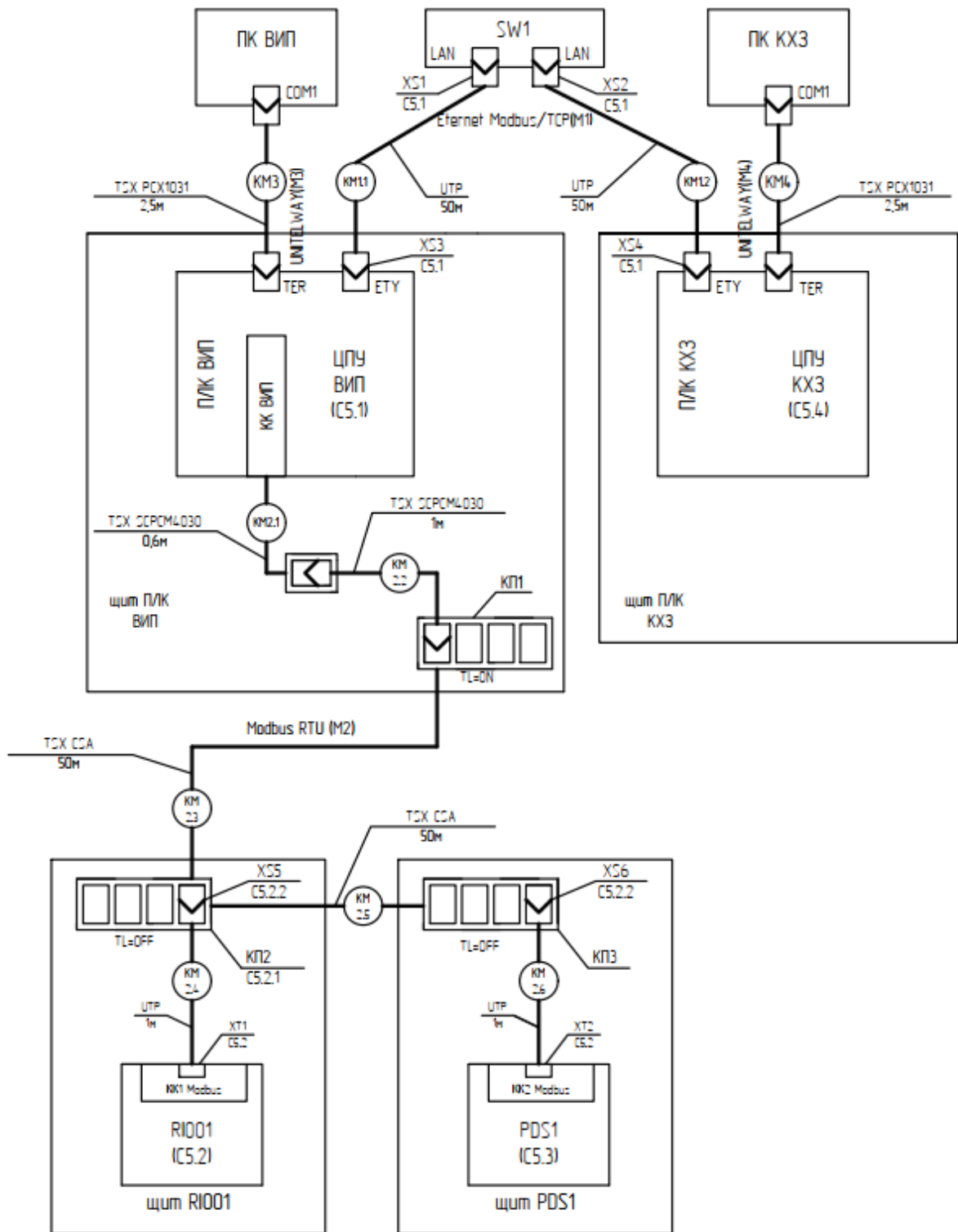


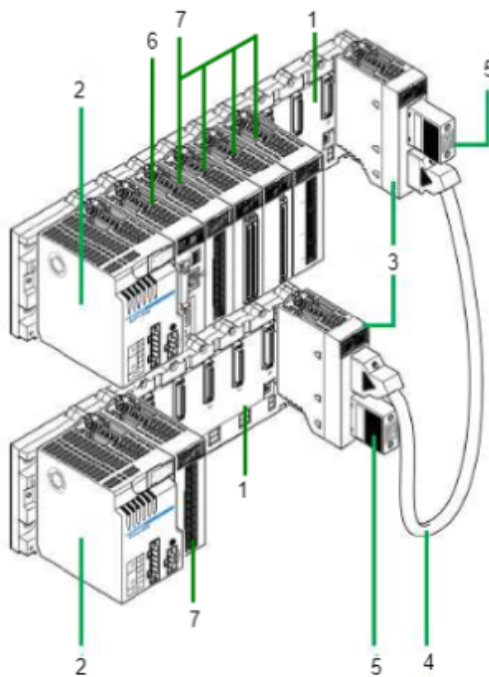
Рис. 3.41. Схема з'єднань проводок промислових мереж

3.6. Схема компонування та специфікація модулів ПЛК

В даному підпункті, котрий стосується вибору промислового логічного контролера та його компонування, я віддав перевагу надійному, потужному та компактному PLC Schneider Electric Modicon M340.

Основні переваги Modicon M340 являються: багатфункціональний ЦПУ, багатозадачна система, USB порт програмування та підключення HMI; два додаткові порти (Ethernet, CANopen, Modbus), пам'ять для програмного коду; пам'ять для резервного копіювання, пам'ять для зберігання файлів; швидкісні рахункові модулі; бібліотека PLC Open; модуль послідовностей вихідних імпульсів; вбудована бібліотека контролю за процесами.

Нижче наведено фізичну структуру Modicon M340.



1. Шасі, на яких встановлюються модулі.
2. Модуль живлення, який обов'язково повинен бути присутнім в кожному шасі, і який встановлюється на спеціально відведеному місці у шасі
3. Модуль розширення для контролерів побудованих на базі декількох шасі.
4. Кабелі розширення BusX, що з'єднує модулі розширення на суміжних шасі.
5. Термінуючі резистори в кінцевих модулях розширення архітектури M340.
6. Процесорний модуль, який обов'язково розміщується в посадочному місці з номером 00 у шасі, яке має номер 0.
7. Модулі вводу/виводу та модулі спеціального призначення, які розміщуються в будь якому посадочному місці.

Рис. 3.42. Фізична структура Modicon M340

Головним елементом будови Modicon M340 являються шасі котрі слугують для виконання наступних функцій: фіксування модулів вводу/виводу, блоку живлення,

центрального процесора; передачу та обмін інформаційними сигналами та даними між відокремленими модулями ПЛК.

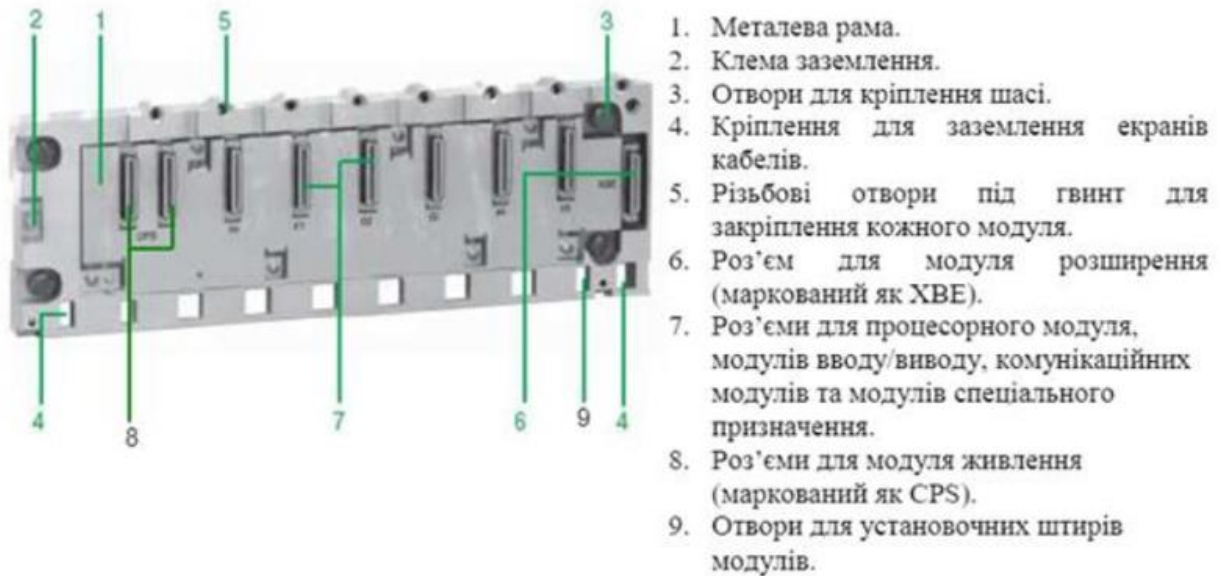


Рис. 3.43. Шасі Modicon M340

Для початку виконання роботи по програмуванню слід вибрати всі потрібні компоненти для цього.

Таблиця 3.12. Вибір модулів

| Модулі вводу/виводу | | Примітка |
|---------------------|-----------|---|
| Найменування | Кількість | |
| BMX P34-2020 | 1 | Процесор |
| BMX CPS 2000 | 1 | Блок живлення |
| BMX NOM 0200 | 1 | Порт BUS MODULE 2 RS485/232 |
| BMX DDM 16022 | 1 | Модуль змішаний дискретний вводу/виводу |
| BMX AMI 0810 | 3 | Модуль аналогових входів |
| BMX AMO 0802 | 1 | Модуль аналогових виходів |

Апаратна конфігурація ПЛК M340 EcoStruxure Control Expert (Unity Pro) наведена нижче.

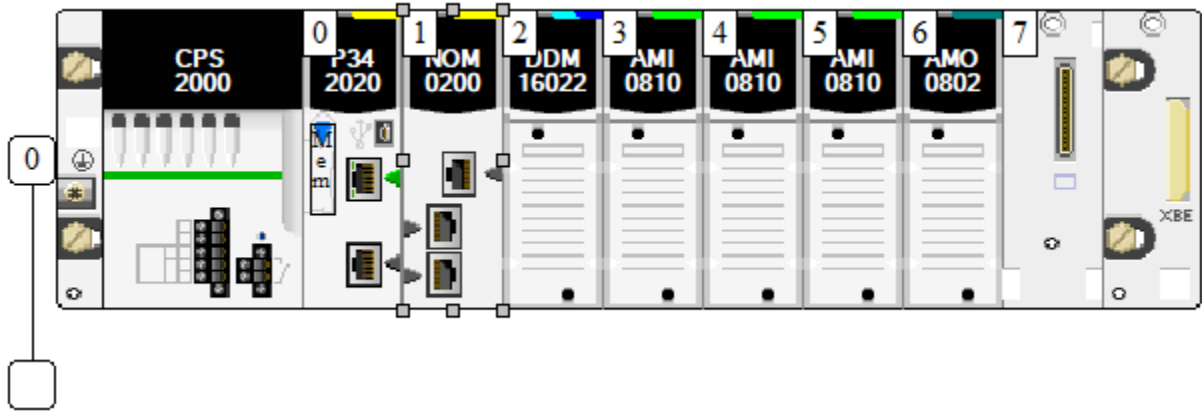


Рис. 3.44. Розташування вибраних модулів на ПЛК М340

Модулі, котрі зазначені вище в таблиці, живляться по внутрішній шині від блок живлення. В мою випадку я обрав ВМХ CPS 2000, котрий добре відповідає вимогам, щодо кількості споживання вибраними мною модулями.



Рис. 3.45. Вигляд модуля ВМХ CPS 2000

Таблиця 3.13. Характеристика потужності модуля живлення

| Потужність | BMX CPS 2000 |
|---|------------------|
| Напруга живлення | 100...240 VAC |
| Загальна корисна потужність (P_{ps}) | 20 Вт |
| Потужність на виході 3V3 ВАС монтажного шасі | 8,3 Вт (2,5 А) |
| Потужність на виході 24V ВАС монтажного шасі | 16,5 Вт (0,7 А) |
| Максимальна сумарна потужність на виходах 3V3 ВАС та 24V ВАС ($P_{3V3, 24V}$) | 16,5 Вт |
| Сумарна корисна потужність на споживання зовнішніми датчиками 24V SENOSRS | 10,8 Вт (0,45 А) |

Кількість спожитої потужності наведено нижче.

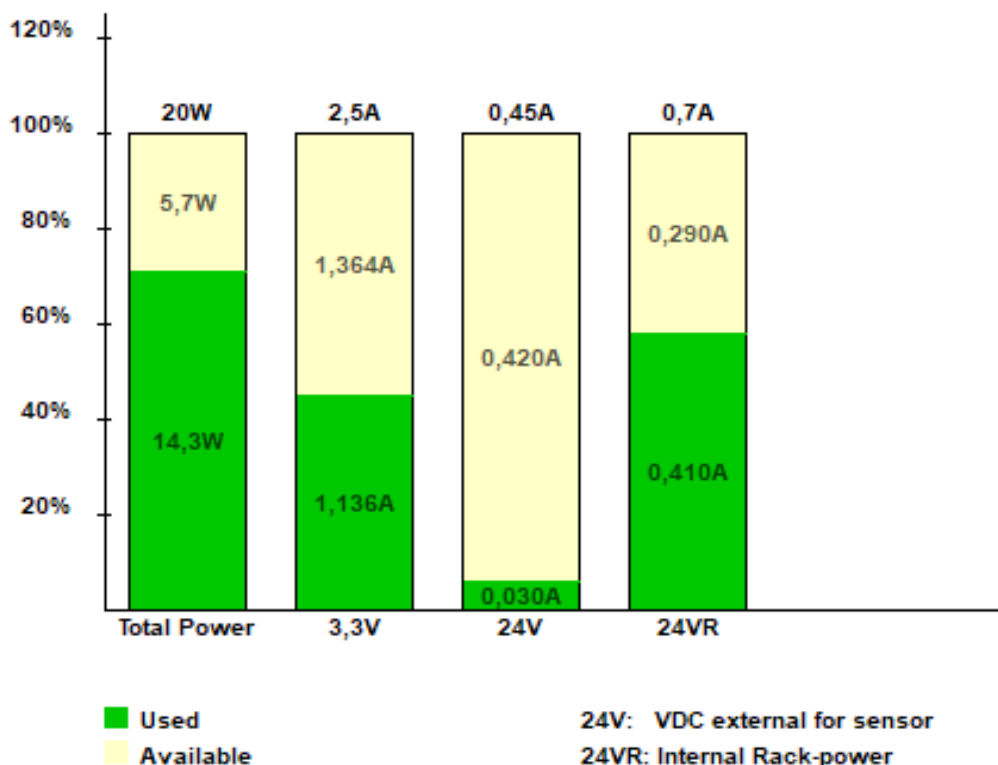


Рис. 3.46. Споживча потужність

За процесорний модуль я використав BMX P34-2020. Він відмінно виконує функціональні можливості, задовольняє задані технічні завдання, швидко обробляє інформацію та забезпечує необхідний обсяг оперативної пам'яті для зберігання.



- 1-гвинт для закріплення модуля на шасі;
- 2-блок індикації;
- 3-рознім USB mini B для підключення терміналу програмування, або засобів SCADA/HMI;
- 4-відсік для карти пам'яті;
- 5-рознім RJ45 для підключення кабелю послідовного інтерфейсу RS-485 та RS-232C, поModbus RTU/ASCII або символного режиму (маркування чорним кольором);
- 6-рознім для підключення кабелю Ethernet TCP/IP 10BASE T/100BASE-TX (маркування зеленим кольором).

Рис. 3.47. Вигляд процесорного модуля BMX P34-2020

Таблиця 3.14. Характеристика BMX P34-2020

| Характеристика | | BMX P34-2020 |
|--------------------------------|---------------------------------|--------------|
| Максимальна кількість | Шасі | 4 |
| | Дискретних входів/виходів | 1024 |
| | Аналогових входів/виходів | 256 |
| | Лічильних каналів | 36 |
| Об'єм RAM | Загальний розмір | 4096 Кб |
| | Для програм, констант, символів | 3584 |
| | Для даних | 256 Кб |
| Максимальна кількість об'єктів | Локальні внутрішні біти %MІ | 32464 |
| | Локальні внутрішні слова %MWI | 32464 |
| | Нелокальні внутрішні змінні | 256 Кб |
| Вбудовані комунікації | Послідовний RS-485/RS-232C | + |
| | Ethernet TCP/IP | + |
| | CANOpen | - |

Для зв'язку між сусідніми станціями випарної установки, в конфігурацію ПЛК я застосував модуль *BMX NOM 0200*, котрий являються портом BUS MODULE 2 RS485/232.



Рис. 3.48. Вигляд модуля *BMX NOM 0200*

Таблиця 3.15. Характеристика *BMX NOM 0200*

| Основні характеристики | |
|--------------------------|--|
| Тип продукту | Модуль послідовного каналу |
| Концепція | Послідовне послання |
| Тип вбудованих клем | RS232 RJ45 115,2 кбіт/с 8 дроти RS485 RJ45 57.6 кбіт/с 1 вита пара |
| Захисне виконання | ТС |
| Допоміжні характеристики | |
| Джерело живлення | Внутрішнє електроживлення через шасі |
| Локальна індикація | Відмова модуля (ERR): 1 світлодіод (червоний) Робота модуля (RUN): 1 світлодіод (зелений) Активність на послідовному каналі (SER COM): 1 світлодіод (зелений) Активність на послідовному каналі (SER COM 1): 1 світлодіод (зелений) |
| Споживчий струм | 80мА у 24 У пост. струм |

Змішаний дискретний модуль входу/виходу має такі характеристики:

| Позначення модуля | Кількість каналів | Характеристика модуля | Підключення |
|-------------------|-------------------|---|-------------------------|
| BMX DDM 16022 | 8 входів | 24 VDC, позитивна логіка | 20-конт. з'ємна кол. |
| | 8 виходів | 24 VDC, захищені, позитивна логіка, 0,5 А | |

Аналогові модуля вводу/виводу мають наступні ознаки:

| Позначення модуля | Кількість каналів | Діапазон сигналу | Характеристики каналів | Підключення |
|---------------------------|-------------------|---|---|-----------------------------|
| Модуль аналогових входів | | | | |
| BMX AMI 0810 | 8 | $\pm 10\text{В}$, 0...10В, 0...5В, 0...20мА, 4...20мА | 16-бітні, ізоляція між каналами, час опитування модуля -9 мс | 28-контактна з'ємна кол. |
| Модуль аналогових виходів | | | | |
| BMX AMO 0802 | 8 | 0...20мА, 4...20мА | 16-бітні, загальна точка | 20-контактна з'ємна кол. |

Розділ 4. Спеціальне завдання

4.1. Опис спеціального програмного забезпечення для мікропроцесорного контролера (алгоритм та програма для ПЛК)

В даному розділі мною було створено алгоритм роботи автоматизованої системи управління технологічним комплексом цукрового заводу з підсистемою випарної установки, котра має таку послідовність виконання дій:

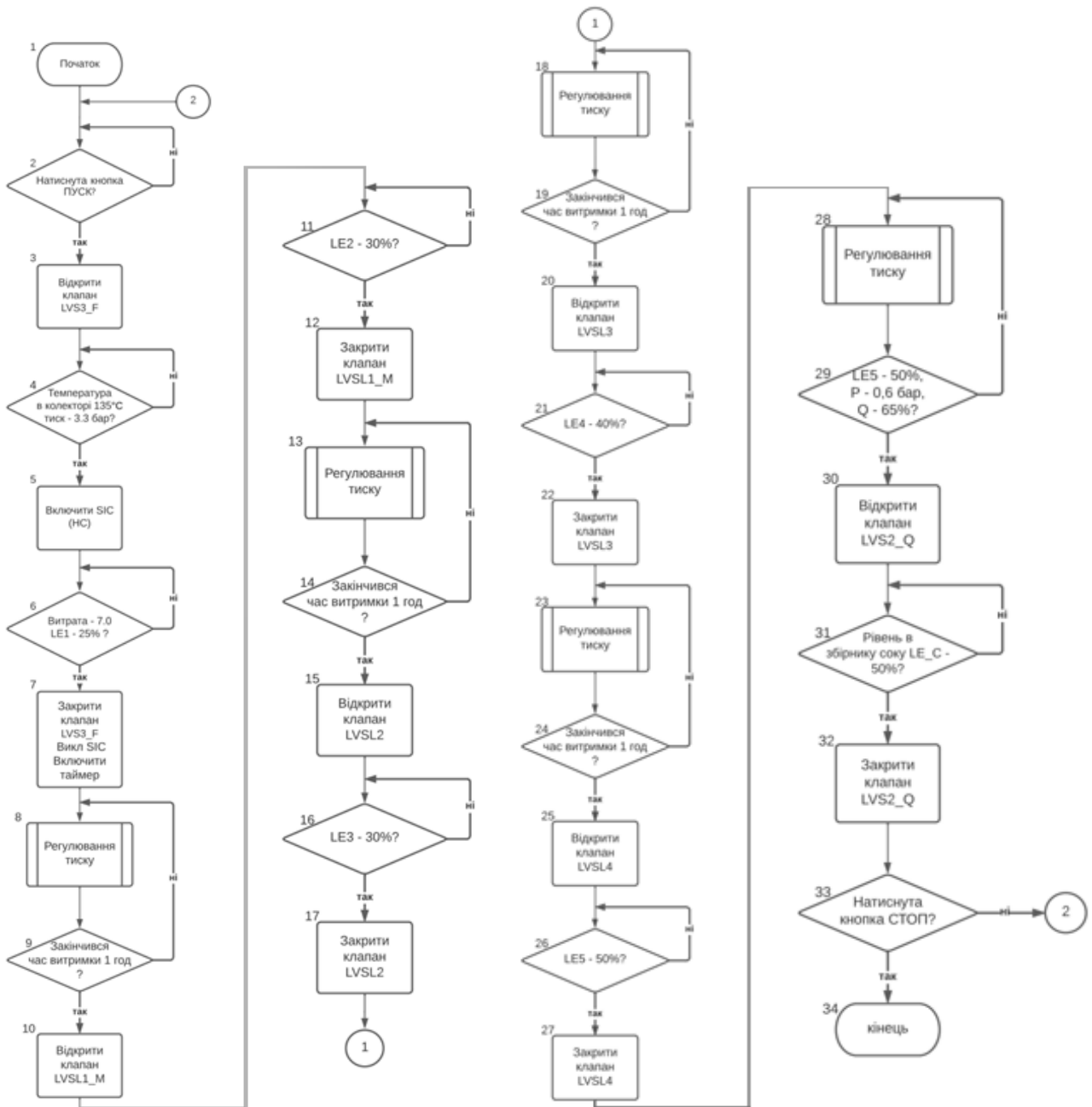


Рис. 4.1. Блок-схема управління процесом випарювання

Відповідно вище зазначеному алгоритму відбувається програмування ПЛК.

Як відмічено раніше, для управління об'єктом, а саме підсистемою випарної установки, потрібно скомпонувати мікропроцесорний контролер у такий спосіб, котрий відповідає вимогам стосовно схеми підключення:

| Назва | Кількість сигналів |
|---------------------------|--------------------|
| Дискретні вхідні сигнали | 2 |
| Дискретні вихідні сигнали | 2 |
| Аналогові вхідні сигнали | 21 |
| Аналогові вихідні сигнали | 7 |

Для структуризації такої конфігурації на базі ПЛК Modicon M340 достатньо обрати:

- один змішаний дискретний модуль входу/виходу BMX DDM 16022;
- три аналогових вхідних модуля BMX AMI 0810;
- один аналоговий вихідний модуль BMX AMO 0802.

Для обраної кількості модулів вводу/виводу достатньо одного шасі на 8 посадочні місця (BMX XBP 0800). Модуль живлення для шасі вибираємо на 220В. Для живлення модулів в шасі достатньо BMX CPS 2000.

Схема компоновки ПЛК показана на рисунку 4.2.

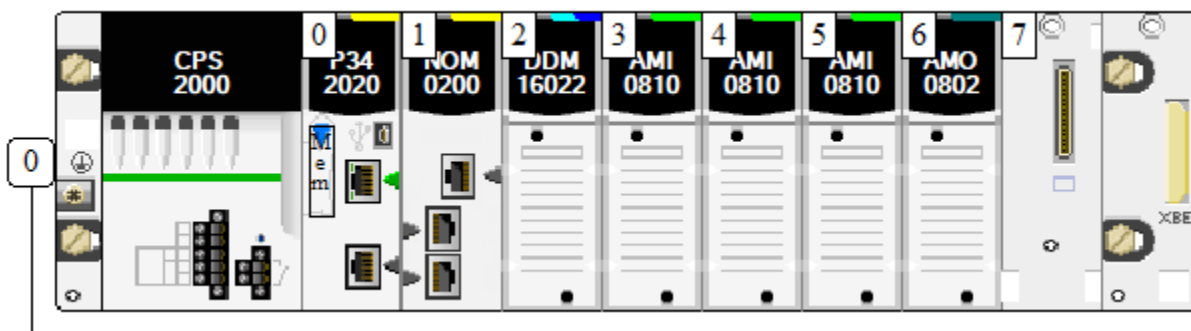


Рис. 4.2. Апаратна конфігурація Modicon M340

Для того, щоб з'єднання провідників до аналогових/дискретних модулів вводу/виводу, потрібно на додаток обрати клемні колодки. Для цього обрали змінний клемник з гвинтовим затискачем ВМХ FTB 2010.

Отже отримаємо ось таку специфікацію засобів автоматизації для ПЛК:

| Поз. | Найменування та технічні характеристики засобу | Тим, марка, позначення документа, листа опитування | Завод – виготовлювач / виробник | Одиниці виміру | Кількість |
|------|---|--|---------------------------------|----------------|-----------|
| 1. | Шасі X80 з Xbus шиною на 8 посадочних місць | ВМХ ХВР 0800 | Schneider Electric , Франція | шт. | 1 |
| 2. | Модуль ЦПУ | ВМХ Р34 2020 | Schneider Electric , Франція | шт. | 1 |
| 3. | Модуль живлення 100...240 VАС, 20Вт | ВМХ СРС 2000 | Schneider Electric , Франція | шт. | 1 |
| 4. | Порт BUS MODULE 2 RS485/232. | ВМХ NОM 0200 | Schneider Electric , Франція | шт. | 1 |
| 5. | Модуль змішаний на 8 входів та 8 виходів | ВМХ DDM 16022 | Schneider Electric , Франція | шт. | 1 |
| 6. | Модуль на 8 аналогових входів | ВМХ АМІ 0810 | Schneider Electric , Франція | шт. | 3 |
| 7. | Модуль на 8 аналогових виходів | ВМХ АМО 0802 | Schneider Electric , Франція | шт. | 1 |
| 8. | 20 контактна з'ємна колодка з гвинтовими зажимами | ВМХ FTB 2010 | Schneider Electric , Франція | шт. | 5 |

Спираючись на це, у програмі EcoStruxure Control Expert створюються змінні вводу/виводу відповідно до завдання.

























| | | | | | |
|---|-------|--|--|--|----------|
|  FE | EBOOL | | | | %I0.2.0 |
|  StopD | EBOOL | | | | %I0.2.3 |
|  PT_K | INT | | | | %IW0.3.0 |
|  TE_K | INT | | | | %IW0.3.1 |
|  TE1 | INT | | | | %IW0.3.2 |
|  TE2 | INT | | | | %IW0.3.3 |
|  TE3 | INT | | | | %IW0.3.4 |
|  TE4 | INT | | | | %IW0.3.5 |
|  TE5 | INT | | | | %IW0.3.6 |
|  PT1 | INT | | | | %IW0.3.7 |
|  PT2 | INT | | | | %IW0.4.0 |
|  PT3 | INT | | | | %IW0.4.1 |
|  PT4 | INT | | | | %IW0.4.2 |
|  PT5 | INT | | | | %IW0.4.3 |
|  TE3_0 | INT | | | | %IW0.3.4 |
|  LE1 | INT | | | | %IW0.4.4 |
|  LE2 | INT | | | | %IW0.4.5 |
|  LE3 | INT | | | | %IW0.4.6 |
|  LE4 | INT | | | | %IW0.4.7 |
|  LE5 | INT | | | | %IW0.5.0 |
|  QT | INT | | | | %IW0.5.1 |
|  LE_C | INT | | | | %IW0.5.2 |
|  PT_S | INT | | | | %IW0.5.3 |
|  TE_S | INT | | | | %IW0.5.4 |

Рис. 4.3. Перелік дискретних/аналогових змінних вводу в EcoStruxure Control Expert











| | | | | | |
|--|-------|--|--|--|----------|
|  LVS2_Q | EBOOL | | | | %Q0.2.17 |
|  LVS3_F | EBOOL | | | | %Q0.2.18 |
|  LVS3_F_0 | EBOOL | | | | %Q0.2.18 |
|  HC | INT | | | | %QW0.6.0 |
|  LVS_P | INT | | | | %QW0.6.1 |
|  LVSL1 | INT | | | | %QW0.6.2 |
|  LVSL2 | INT | | | | %QW0.6.3 |
|  LVSL3 | INT | | | | %QW0.6.4 |
|  LVSL4 | INT | | | | %QW0.6.5 |
|  LVS5_P | INT | | | | %QW0.6.6 |

Рис. 4.4. Перелік дискретних/аналогових змінних виводу в EcoStruxure Control Expert

На зображеннях, котрі знаходяться нижче, вказане вікно конфігурування модулю ЦПУ, дискретних та аналогових модулів входів/виходів.

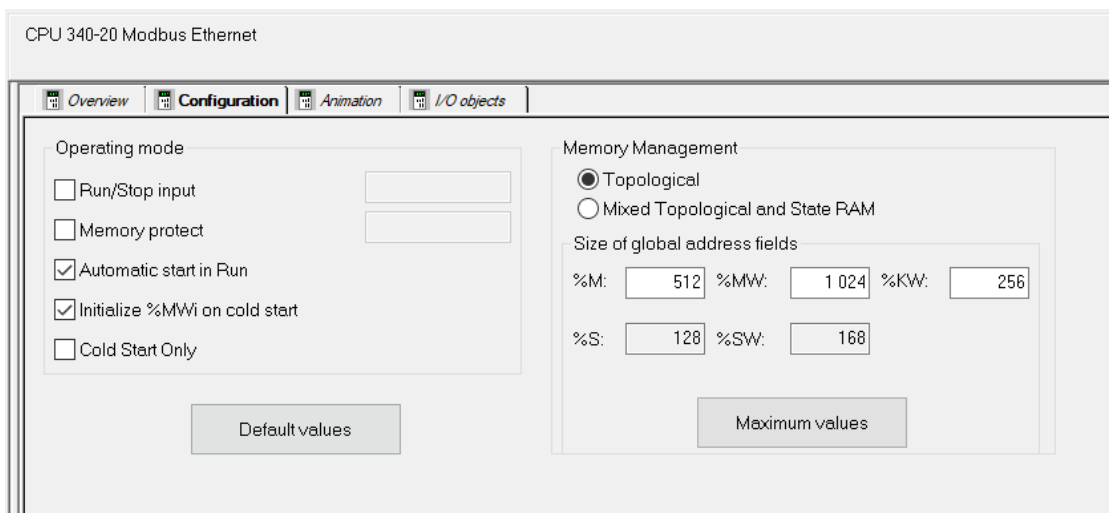


Рис. 4.5. Конфігурування процесорного модуля
Dig 8I 24 Vdc 8Q Source Tr

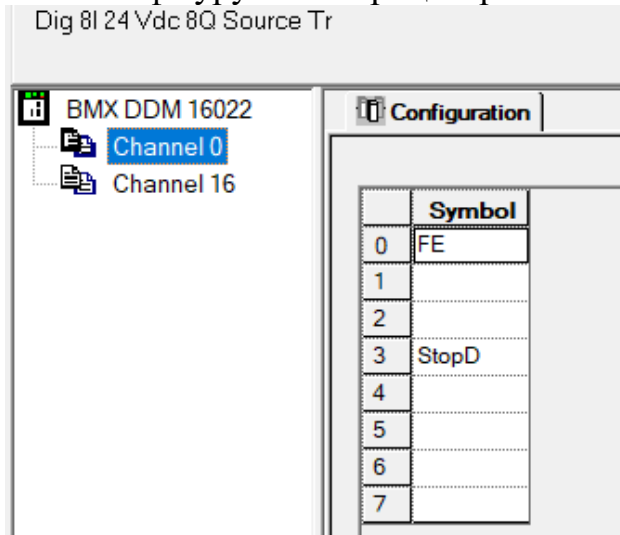


Рис. 4.6. Конфігурування модуля BMX DDM 16022

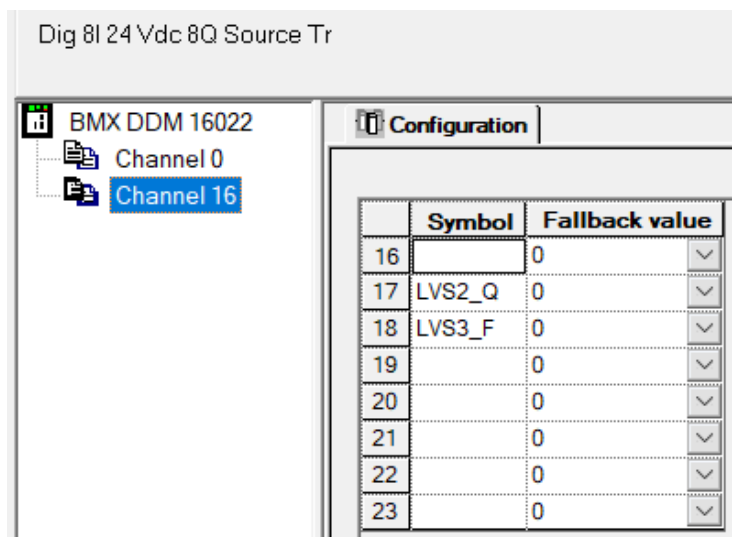


Рис. 4.7. Конфігурування модуля BMX DDM 16022

Ana 8 U/I In Isolated High Speed

Configuration

| | Used | Symbol | Range | Scale | Filter |
|---|-------------------------------------|--------|------------------|-------|--------|
| 0 | <input checked="" type="checkbox"/> | PT_K | 1.5 V / 4..20 mA | %.. | 0 |
| 1 | <input checked="" type="checkbox"/> | TE_K | 1.5 V / 4..20 mA | %.. | 0 |
| 2 | <input checked="" type="checkbox"/> | TE1 | 1.5 V / 4..20 mA | %.. | 0 |
| 3 | <input checked="" type="checkbox"/> | TE2 | 1.5 V / 4..20 mA | %.. | 0 |
| 4 | <input checked="" type="checkbox"/> | TE3 | 1.5 V / 4..20 mA | %.. | 0 |
| 5 | <input checked="" type="checkbox"/> | TE4 | 1.5 V / 4..20 mA | %.. | 0 |
| 6 | <input checked="" type="checkbox"/> | TE5 | 1.5 V / 4..20 mA | %.. | 0 |
| 7 | <input checked="" type="checkbox"/> | PT1 | 1.5 V / 4..20 mA | %.. | 0 |

Рис. 4.8. Конфігурування модуля BMX AMI 0810

Ana 8 U/I In Isolated High Speed

Configuration

| | Used | Symbol | Range | Scale | Filter |
|---|-------------------------------------|--------|------------------|-------|--------|
| 0 | <input checked="" type="checkbox"/> | PT2 | 1.5 V / 4..20 mA | %.. | 0 |
| 1 | <input checked="" type="checkbox"/> | PT3 | 1.5 V / 4..20 mA | %.. | 0 |
| 2 | <input checked="" type="checkbox"/> | PT4 | 1.5 V / 4..20 mA | %.. | 0 |
| 3 | <input checked="" type="checkbox"/> | PT5 | 1.5 V / 4..20 mA | %.. | 0 |
| 4 | <input checked="" type="checkbox"/> | LE1 | 1.5 V / 4..20 mA | %.. | 0 |
| 5 | <input checked="" type="checkbox"/> | LE2 | 1.5 V / 4..20 mA | %.. | 0 |
| 6 | <input checked="" type="checkbox"/> | LE3 | 1.5 V / 4..20 mA | %.. | 0 |
| 7 | <input checked="" type="checkbox"/> | LE4 | 1.5 V / 4..20 mA | %.. | 0 |

Рис. 4.9. Конфігурування модуля BMX AMI 0810

Ana 8 U/I In Isolated High Speed

Configuration

| | Used | Symbol | Range | Scale | Filter |
|---|-------------------------------------|--------|------------------|-------|--------|
| 0 | <input checked="" type="checkbox"/> | LE5 | 1.5 V / 4..20 mA | %.. | 0 |
| 1 | <input checked="" type="checkbox"/> | QT | 1.5 V / 4..20 mA | %.. | 0 |
| 2 | <input checked="" type="checkbox"/> | LE_C | 1.5 V / 4..20 mA | %.. | 0 |
| 3 | <input checked="" type="checkbox"/> | PT_S | 1.5 V / 4..20 mA | %.. | 0 |
| 4 | <input checked="" type="checkbox"/> | TE_S | 1.5 V / 4..20 mA | %.. | 0 |
| 5 | <input checked="" type="checkbox"/> | | +/- 10 V | %.. | 0 |
| 6 | <input checked="" type="checkbox"/> | | +/- 10 V | %.. | 0 |
| 7 | <input checked="" type="checkbox"/> | | 0..10 V | %.. | 0 |

Рис. 4.10. Конфігурування модуля BMX AMI 0810

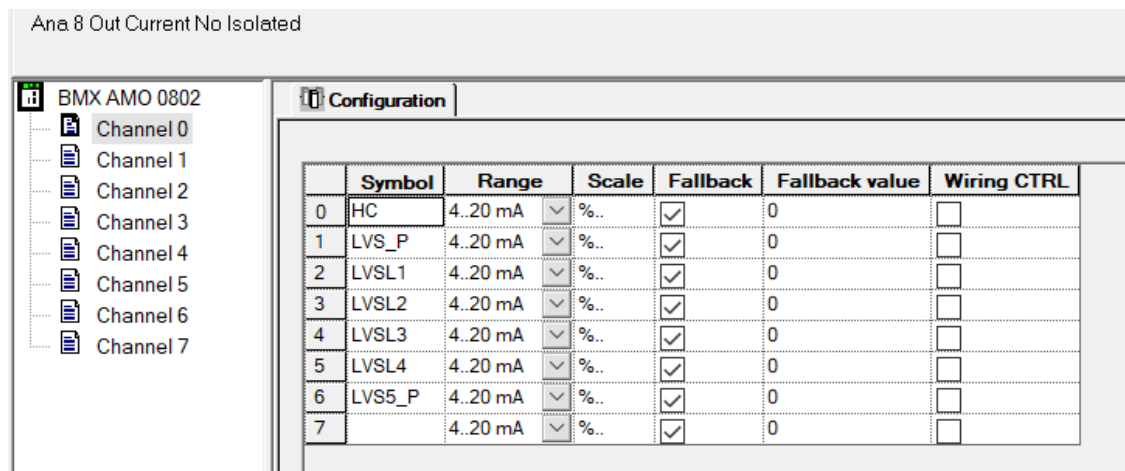


Рис. 4.11. Конфігурування модуля BMX AMO 0802

Технічні змінні. Для приведення вхідних та вихідних сигналів ПЛК до технологічних вимог, необхідно створити технологічні змінні.

| | | | | | |
|----------|------|--------|------|-----------|------|
| FE_M | REAL | QT_M | REAL | manual_HC | REAL |
| HC_M | REAL | TE1_M | REAL | PT1_M | REAL |
| LE1_M | REAL | TE1_SP | REAL | PT1_SP | REAL |
| LE2_M | REAL | TE2_M | REAL | PT2_M | REAL |
| LE3_M | REAL | TE2_SP | REAL | PT2_SP | REAL |
| LE4_M | REAL | TE3_M | REAL | PT3_M | REAL |
| LE5_M | REAL | TE3_SP | REAL | PT3_SP | REAL |
| LE_C_M | REAL | TE4_M | REAL | PT4_M | REAL |
| LVS5_P_M | REAL | TE4_SP | REAL | PT4_SP | REAL |
| LVS_P_M | REAL | TE5_M | REAL | PT5_M | REAL |
| LVSL1_M | REAL | TE5_SP | REAL | PT5_SP | REAL |
| LVSL2_M | REAL | TE_K_M | REAL | PT_K_M | REAL |
| LVSL3_M | REAL | TE_S_M | REAL | PT_S_M | REAL |
| LVSL4_M | REAL | | | | |

Рис. 4.12. Технічні змінні в EcoStruxure Control Expert

Масштабування та перетворення входів/виходів. В означеному підпункті потрібно масштабувати технічні змінні, котрі в свою чергу обробляються в секціях «INPUTS» та «OUTPUTS».

На зображенні, котре зазначено нижче, показана секція «INPUTS» в котрій відображено масштабування вхідних аналогових змінних за рахунок функціонального блоку "SCALING".

```

SCALING_LE_C (IN := INT_TO_REAL (LE_C) ,
              PARA := LE_C_PARA ,
              OUT => LE_C_M) ;

SCALING_LE5 (IN := INT_TO_REAL (LE5) ,
             PARA := LE5_PARA ,
             OUT => LE5_M) ;

SCALING_LE4 (IN := INT_TO_REAL (LE4) ,
             PARA := LE4_PARA ,
             OUT => LE4_M) ;

SCALING_LE3 (IN := INT_TO_REAL (LE3) ,
             PARA := LE3_PARA ,
             OUT => LE3_M) ;

SCALING_LE2 (IN := INT_TO_REAL (LE2) ,
             PARA := LE2_PARA ,
             OUT => LE2_M) ;

SCALING_LE1 (IN := INT_TO_REAL (LE1) ,
             PARA := LE1_PARA ,
             OUT => LE1_M) ;

SCALING_PT5 (IN := INT_TO_REAL (PT5) ,
             PARA := PT5_PARA ,
             OUT => PT5_M) ;

SCALING_PT4 (IN := INT_TO_REAL (PT4) ,
             PARA := PT4_PARA ,
             OUT => PT4_M) ;

```

Рис. 4.13. Масштабування вхідних аналогових сигналів

```

SCALING_PT3 (IN := INT_TO_REAL (PT3) ,
             PARA := PT3_PARA ,
             OUT => PT3_M) ;

SCALING_PT2 (IN := INT_TO_REAL (PT2) ,
             PARA := PT2_PARA ,
             OUT => PT2_M) ;

SCALING_PT1 (IN := INT_TO_REAL (PT1) ,
             PARA := PT1_PARA ,
             OUT => PT1_M) ;

SCALING_TE5 (IN := INT_TO_REAL (TE5) ,
             PARA := TE5_PARA ,
             OUT => TE5_M) ;

SCALING_TE4 (IN := INT_TO_REAL (TE4) ,
             PARA := TE4_PARA ,
             OUT => TE4_M) ;

SCALING_TE3 (IN := INT_TO_REAL (TE3) ,
             PARA := TE3_PARA ,
             OUT => TE3_M) ;

SCALING_TE2 (IN := INT_TO_REAL (TE2) ,
             PARA := TE2_PARA ,
             OUT => TE2_M) ;

SCALING_TE1 (IN := INT_TO_REAL (TE1) ,
             PARA := TE1_PARA ,
             OUT => TE1_M) ;

```

Рис. 4.14. Масштабування вхідних аналогових сигналів

Масштабування за рахунок ФБ SCALING зобов'язує налаштування через змінну типу PARA_SCALE.

























| | | | | |
|--|--------------|---------|----------------------------|--|
| [-]  LE1_PARA | Para_SCALING | | | |
|  in_min | REAL | 0.0 | Lower limit of the inpu... | |
|  in_max | REAL | 10000.0 | Upper limit of the inp... | |
|  out_min | REAL | 0.0 | Lower limit of the outp... | |
|  out_max | REAL | 100.0 | Upper limit of the out... | |
|  clip | BOOL | TRUE | "1": the value of the O... | |
| [-]  LE2_PARA | Para_SCALING | | | |
|  in_min | REAL | 0.0 | Lower limit of the inpu... | |
|  in_max | REAL | 10000.0 | Upper limit of the inp... | |
|  out_min | REAL | 0.0 | Lower limit of the outp... | |
|  out_max | REAL | 100.0 | Upper limit of the out... | |
|  clip | BOOL | TRUE | "1": the value of the O... | |
| [-]  LE3_PARA | Para_SCALING | | | |
|  in_min | REAL | 0.0 | Lower limit of the inpu... | |
|  in_max | REAL | 10000.0 | Upper limit of the inp... | |
|  out_min | REAL | 0.0 | Lower limit of the outp... | |
|  out_max | REAL | 100.0 | Upper limit of the out... | |
|  clip | BOOL | TRUE | "1": the value of the O... | |
| [-]  LE4_PARA | Para_SCALING | | | |
|  in_min | REAL | 0.0 | Lower limit of the inpu... | |
|  in_max | REAL | 10000.0 | Upper limit of the inp... | |
|  out_min | REAL | 0.0 | Lower limit of the outp... | |
|  out_max | REAL | 100.0 | Upper limit of the out... | |
|  clip | BOOL | TRUE | "1": the value of the O... | |

Рис. 4.15. Налаштування PARA_SCALE відповідно завданню

























| | | | | |
|---|--------------|---------|----------------------------|--|
| [-]  LE5_PARA | Para_SCALING | | | |
|  in_min | REAL | 0.0 | Lower limit of the inpu... | |
|  in_max | REAL | 10000.0 | Upper limit of the inp... | |
|  out_min | REAL | 0.0 | Lower limit of the outp... | |
|  out_max | REAL | 100.0 | Upper limit of the out... | |
|  clip | BOOL | TRUE | "1": the value of the O... | |
| [-]  LE_C_PARA | Para_SCALING | | | |
|  in_min | REAL | 0.0 | Lower limit of the inpu... | |
|  in_max | REAL | 10000.0 | Upper limit of the inp... | |
|  out_min | REAL | 0.0 | Lower limit of the outp... | |
|  out_max | REAL | 100.0 | Upper limit of the out... | |
|  clip | BOOL | TRUE | "1": the value of the O... | |
| [-]  PT1_PARA | Para_SCALING | | | |
|  in_min | REAL | 0.0 | Lower limit of the inpu... | |
|  in_max | REAL | 10000.0 | Upper limit of the inp... | |
|  out_min | REAL | 0.0 | Lower limit of the outp... | |
|  out_max | REAL | 6.0 | Upper limit of the out... | |
|  clip | BOOL | TRUE | "1": the value of the O... | |
| [-]  PT2_PARA | Para_SCALING | | | |
|  in_min | REAL | 0.0 | Lower limit of the inpu... | |
|  in_max | REAL | 10000.0 | Upper limit of the inp... | |
|  out_min | REAL | 0.0 | Lower limit of the outp... | |
|  out_max | REAL | 6.0 | Upper limit of the out... | |
|  clip | BOOL | TRUE | "1": the value of the O... | |

Рис. 4.16. Налаштування PARA_SCALE відповідно завданню

























| | | | | |
|---|--------------|---------|----------------------------|--|
| [-]  PT3_PARA | Para_SCALING | | | |
|  in_min | REAL | 0.0 | Lower limit of the inpu... | |
|  in_max | REAL | 10000.0 | Upper limit of the inp... | |
|  out_min | REAL | 0.0 | Lower limit of the outp... | |
|  out_max | REAL | 6.0 | Upper limit of the out... | |
|  clip | BOOL | TRUE | "1": the value of the O... | |
| [-]  PT4_PARA | Para_SCALING | | | |
|  in_min | REAL | 0.0 | Lower limit of the inpu... | |
|  in_max | REAL | 10000.0 | Upper limit of the inp... | |
|  out_min | REAL | 0.0 | Lower limit of the outp... | |
|  out_max | REAL | 6.0 | Upper limit of the out... | |
|  clip | BOOL | TRUE | "1": the value of the O... | |
| [-]  PT5_PARA | Para_SCALING | | | |
|  in_min | REAL | 0.0 | Lower limit of the inpu... | |
|  in_max | REAL | 10000.0 | Upper limit of the inp... | |
|  out_min | REAL | 0.0 | Lower limit of the outp... | |
|  out_max | REAL | 6.0 | Upper limit of the out... | |
|  clip | BOOL | TRUE | "1": the value of the O... | |
| [-]  PT_K_PARA | Para_SCALING | | | |
|  in_min | REAL | 0.0 | Lower limit of the inpu... | |
|  in_max | REAL | 10000.0 | Upper limit of the inp... | |
|  out_min | REAL | 0.0 | Lower limit of the outp... | |
|  out_max | REAL | 6.0 | Upper limit of the out... | |
|  clip | BOOL | TRUE | "1": the value of the O... | |

Рис. 4.17. Налаштування PARA_SCALE відповідно завданню

























| | | | | |
|---|--------------|---------|----------------------------|--|
| [-]  PT_S_PARA | Para_SCALING | | | |
|  in_min | REAL | 0.0 | Lower limit of the inpu... | |
|  in_max | REAL | 10000.0 | Upper limit of the inp... | |
|  out_min | REAL | 0.0 | Lower limit of the outp... | |
|  out_max | REAL | 6.0 | Upper limit of the out... | |
|  clip | BOOL | TRUE | "1": the value of the O... | |
| [-]  QT_PARA | Para_SCALING | | | |
|  in_min | REAL | 0.0 | Lower limit of the inpu... | |
|  in_max | REAL | 10000.0 | Upper limit of the inp... | |
|  out_min | REAL | 0.0 | Lower limit of the outp... | |
|  out_max | REAL | 100.0 | Upper limit of the out... | |
|  clip | BOOL | TRUE | "1": the value of the O... | |
| [-]  TE1_PARA | Para_SCALING | | | |
|  in_min | REAL | 0.0 | Lower limit of the inpu... | |
|  in_max | REAL | 10000.0 | Upper limit of the inp... | |
|  out_min | REAL | 0.0 | Lower limit of the outp... | |
|  out_max | REAL | 200.0 | Upper limit of the out... | |
|  clip | BOOL | TRUE | "1": the value of the O... | |
| [-]  TE2_PARA | Para_SCALING | | | |
|  in_min | REAL | 0.0 | Lower limit of the inpu... | |
|  in_max | REAL | 10000.0 | Upper limit of the inp... | |
|  out_min | REAL | 0.0 | Lower limit of the outp... | |
|  out_max | REAL | 200.0 | Upper limit of the out... | |
|  clip | BOOL | TRUE | "1": the value of the O... | |

Рис. 4.18. Налаштування PARA_SCALE відповідно завданню

























| | | | | |
|---|--------------|---------|----------------------------|--|
| [-]  TE3_PARA | Para_SCALING | | | |
|  in_min | REAL | 0.0 | Lower limit of the inpu... | |
|  in_max | REAL | 10000.0 | Upper limit of the inp... | |
|  out_min | REAL | 0.0 | Lower limit of the outp... | |
|  out_max | REAL | 200.0 | Upper limit of the out... | |
|  clip | BOOL | TRUE | "1": the value of the O... | |
| [-]  TE4_PARA | Para_SCALING | | | |
|  in_min | REAL | 0.0 | Lower limit of the inpu... | |
|  in_max | REAL | 10000.0 | Upper limit of the inp... | |
|  out_min | REAL | 0.0 | Lower limit of the outp... | |
|  out_max | REAL | 200.0 | Upper limit of the out... | |
|  clip | BOOL | TRUE | "1": the value of the O... | |
| [-]  TE5_PARA | Para_SCALING | | | |
|  in_min | REAL | 0.0 | Lower limit of the inpu... | |
|  in_max | REAL | 10000.0 | Upper limit of the inp... | |
|  out_min | REAL | 0.0 | Lower limit of the outp... | |
|  out_max | REAL | 200.0 | Upper limit of the out... | |
|  clip | BOOL | TRUE | "1": the value of the O... | |
| [-]  TE_K_PARA | Para_SCALING | | | |
|  in_min | REAL | 0.0 | Lower limit of the inpu... | |
|  in_max | REAL | 10000.0 | Upper limit of the inp... | |
|  out_min | REAL | 0.0 | Lower limit of the outp... | |
|  out_max | REAL | 200.0 | Upper limit of the out... | |
|  clip | BOOL | TRUE | "1": the value of the O... | |

Рис. 4.19. Налаштування PARA_SCALE відповідно завданню

Для дискретних/аналогових виходів я використала просту формулу для масштабування.

```

(*клапан 0-100% -> 0-10000 *)
LVS_P:=real_to_int(LVS_P_M*100.0);
LVSL1:=real_to_int(LVSL1_M*100.0);
LVSL2:=real_to_int(LVSL2_M*100.0);
LVSL3:=real_to_int(LVSL3_M*100.0);
LVSL4:=real_to_int(LVSL4_M*100.0);
LVS5_P:=real_to_int(LVS5_P_M*100.0);

(*БРУ 0-100%(4-20мА) -> 0-10000*)
HC:=real_to_int(HC_M*100.0);

(*дискретні виходи*)
LVS2_Q := LVS2_Q_M;
LVS3_F := LVS3_F_M;

```

Рис. 4.20. Масштабування вихідних дискретних/аналогових сигналів

Реалізація контурів регулювання з використання PI_V . Реалізація контуру регулювання тиску в першій та останній випарній колоні на мові ST зображений нижче.

Налаштування змінних даного контуру показано на рисунку 4.21.

У програмі використовується періодичний виклик 1 раз в секунду за рахунок застосування функціонального блоку SAMPLETM. Режим слідкування потрібний для можливості зміни значення виходу на виконавчий механізм безпосередньо з програми.

```
TC1_PT1 (t#1s, 0); (*генератор імпульсів 1с*)
  TC1 (EN := TC1_PT1.Q, (*викликати раз в секунду*)
    PV := PT1_M, (*дійсне маштабоване значення температури*)
    SP := PT1_SP, (*задане значення*)
    MAN_AUTO := TC1_AUTO, (*перемикач авто/руч*)
    PARA := TC1_PARA, (*параметри регулятора*)
    TR_I := LVS_P_M, (*значення режиму слідкування = значення клапану*)
    TR_S := TC1_TRON, (*включення режиму слідкування*)
    OUT := LVS_P_M); (*значення на ВМ*)

TC5_PT5 (t#1s, 0); (*генератор імпульсів 1с*)
  TC5 (EN := TC5_PT5.Q, (*викликати раз в секунду*)
    PV := PT5_M, (*дійсне маштабоване значення температури*)
    SP := PT5_SP, (*задане значення*)
    MAN_AUTO := TC5_AUTO, (*перемикач авто/руч*)
    PARA := TC5_PARA, (*параметри регулятора*)
    TR_I := LVS5_P_M, (*значення режиму слідкування = значення клапану*)
    TR_S := TC5_TRON, (*включення режиму слідкування*)
    OUT := LVS5_P_M); (*значення на ВМ*)
```

Рис. 4.21. Реалізація контуру регулювання тиску в першій та останній випарних колонах

| TC1_PARA | | Para_PI_B | | | %MW400 |
|----------|------|-----------|--|-----------------------------|--------|
| id | UINT | | | Reserved for autotun... | %MW400 |
| pv_inf | REAL | 0.0 | | Lower limit of the pro... | %MW401 |
| pv_sup | REAL | 6.0 | | Upper limit of the pro... | %MW403 |
| out_inf | REAL | 0.0 | | Lower limit of the outp... | %MW405 |
| out_sup | REAL | 100.0 | | Upper limit of the out... | %MW407 |
| rev_dir | BOOL | FALSE | | 0: direct action of the ... | %MW409 |
| en_rcpy | BOOL | FALSE | | 1: the RCPY input is u... | %MW409 |
| kp | REAL | 3.0 | | Proportional contribut... | %MW410 |
| ti | TIME | t#3s | | Integral time | %MW412 |
| dband | REAL | 0.1 | | Dead zone on deviat... | %MW414 |
| outbias | REAL | | | Manual adjustment of... | %MW416 |
| TC5_PARA | | Para_PI_B | | | %MW500 |
| id | UINT | | | Reserved for autotun... | %MW500 |
| pv_inf | REAL | 0.0 | | Lower limit of the pro... | %MW501 |
| pv_sup | REAL | 6.0 | | Upper limit of the pro... | %MW503 |
| out_inf | REAL | 0.0 | | Lower limit of the outp... | %MW505 |
| out_sup | REAL | 100.0 | | Upper limit of the out... | %MW507 |
| rev_dir | BOOL | TRUE | | 0: direct action of the ... | %MW509 |
| en_rcpy | BOOL | FALSE | | 1: the RCPY input is u... | %MW509 |
| kp | REAL | 6.0 | | Proportional contribut... | %MW510 |
| ti | TIME | t#9s | | Integral time | %MW512 |
| dband | REAL | 0.01 | | 0.1 | %MW514 |
| outbias | REAL | | | Manual adjustment of... | %MW516 |

Рис. 4.22. Змінні для контуру регулювання тиску в в першій та останній випарних колонах

Реалізація логіко-командних задач. На відміну від контурів регулювання та функції обробки, котрі мають виконуватися постійно, логіко-командні задачі мають початок і кінець. В даному випадку було застосовано мову ST та інструкцію вибору «CASE».

Мова ST (Structured Text, структурований текст) – це текстова мова, котра подібна до PASCAL, C, BASIC і т.п. Дана мова не є виразна, в порівнянні з іншими графічними мовам, але вона універсальна і найкраще підходить для виконання складної логіки, громіздких обчислень і операцій з циклами і масивами.

```

Timer(TM_Start, TM_Time);

CASE StepProg of
0:
    LVS2_Q_M:=false;
    LVS3_F_M:=false;
    LVSL1_M:=0.0;
    LVSL2_M:=0.0;
    LVSL3_M:=0.0;
    LVSL4_M:=0.0;
    LVS_P_M:=0.0;
    LVS5_P_M:=0.0;
    LE1_M:=0.0;
    LE2_M:=0.0;
    LE3_M:=0.0;
    LE4_M:=0.0;
    LE5_M:=0.0;
    LE_C_M:=0.0;
    HC_M:=0.0;
        StepProg:=1;
1:
if Start_M then
    LVS3_F_M:= true;
    TE_K_M:=135.0;
    PT_K_M:=3.3;
        StepProg:=2;
end_if;

2:
AUTO_HC:=true;
        StepProg:=3;

3:
if HC_M>= 1.0 then
    PT_S_M:= 2.0;
    TE_S_M:= 122.0;
        StepProg:=4;
end_if;

4:
if FE_M>=7.0 and LE1_M>=25.0 then
    LVS3_F_M:= false;
    AUTO_HC:=false;
    HC_M:=0.0;
        StepProg:=5;
end_if;

```

Рис. 4.23. Реалізація програми користувача

```

5:
if HC_M<=1.0 then
    PT_S_M:= 0.2;
    TE_S_M:= 30.0;
    StepProg:=6;

end_if;

6:
    TM_Time:= T#350s;
    TM_Start:=true;
    TC1_AUTO:=true;
    TC1_TRON:=false;
    PT1_SP:=3.3;
    StepProg:=7;

7:
if Timer.ET=T#60s then
    LVSL1_M:=50.0;
    StepProg:=8;

end_if;

8:
if LE2_M>=30.0 and LE1_M<=1.0 then
    LVSL1_M:=0.0;
    StepProg:=9;

end_if;

9:
if LE1_M<=1.0 then
    LVS3_F_M:= true;
    TE_K_M:=135.0;
    PT_K_M:=3.3;
    AUTO_HC:=true;
    StepProg:=10;

end_if;

10:
if HC_M>= 1.0 then
    PT_S_M:= 2.0;
    TE_S_M:= 122.0;
    StepProg:=11;

end_if;

11:
if LE1_M>=25.0 then
    LVS3_F_M:= false;
    AUTO_HC:=false;
    HC_M:=0.0;
    StepProg:=12;

end_if;

```

Рис. 4.24. Реалізація програми користувача

```

12:
if HC_M<=1.0 then
    PT_S_M:= 0.2;
    TE_S_M:= 20.0;
    StepProg:=13;

end_if;

13:
if Timer.ET=T#120s then
    LVSL2_M:=50.0;
    StepProg:=14;

end_if;

14:
if LE3_M>=30.0 and LE2_M<=1.0 then
    LVSL2_M:=0.0;
    LVSL1_M:=60.0;
    StepProg:=15;

end_if;

15:
if LE2_M>=30.0 and LE1_M<=1.0 then
    LVSL1_M:=0.0;
    LVS3_F_M:= true;
    TE_K_M:=135.0;
    PT_K_M:=3.3;
    AUTO_HC:=true;
    StepProg:=16;

end_if;

16:
if HC_M>= 1.0 then
    PT_S_M:= 2.0;
    TE_S_M:= 122.0;
    StepProg:=17;

end_if;

17:
if LE1_M>=25.0 then
    LVS3_F_M:= false;
    AUTO_HC:=false;
    HC_M:=0.0;
    StepProg:=18;

end_if;

18:
if HC_M<=1.0 then
    PT_S_M:= 0.2;
    TE_S_M:= 30.0;
    StepProg:=19;

end_if;

```

Рис. 4.25. Реалізація програми користувача

```

19:
if Timer.ET=T#180s then
    LVSL3_M:=50.0;
    StepProg:=20;
end_if;

20:
if LE4_M>=40.0 and LE3_M<=1.0 then
    LVSL3_M:=0.0;
    LVSL2_M:=60.0;
    StepProg:=21;

end_if;

21:
if LE3_M>=30.0 and LE2_M<=1.0 then
    LVSL2_M:=0.0;
    LVSL1_M:=65.0;
    StepProg:=22;

end_if;

22:
if LE2_M>=30.0 and LE1_M<=1.0 then
    LVSL1_M:=0.0;
    LVS3_F_M:= true;
    TE_K_M:=135.0;
    PT_K_M:=3.3;
    AUTO_HC:=true;
    StepProg:=23;

end_if;

23:
if HC_M>= 1.0 then
    PT_S_M:= 2.0;
    TE_S_M:= 122.0;
    StepProg:=24;

end_if;

24:
if LE1_M>=25.0 then
    LVS3_F_M:= false;
    AUTO_HC:=false;
    HC_M:=0.0;
    StepProg:=25;

end_if;

25:
if HC_M<=1.0 then
    PT_S_M:= 0.2;
    TE_S_M:= 30.0;
    StepProg:=26;

end_if;

```

Рис. 4.26. Реалізація програми користувача

```

26:
if Timer.ET=T#240s then
    LVSL4_M:=50.0;
    StepProg:=27;
end_if;

27:
if LE5_M>=50.0 and LE4_M<=1.0 then
    LVSL4_M:=0.0;
    LVSL3_M:=60.0;
    StepProg:=28;

end_if;

28:
if LE4_M>=40.0 and LE3_M<=1.0 then
    LVSL3_M:=0.0;
    LVSL2_M:=65.0;
    StepProg:=29;

end_if;

29:
if LE3_M>=30.0 and LE2_M<=1.0 then
    LVSL2_M:=0.0;
    LVSL1_M:=65.0;
    StepProg:=30;

end_if;

30:
if LE2_M>=30.0 and LE1_M<=1.0 then
    LVSL1_M:=0.0;
    LVS3_F_M:= true;
    TE_K_M:=135.0;
    PT_K_M:=3.3;
    AUTO_HC:=true;
    StepProg:=31;

end_if;

31:
if HC_M>= 1.0 then
    PT_S_M:= 2.0;
    TE_S_M:= 122.0;
    StepProg:=32;

end_if;

32:
if LE1_M>=25.0 then
    LVS3_F_M:= false;
    AUTO_HC:=false;
    HC_M:=0.0;
    StepProg:=33;

end_if;

```

Рис. 4.27. Реалізація програми користувача

```

33:
if HC_M<=1.0 then
    PT_S_M:= 0.2;
    TE_S_M:= 30.0;
    StepProg:=34;

end_if;

34:
if Timer.Q then
    TM_Start:=false;
    TC5_AUTO:=true;
    TC5_TRON:=false;
    PT5_SP:=0.65;
    StepProg:=35;

end_if;

35:
if QT_M>=62.0 then
    LVS2_Q_M:=true;
    StepProg:=36;

end_if;

36:
if LE5_M<=1.0 then
    LVS2_Q_M:=false;
    LVSL4_M:=50.0;
    StepProg:=37;

end_if;

37:
if LE5_M>=50.0 and LE4_M<=1.0 then
    LVSL4_M:=0.0;
    LVSL3_M:=60.0;
    StepProg:=38;

end_if;

38:
if LE4_M>=40.0 and LE3_M<=1.0 then
    LVSL3_M:=0.0;
    LVSL2_M:=65.0;
    StepProg:=39;

end_if;

39:
if LE3_M>=30.0 and LE2_M<=1.0 then
    LVSL2_M:=0.0;
    LVSL1_M:=65.0;
    StepProg:=40;

end_if;

```

Рис. 4.28. Реалізація програми користувача

```

40:
if LE2_M>=30.0 and LE1_M<=1.0 then
    LVSL1_M:=0.0;
    LVS3_F_M:= true;
    TE_K_M:=135.0;
    PT_K_M:=3.3;
    AUTO_HC:=true;
    StepProg:=41;
end_if;

41:
if HC_M>= 1.0 then
    PT_S_M:= 2.0;
    TE_S_M:= 122.0;
    StepProg:=42;
end_if;

42:
if LE1_M>=25.0 then
    LVS3_F_M:= false;
    AUTO_HC:=false;
    HC_M:=0.0;
    StepProg:=43;
end_if;

43:
if HC_M<=1.0 then
    PT_S_M:= 0.2;
    TE_S_M:= 30.0;

    StepProg:=44;
end_if;

44:
if LE_C_M>=50.0 then
    LE_C_M:= 0.0;
    TC1_AUTO:= FALSE;
    TC1_TRON:= TRUE;
    TC5_AUTO:= FALSE;
    TC5_TRON:= TRUE;

    StepProg:=45;
end_if;

45:
if not Stop_M then
    StepProg:=0;
end_if;
end_case;

```

Рис. 4.29. Реалізація програми користувача

Налагодження програмного забезпечення на діючому обладнанні або імітаторі ПЛК. Для налагодження роботи регуляторів контурів потрібно мати зворотній сигнал від об'єкта управління.

При відсутності об'єкта управління значення технологічної змінної можна імітувати. Для найпростішої імітації можна використати аперіодичну ланку 1-го порядку.

Відповідно до цього для реалізації аперіодичної ланки я використала вже готовий функціональний блок LAG_FILTER.

```
%M100:=%S5;  
%M101:=RE(%M100);  
  
(*імітація рівня*)  
if %M101 then  
  
if HC_M>=1.0 then LE1_M:=LE1_M + 0.35;  
end_if;  
if LVSL1_M>=1.0 then LE1_M:= LE1_M - 0.25;  
end_if;  
  
if LVSL1_M>=1.0 then LE2_M:= LE2_M + 0.35;  
end_if;  
if LVSL2_M>=1.0 then LE2_M:= LE2_M - 0.30;  
end_if;  
  
if LVSL2_M>=1.0 then LE3_M:= LE3_M + 0.31;  
end_if;  
if LVSL3_M>=1.0 then LE3_M:= LE3_M - 0.3;  
end_if;  
  
if LVSL3_M>=1.0 then LE4_M:= LE4_M + 0.35;  
end_if;  
if LVSL4_M>=1.0 then LE4_M:= LE4_M - 0.3;  
end_if;  
  
if LVSL4_M>=1.0 then LE5_M:= LE5_M + 0.35;  
end_if;  
if LVS2_Q_M then LE5_M:= LE5_M - 0.3;  
end_if;  
  
if LVS2_Q then LE_C_M:= LE_C_M + 0.31205;  
end_if;  
  
end_if;
```

Рис. 4.30. Імітація змінних

```

LE1:=WRITE_INPUT_INT (REAL_TO_INT (LE1_M*100.0));
LE2:=WRITE_INPUT_INT (REAL_TO_INT (LE2_M*100.0));
LE3:=WRITE_INPUT_INT (REAL_TO_INT (LE3_M*100.0));
LE4:=WRITE_INPUT_INT (REAL_TO_INT (LE4_M*100.0));
LE5:=WRITE_INPUT_INT (REAL_TO_INT (LE5_M*100.0));
LE_C:=WRITE_INPUT_INT (REAL_TO_INT (LE_C_M*100.0));
PT5:=WRITE_INPUT_INT (REAL_TO_INT (PT5_M*100.0));

if HC_M>=10.0 and %M101 then
    FE_M:= FE_M + 0.087707;
end_if;

if LE5_M>=1.0 and %M101 then
    QT_M:= QT_M + 0.0244;
end_if;

if QT_M>=70.0 and %M101 then
    QT_M:= 30.0;
end_if;

```

Рис. 4.31. Імітація змінних

```

(*імітація температури і тиску*)

LAG_TE1 (IN := INT_TO_REAL (LVS_P),
        GAIN := 1.6,
        LAG := T#30S);
TE1:= WRITE_INPUT_INT (
    5240 +
    real_to_int (LAG_TE1.out));

LAG_TE2 (IN := INT_TO_REAL (LVS_P),
        GAIN := 1.6,
        LAG := T#30S);
TE2:= WRITE_INPUT_INT (
    4907 +
    real_to_int (LAG_TE2.out));

LAG_TE3 (IN := INT_TO_REAL (LVS_P),
        GAIN := 1.6,
        LAG := T#30S);
TE3:= WRITE_INPUT_INT (
    4389 +
    real_to_int (LAG_TE3.out));

LAG_TE4 (IN := INT_TO_REAL (LVS_P),
        GAIN := 1.6,
        LAG := T#30S);
TE4:= WRITE_INPUT_INT (
    3990 +
    real_to_int (LAG_TE4.out));

LAG_TE5 (IN := INT_TO_REAL (LVS_P),
        GAIN := 1.4,
        LAG := T#30S);

```

Рис. 4.32. Імітація змінних за рахунок функціонального блоку LAG_FILTER

```

TE5:= WRITE_INPUT_INT (
      3391 +
      real_to_int(LAG_TE5.out));

LAG_PT1 (IN := INT_TO_REAL(LVS_P),
         GAIN := 2.0,
         LAG := T#30S);
PT1:= WRITE_INPUT_INT (
      4300 +
      real_to_int(LAG_PT1.out));

LAG_PT2 (IN := INT_TO_REAL(LVS_P),
         GAIN := 2.0,
         LAG := T#40S);
PT2:= WRITE_INPUT_INT (
      3330 +
      real_to_int(LAG_PT2.out));

LAG_PT3 (IN := INT_TO_REAL(LVS_P),
         GAIN := 1.2,
         LAG := T#40S);
PT3:= WRITE_INPUT_INT (
      2300 +
      real_to_int(LAG_PT3.out));

LAG_PT4 (IN := INT_TO_REAL(LVS_P),
         GAIN := 1.0,
         LAG := T#40S);
PT4:= WRITE_INPUT_INT (
      1200 +
      real_to_int(LAG_PT4.out));

```

Рис. 4.33. Імітація змінних за рахунок функціонального блоку LAG_FILTER

Далі я виконав реалізацію автоматичного і ручного режимів роботи двигунів і також реалізацію кнопок аварійної зупинки двигунів.

```

(*реалізація авто/руч режиму роботи двигуна*)

if AUTO_HC then
    HC_M:=50.0;
else
    HC_M:=manual_HC;
end_if;

(*реалізація кнопки аварійної зупинки двигуна мішалки*)

if StopD_M then
    HC_M:=0.0;
end_if;

```

Рис. 4.34. Реалізація кнопок аварійної зупинки двигунів і авто/руч режиму роботи двигунів

Для перевірки роботи контуру регулювання тиску в першій та останній випарній колоні було використано сторінку з відображенням плинного стану контуру регулювання та елементами його керування.

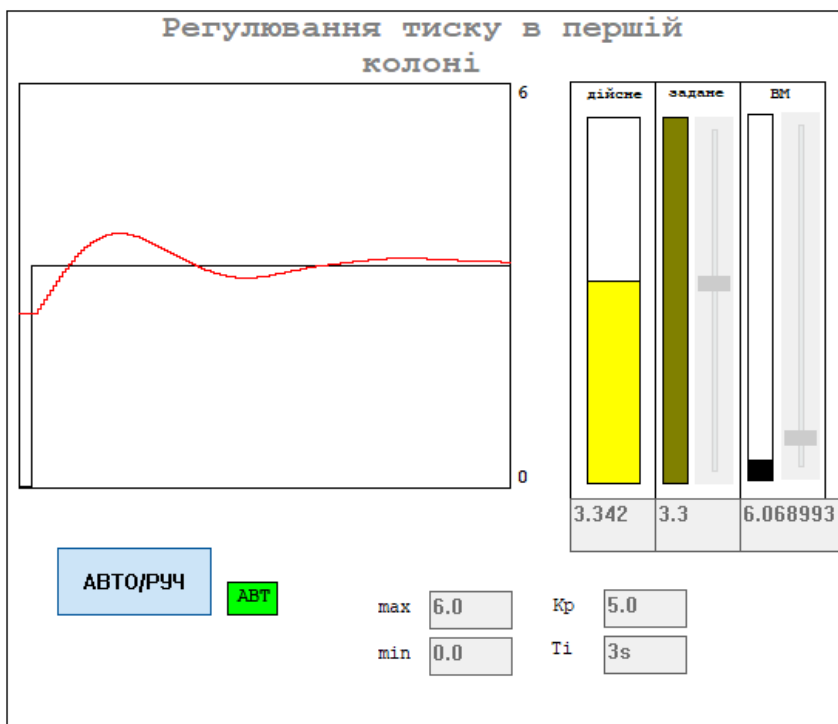


Рис. 4.35. Перевірка роботи контуру регулювання тиску в першій колоні

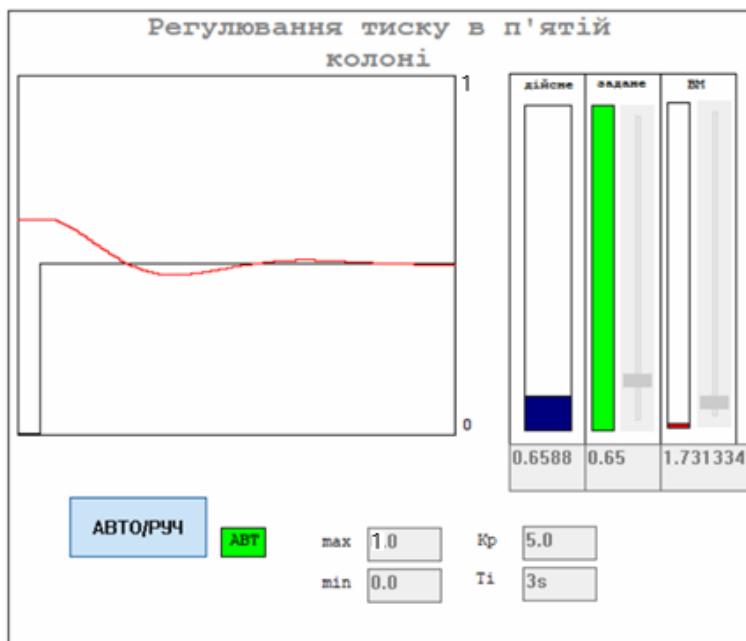


Рис. 4.36. Перевірка роботи контуру регулювання тиску в останній колоні

4.2. Розробка людино-машинного інтерфайсу оператора технолога

В цукровому виробництві мають велику вагу якісні показники сировини (буряку), котрі на пряму впливають на здійснення технологічного процесу.

Навіть у досконалих системах іноді трапляються не передбачувані ситуації, такі як поломка обладнання або попадання інших сторонніх речовинами, котрі погіршують технологічний процес.

Всі системи управління будь-яким технологічним процесом можуть своєчасно реагувати на всі виникнувші ситуації, надсилаючи аварійні сигнали або ж самостійно зупиняючи обладнання та устаткування. Однак, рішення про це має бути прийняте людиною (персоналом). Для подальшої роботи необхідно мати повну інформацію про подію та можливості дистанційного та ручного керування ВМ.

Всі перераховані ситуації повинні передбачати можливість обов'язкового залучення людини. У будь-якому випадку потрібен зв'язок. Котрий дозволяє контролювати стан певного процесу або ж всієї системи в цілому, а також втручатися в процес управління.

Або ж інакше потрібно в обов'язковому порядку в систему управління заздалегідь передбачити людино-машинний інтерфейс (НМІ – Human-Machine Interface).

Для реалізації поставлених вимог я використав програму Citect Studio, котра є зрозумілою в плані застосування та надійною у плані зв'язку з EcoStruxure Control Expert.

Роботу я розпочинав з створення нового проекту на основі вже існуючого шаблону.

З початку потрібно перенести технічні змінні, котрі вже існують в EcoStruxure Control в Citect Studio.

Для запису змінних застосовую «Редактор проектів».

Всі змінні, котрі використовувалися в даному проекті вказані на рисунку нижче.

Модель системы | Оборудование | **Теги** | Алармы | Тренды | Аккумуляторы | SPC

Сохранить | Отменить | Копировать | Вставить | Удалить строки | Экспортировать все | Импортировать все | Обновить все метки

Теги

| Имя дескрип | Устройство | Тип данных | Адрес | Ед. | П | Ф | Нес | Необработ | Мин. : | Макс. зна | Сг. | Проект |
|-------------|------------|------------|--------|-------|---------|--------|-----|-----------|--------|-----------|-----|--------|
| FE_M | PLCM34 | REAL | %MW100 | m/min | Витратс | ###.## | 0 | 200 | 0 | 200 | | HMI_SU |
| LE1_M | PLCM34 | REAL | %MW102 | % | Датчик | | 0 | 100 | 0 | 100 | | HMI_SU |
| LE2_M | PLCM34 | REAL | %MW104 | % | Датчик | | 0 | 100 | 0 | 100 | | HMI_SU |
| LE3_M | PLCM34 | REAL | %MW106 | % | Датчик | | 0 | 100 | 0 | 100 | | HMI_SU |
| LE4_M | PLCM34 | REAL | %MW108 | % | Датчик | | 0 | 100 | 0 | 100 | | HMI_SU |
| LE5_M | PLCM34 | REAL | %MW110 | % | Датчик | | 0 | 100 | 0 | 100 | | HMI_SU |
| LE_C_M | PLCM34 | REAL | %MW112 | % | Датчик | | 0 | 100 | 0 | 100 | | HMI_SU |
| LVS_P_M | PLCM34 | REAL | %MW114 | % | Клапан | | 0 | 100 | 0 | 100 | | HMI_SU |
| LVSL1_M | PLCM34 | REAL | %MW116 | % | Клапан | | 0 | 100 | 0 | 100 | | HMI_SU |
| LVSL2_M | PLCM34 | REAL | %MW118 | % | Клапан | | 0 | 100 | 0 | 100 | | HMI_SU |
| LVSL3_M | PLCM34 | REAL | %MW120 | % | Клапан | | 0 | 100 | 0 | 100 | | HMI_SU |
| LVSL4_M | PLCM34 | REAL | %MW122 | % | Клапан | | 0 | 100 | 0 | 100 | | HMI_SU |
| PT1_M | PLCM34 | REAL | %MW124 | бар | Датчик | | 0 | 6 | 0 | 6 | | HMI_SU |
| PT2_M | PLCM34 | REAL | %MW126 | бар | Датчик | | 0 | 6 | 0 | 6 | | HMI_SU |
| PT3_M | PLCM34 | REAL | %MW128 | бар | Датчик | | 0 | 6 | 0 | 6 | | HMI_SU |
| PT4_M | PLCM34 | REAL | %MW130 | бар | Датчик | | 0 | 6 | 0 | 6 | | HMI_SU |
| PT5_M | PLCM34 | REAL | %MW132 | бар | Датчик | | 0 | 6 | 0 | 6 | | HMI_SU |
| PT_K_M | PLCM34 | REAL | %MW134 | бар | Датчик | | 0 | 6 | 0 | 6 | | HMI_SU |
| PT_S_M | PLCM34 | REAL | %MW136 | бар | Датчик | | 0 | 6 | 0 | 6 | | HMI_SU |
| QT_M | PLCM34 | REAL | %MW138 | % | Датчик | | 0 | 100 | 0 | 100 | | HMI_SU |
| TE1_M | PLCM34 | REAL | %MW140 | °C | Датчик | | 0 | 200 | 0 | 200 | | HMI_SU |
| TE2_M | PLCM34 | REAL | %MW142 | °C | Датчик | | 0 | 200 | 0 | 200 | | HMI_SU |
| TE3_M | PLCM34 | REAL | %MW144 | °C | Датчик | | 0 | 200 | 0 | 200 | | HMI_SU |
| TE4_M | PLCM34 | REAL | %MW146 | °C | Датчик | | 0 | 200 | 0 | 200 | | HMI_SU |
| TE5_M | PLCM34 | REAL | %MW148 | °C | Датчик | | 0 | 200 | 0 | 200 | | HMI_SU |

Компилировать сообщения

Рис. 4.37. Змінні теги в Citect Studio

Найти свойства

Оборудование

Оборудование

Имя элемента

Общие

Имя дескриптора: LE1_M

Имя кластера

Устройство IO: PLCM34

Тип данных: REAL

Адрес: %MW102

Примечание: Датчик рівня в 1 колоні

Зона нечувствительности

Единицы измерения: %

Формат

Масштаб

Необработанный нулевой ма: 0

Необработанный полный мас: 100

Мин. значение в единицах из: 0

Макс. значение в единицах и: 100

Рис. 4.38. Приклад налаштування змінних тег

Також в цьому редакторі можна налаштувати параметри трендів і тривоги.

| | Имя дескриптора | Тип | Выражение | Период выборки | Примечание | Число файлов | Период | Время |
|----|-----------------|--------------|-----------|----------------|------------|--------------|----------|----------|
| 1 | PT1_SP | TRN_PERIODIC | PT1_SP | 00:00:10 | | 10 | 24:00:00 | 00:00:00 |
| 2 | PT1_M | TRN_PERIODIC | PT1_M | 00:00:10 | | 10 | 24:00:00 | 00:00:00 |
| 3 | LVS_P_M | TRN_PERIODIC | LVS_P_M | 00:00:10 | | 10 | 24:00:00 | 00:00:00 |
| 4 | PT5_SP | TRN_PERIODIC | PT5_SP | 00:00:05 | | 10 | 24:00:00 | 00:00:00 |
| 5 | PT5_M | TRN_PERIODIC | PT5_M | 00:00:05 | | 10 | 24:00:00 | 00:00:00 |
| 6 | LVS5_P_M | TRN_PERIODIC | LVS5_P_M | 00:00:05 | | 10 | 24:00:00 | 00:00:00 |
| 7 | manual_HC | TRN_PERIODIC | manual_HC | 00:00:05 | | 10 | 24:00:00 | 00:00:00 |
| 8 | LE2_M | TRN_PERIODIC | LE2_M | 00:00:05 | | 10 | 24:00:00 | 00:00:00 |
| 9 | LE1_M | TRN_PERIODIC | LE1_M | 00:00:05 | | 10 | 24:00:00 | 00:00:00 |
| 10 | HC_SP | TRN_PERIODIC | HC_SP | 00:00:05 | | 10 | 24:00:00 | 00:00:00 |
| 11 | HC_M | TRN_PERIODIC | HC_M | 00:00:05 | | 10 | 24:00:00 | 00:00:00 |
| 12 | FE_M | TRN_PERIODIC | FE_M | 00:00:05 | | 10 | 24:00:00 | 00:00:00 |
| 13 | Start_M | TRN_PERIODIC | Start_M | 00:00:05 | | 10 | 24:00:00 | 00:00:00 |
| 14 | Stop_M | TRN_PERIODIC | Stop_M | 00:00:05 | | 10 | 24:00:00 | 00:00:00 |
| 15 | StopD_M | TRN_PERIODIC | StopD_M | 00:00:05 | | 10 | 24:00:00 | 00:00:00 |
| 16 | TC5_AUTO | TRN_PERIODIC | TC5_AUTO | 00:00:05 | | 10 | 24:00:00 | 00:00:00 |
| 17 | TC1_AUTO | TRN_PERIODIC | TC1_AUTO | 00:00:05 | | 10 | 24:00:00 | 00:00:00 |
| 18 | TE1_M | TRN_PERIODIC | TE1_M | 00:00:05 | | 10 | 24:00:00 | 00:00:00 |
| 19 | TE2_M | TRN_PERIODIC | TE2_M | 00:00:05 | | 10 | 24:00:00 | 00:00:00 |
| 20 | TE3_M | TRN_PERIODIC | TE3_M | 00:00:05 | | 10 | 24:00:00 | 00:00:00 |
| 21 | LE3_M | TRN_PERIODIC | LE3_M | 00:00:05 | | 10 | 24:00:00 | 00:00:00 |
| 22 | LVS1_L_NX_PT2_M | TRN_PERIODIC | PT2_M | 00:00:05 | | 10 | 24:00:00 | 00:00:00 |
| 23 | LE4_M | TRN_PERIODIC | LE4_M | 00:00:05 | | 10 | 24:00:00 | 00:00:00 |
| 24 | LE5_M | TRN_PERIODIC | LE5_M | 00:00:05 | | 10 | 24:00:00 | 00:00:00 |
| 25 | LVSL1_M | TRN_PERIODIC | LVSL1_M | 00:00:05 | | 10 | 24:00:00 | 00:00:00 |

Рис. 4.39. Вікно трендів в Citect Studio

A-Z Найти свойства

Общие

Имя дескриптора:

Имя кластера:

Тип:

Выражение:

Переключатель:

Период выборки:

Единицы измерения:

Формат:

Зона нечувствительности:

Примечание:

Масштаб

Нулевой масштаб:

Конец шкалы:

Хранилище

Имя файла:

Число файлов:

Период:

Время:

Метод хранения:

Безопасность

Рис. 4.40. Приклад налаштування трендів

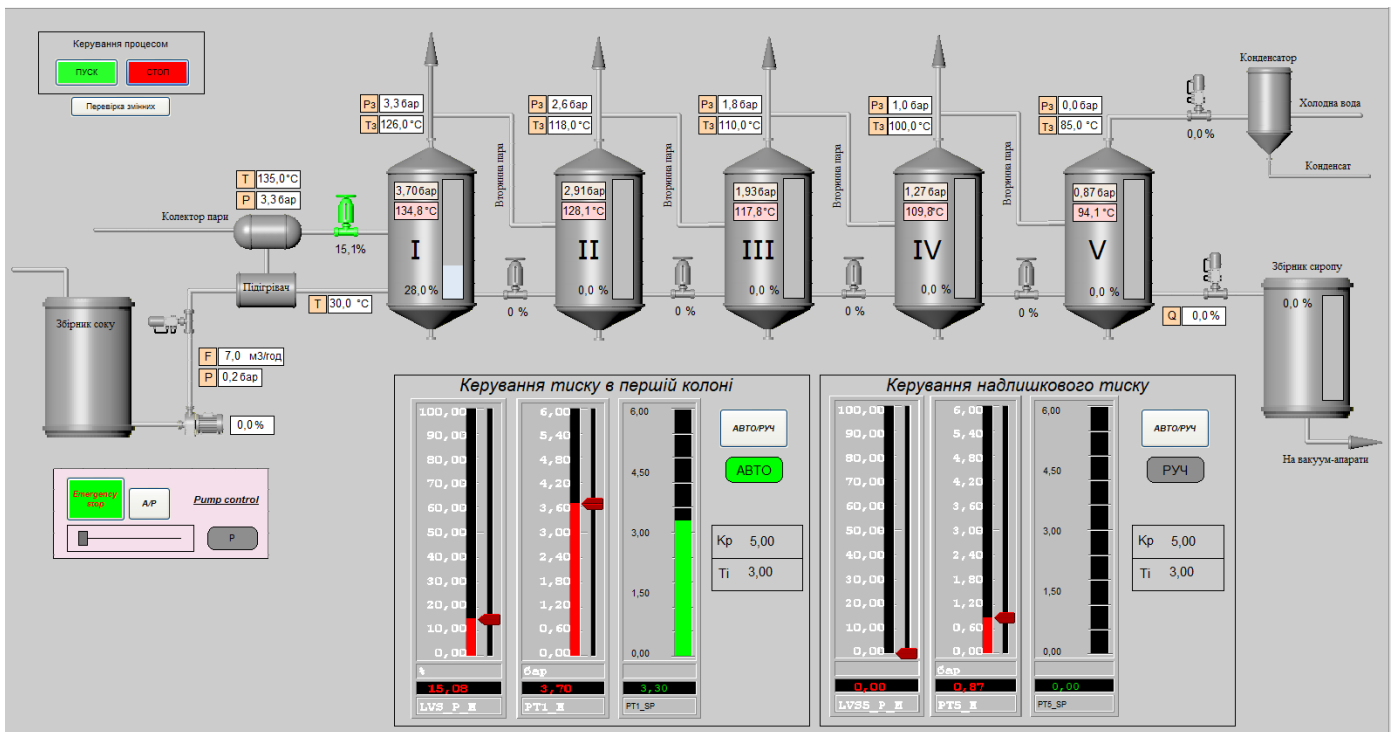


Рис. 4.41. Відеокadри роботи SCADA-системи

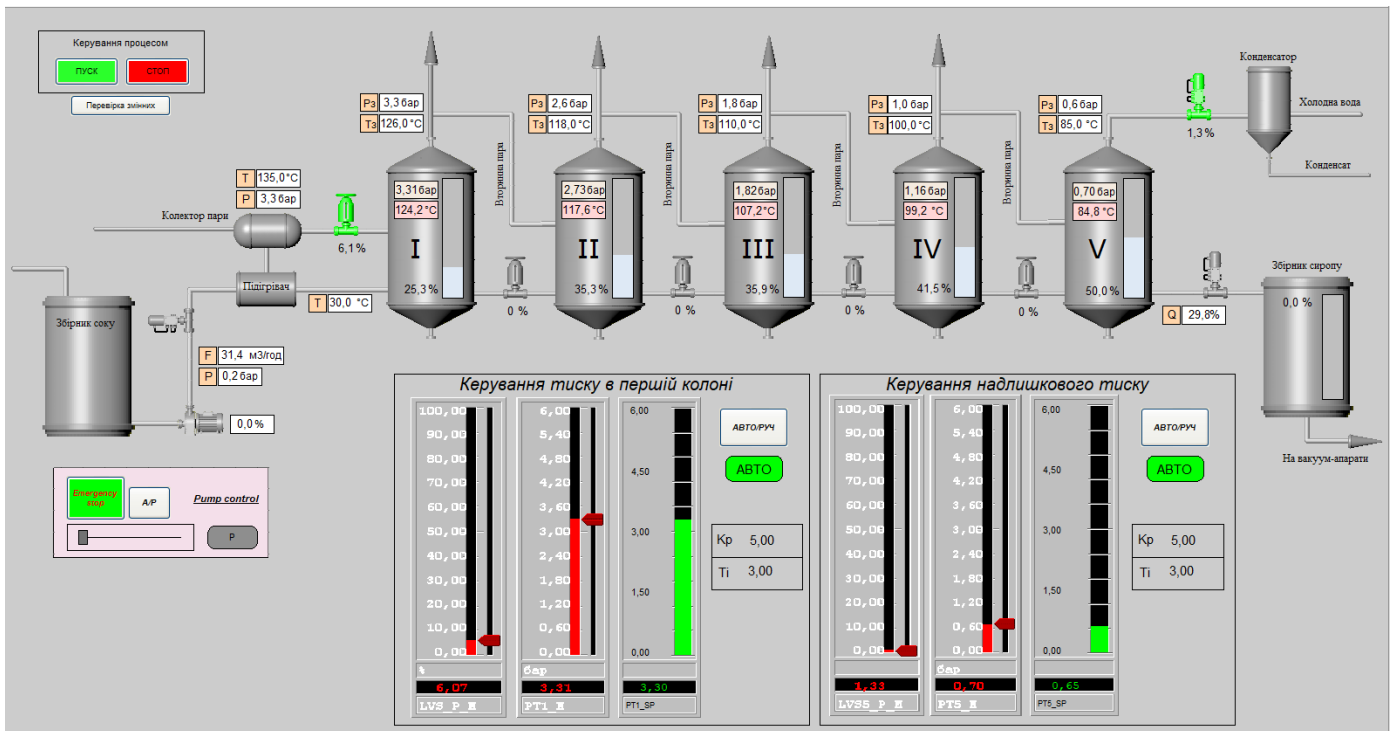


Рис. 4.42. Відеокadри роботи SCADA-системи

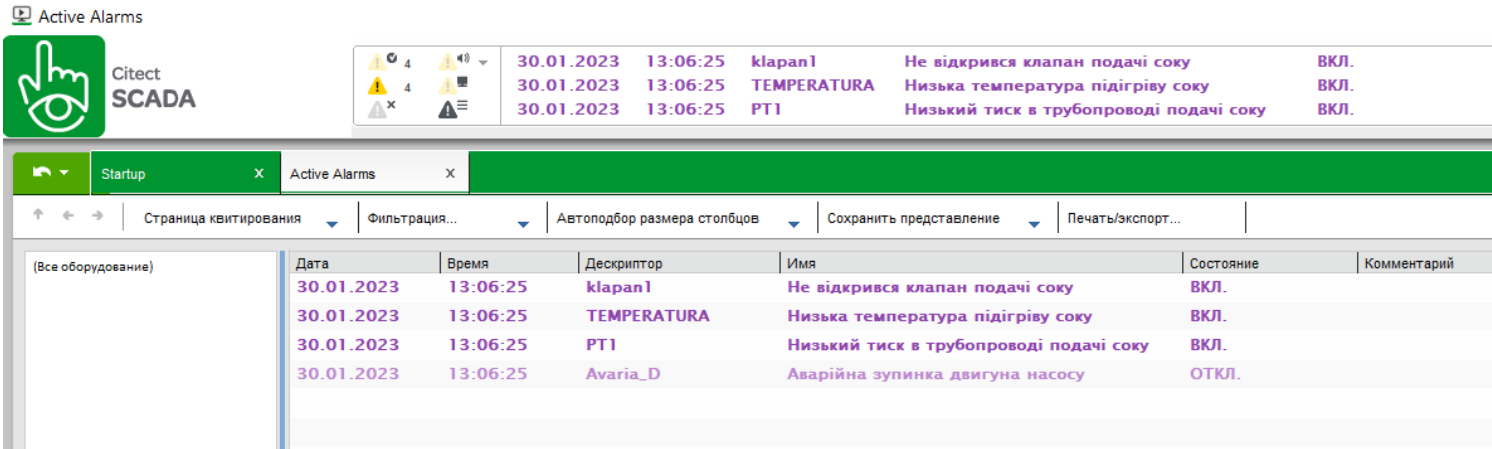


Рис. 4.43. Вікно тривог

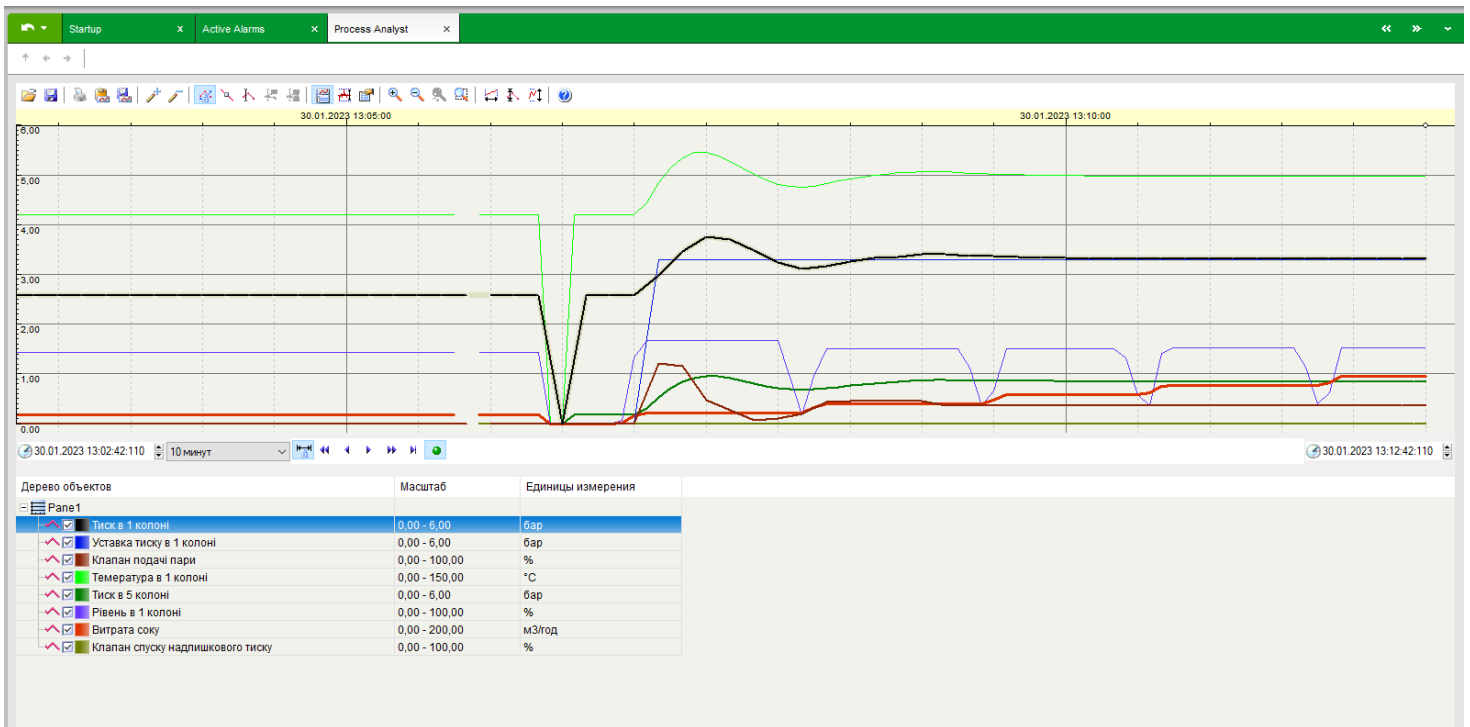


Рис. 4.44. Вікно трендів

4.3. Комп'ютерне моделювання системи автоматичного регулювання

Вибір об'єкта керування та його математична модель. Мною було обрано контур регулювання тиску в I корпусі випарної станції для комп'ютерного моделювання системи. Так як даний параметр являється одним з головних та від якого підпорядковується вихідні якісні показники отриманого випарюваного соку.

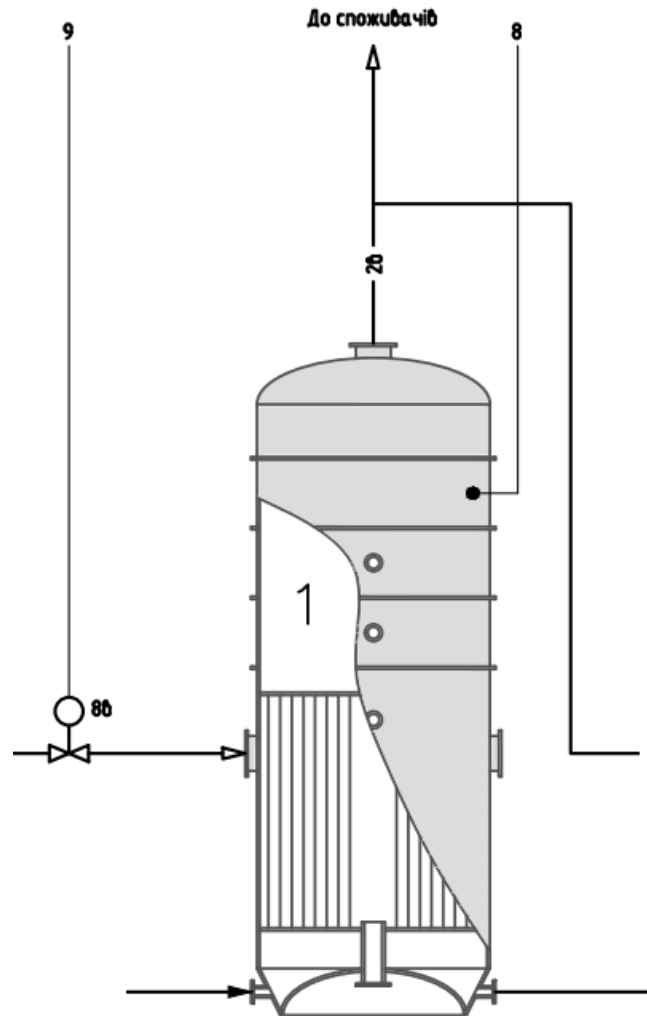


Рис. 4.45. Контур регулювання тиску в I корпусі випарної станції

Основною метою при структуруванні математичної моделі являється окреслювання вхідних та вихідних сигналів.

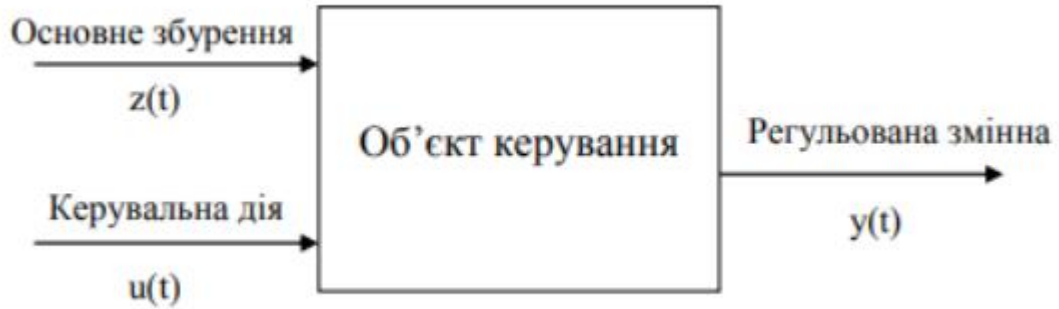


Рис. 4.46. Параметрична схема об'єкта

Точка автоматичної системи або пристрою, до якої прикладена якась дія, має назву входу $u(t)$, а точка, в якій спостерігаємо ефект, викликаний даною дією має назву – виходу $y(t)$, $z(t)$ має назву зовнішньої дії, тобто дії зовнішнього середовища, а під внутрішньою дією розуміється дія однієї частини автоматичної системи на іншу в системі автоматичного керування.

Таким чином, для заданого завдання, я сформував такі види сигналів:

| | |
|--------------------|--|
| Основне збурення | Початковий тиск в I корпусі випарної установки, бар |
| Керуюча дія | Клапан додачі пари з колектора пари, %ХРО (% ходу регулюючого органу) |
| Регульована змінна | Заданий тиск в I корпусі випарної станції, бар |

І також визначив склад математичної моделі I корпусної випарної станції

| | |
|-------------------|-----------------------------|
| Аперіодична ланка | $W_1(s) = \frac{k}{Ts + 1}$ |
| Ланка підсилення | $W_4(s) = e^{\tau_{zn}s}$ |

Моделювання САР. Для початку потрібно створити структурну схему математичної моделі І корпусної випарної станції в середовищі Simulink за рахунок прикладних програм Matlab.

Дана схема має таке оформлення:

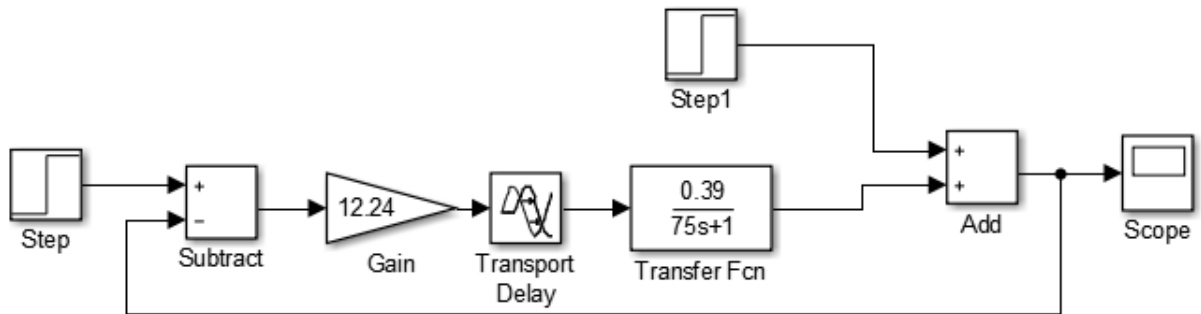


Рис. 4.47. Структурна схема з П-регулятором

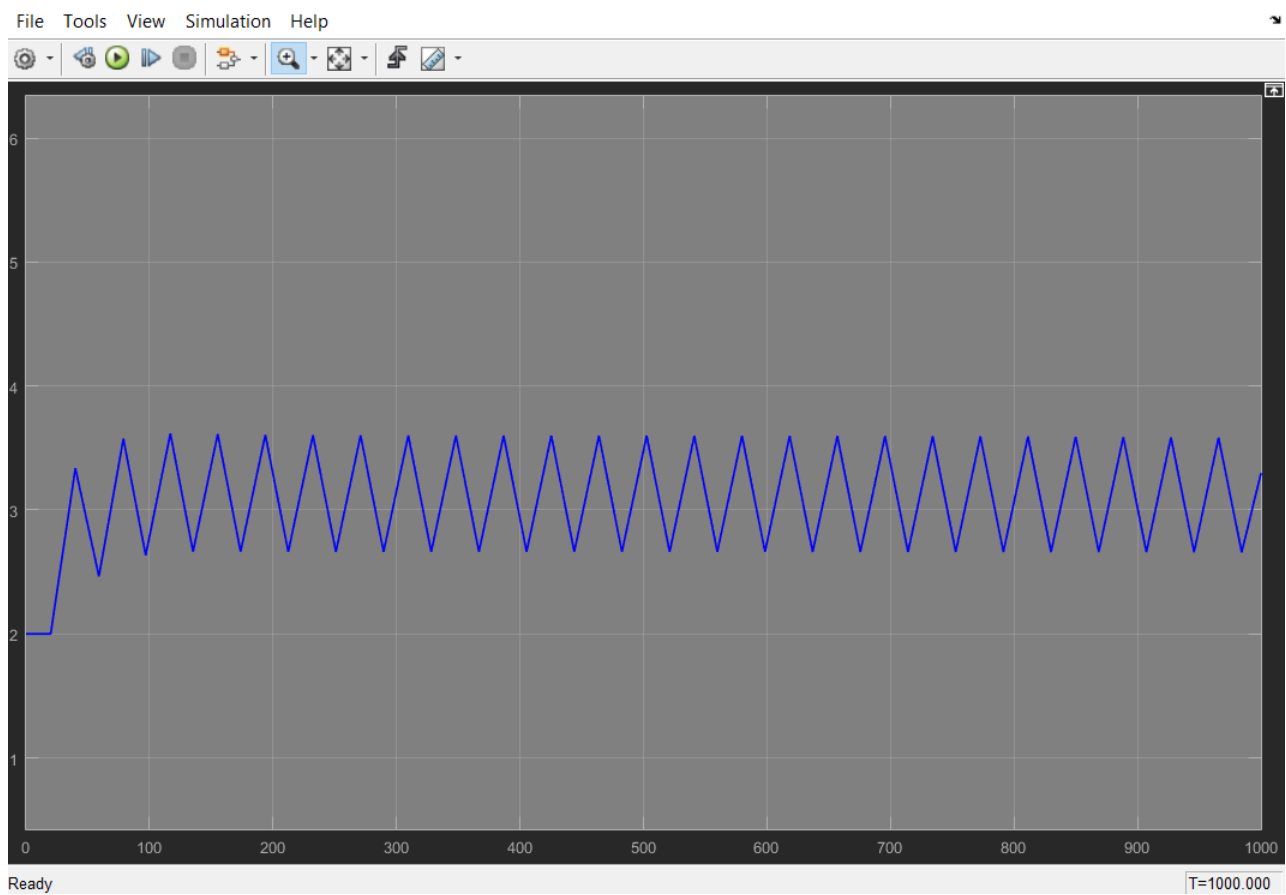


Рис. 4.48. Перехідний процес з застосуванням П-регулятора

Відповідно до перехідного процесу, можна зробити результат, що П-регулятор не забезпечую стійкість даної системи, оскільки видно що система перебуває на межі стійкості. (при $k_{кр} = 12.24$ і $T_{кр} = 38$)

Наступним кроком, мною було визначено настройки ПІД-регулятора за методом Циглера-Нікольса, котрий відомий з попередніх курсів:

$$k_p = 0,6 * k_{кр} = 0,6 * 12.24 = 7.34$$

$$T_i = T_{кр} / 2 = 38 / 2 = 19$$

$$k_i = k_p / T_i = 7.34 / 19 = 0.38$$

$$T_d = T_{кр} / 8 = 38 / 8 = 4.75$$

Наступним кроком є побудова структурної схеми з використанням ПІД-регулятора.

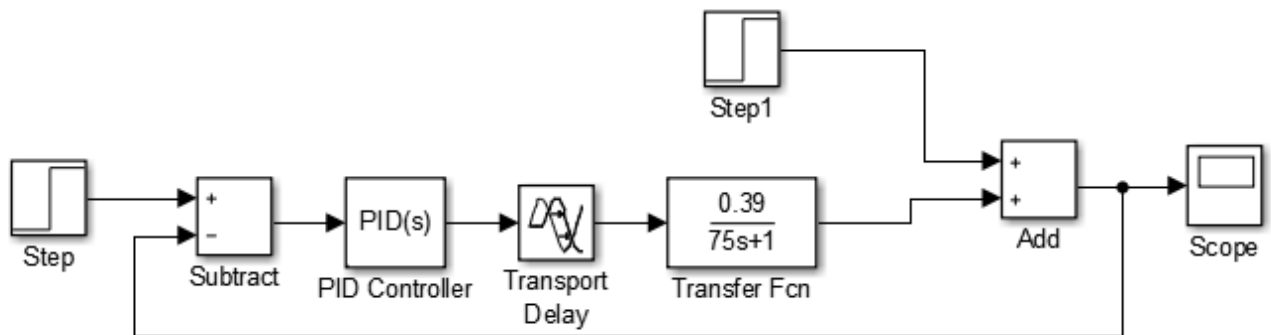


Рис. 4.49. Структурна схема з ПІД-регулятором

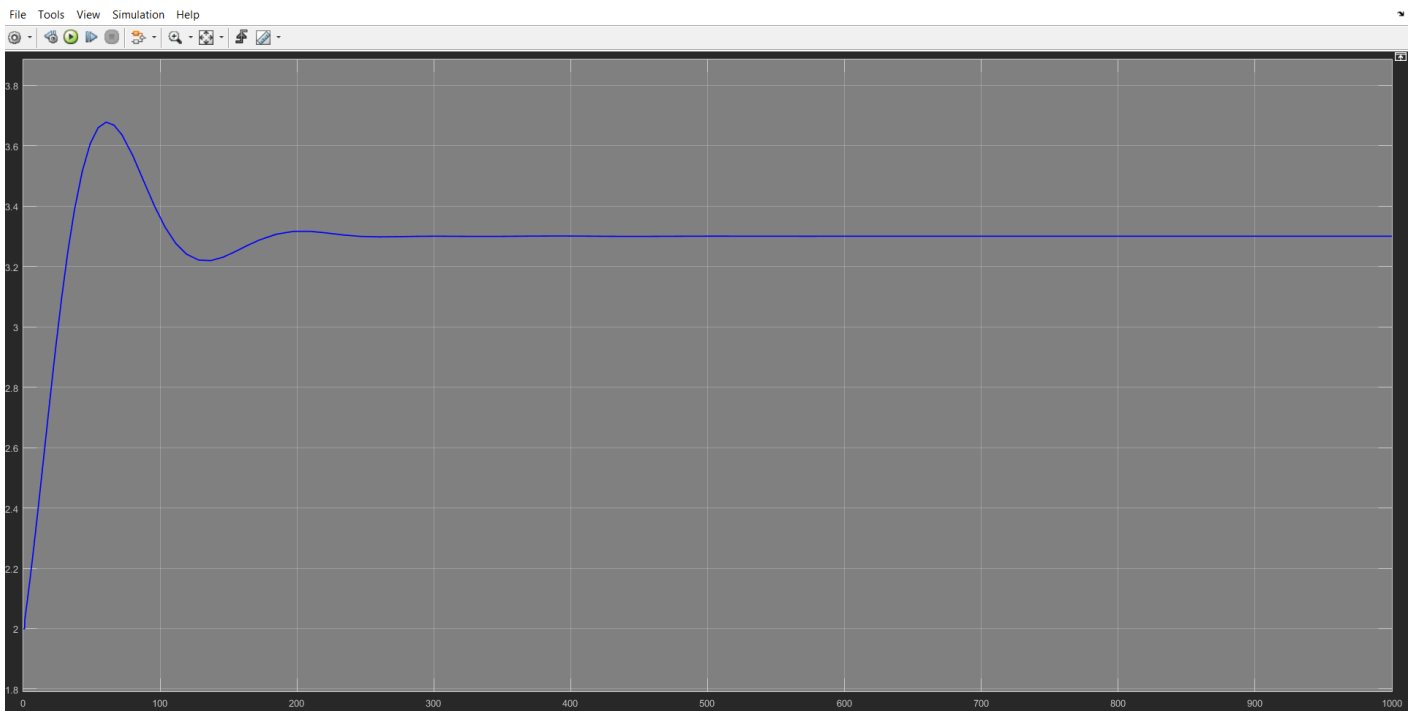


Рис. 4.50. Перехідний процес з застосуванням ПІД-регулятора

З даного перехідного процесу, котрий наведений вище встановлю оцінку якості використовуючи наступні показники:

| | |
|--|----------|
| Динамічна похибка $A1$ | 0.35 бар |
| Статична помилка регулювання $\Delta X_{ст}$ | 0 |
| Час регулювання t_p | 308 с. |
| Перерегулювання $a=(A2/A1)*100\%$ | 25.7% |
| Ступінь затухання $\psi =(A1-A3)/A1$ | 0.89 |

Таким чином, визначені параметри ПІД-регулятора виконують оптимальні критерії якості перехідного процесу.

Синтез АСР із застосуванням нечіткого регулятора. Для покращення перехідного процесу, в котрому застосовується ПІД-регулятор, для регулювання тиску в І корпусі випарної установки я скористався створенням системи нечіткого логічного висновку. В даній системі використав нечіткий регулятор, що працює за алгоритмом Сугено.

Побудована структура нечіткого регулятора зображено на рисунку 1.

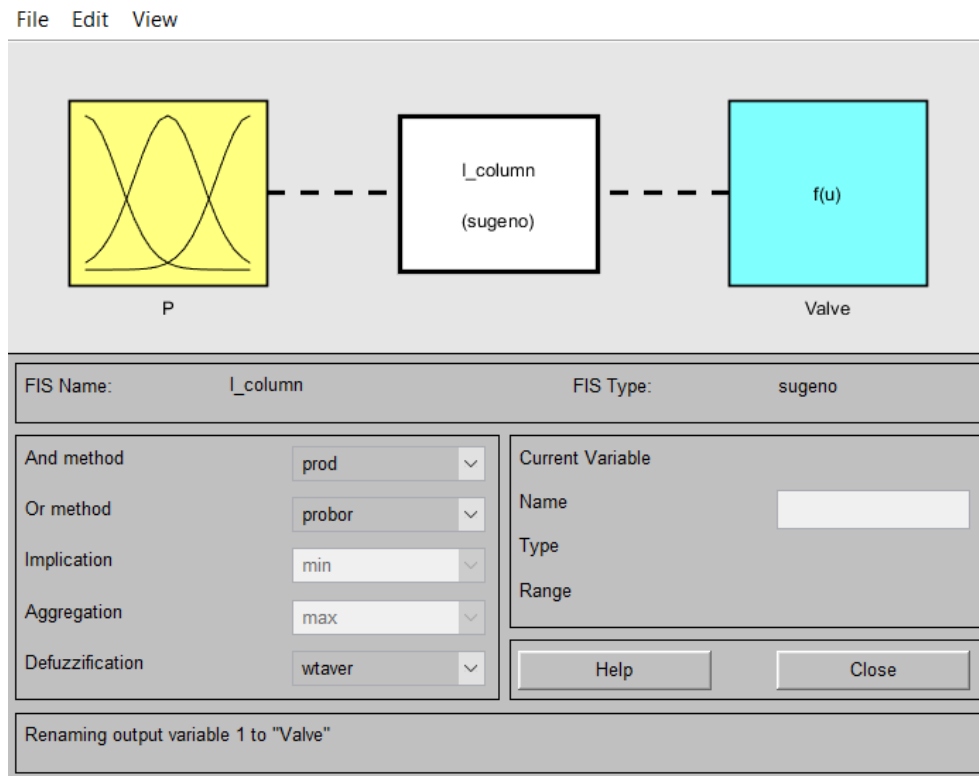


Рис. 4.51. Вікно редактора FIS-Editor

За вхід регулятора відповідає похибка, себто різниця заданого та дійсного значення тиску в І колоні випарної станції, а за вихід – керуюча дія, себто ступінь відкриття чи закриття клапану, котрий подає пару з колектора пари.

Лінгвістична апроксимація похибки на вході регулятора характеризується узагальненими дзвоноподібними функціями належності.

$y = \text{gbellmf}(x, \text{params})$ повертає нечіткі значення належності, обчислені за допомогою такої узагальненої дзвоноподібної функції належності:

$$f(x; a, b, c) = \frac{1}{1 + \left| \frac{x - c}{a} \right|^{2b}}$$

Параметри функції приналежності, **gbellmf** задані як вектор [$a b c$].

Тут:

- a визначає ширину функції належності, де більше значення створює ширшу функцію належності;
- b визначає форму кривої по обидва боки від центрального плато, де більше значення створює більш крутий перехід;
- c визначає центр функції належності.

Назви змінних та параметри функцій належності для мого завдання:

| Назва | Параметри функції належності |
|---|------------------------------|
| Лінгвістична апроксимація похибки на вході регулятора | |
| Низький тиск | 2,4 |
| Нормальний тиск | 3,3 |
| Високий тиск | 4,0 |
| Лінгвістична апроксимація для керуючої дії на виході регулятора | |
| Закрити клапан | 1 |
| Без змін | 50 |
| Відкрити клапан | 100 |

File Edit View

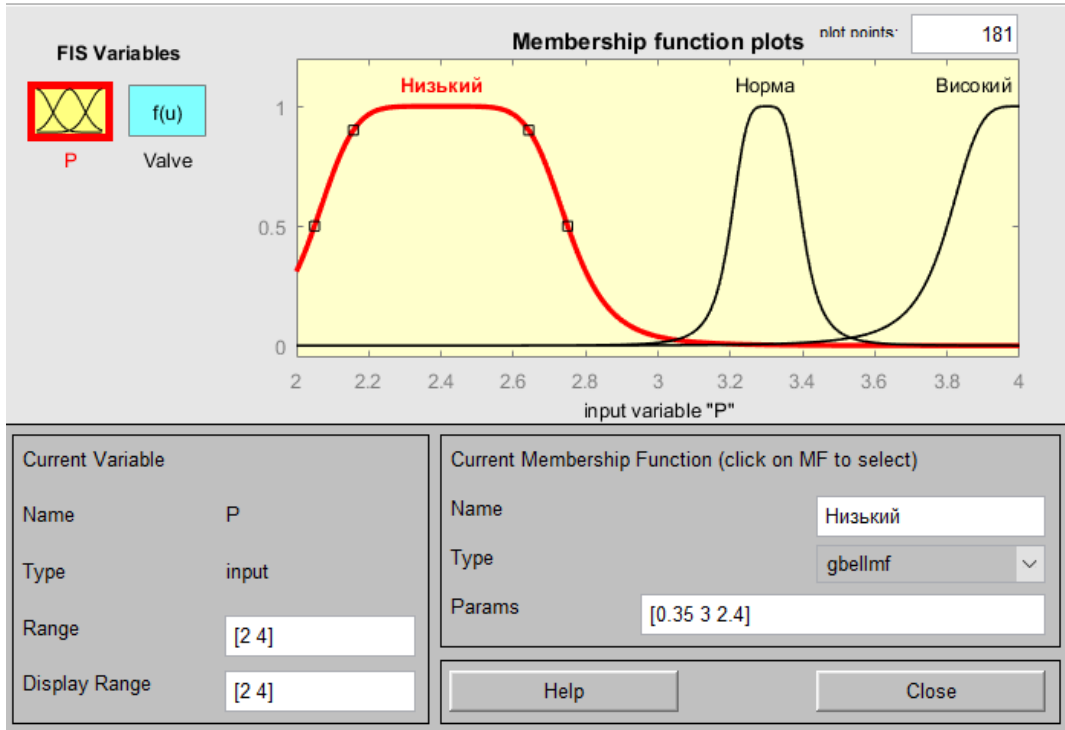


Рис. 4.52. Функція належності «Низький тиск»

File Edit View

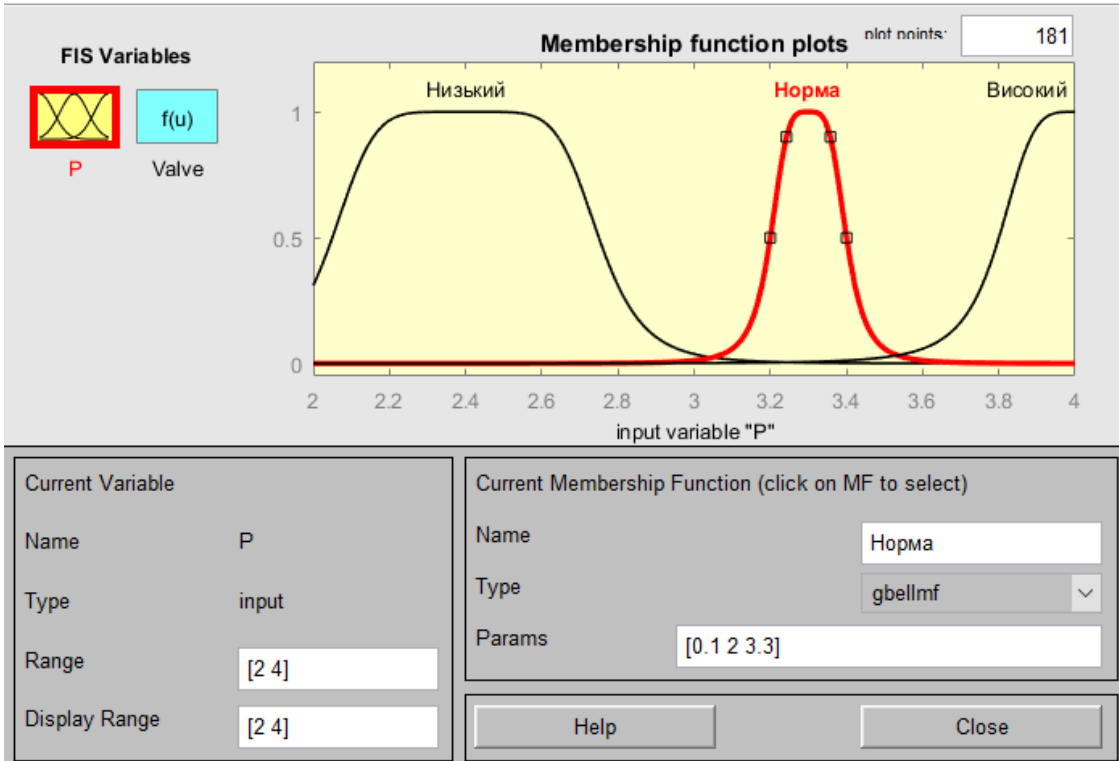


Рис. 4.53. Функція належності «Нормальний тиск»

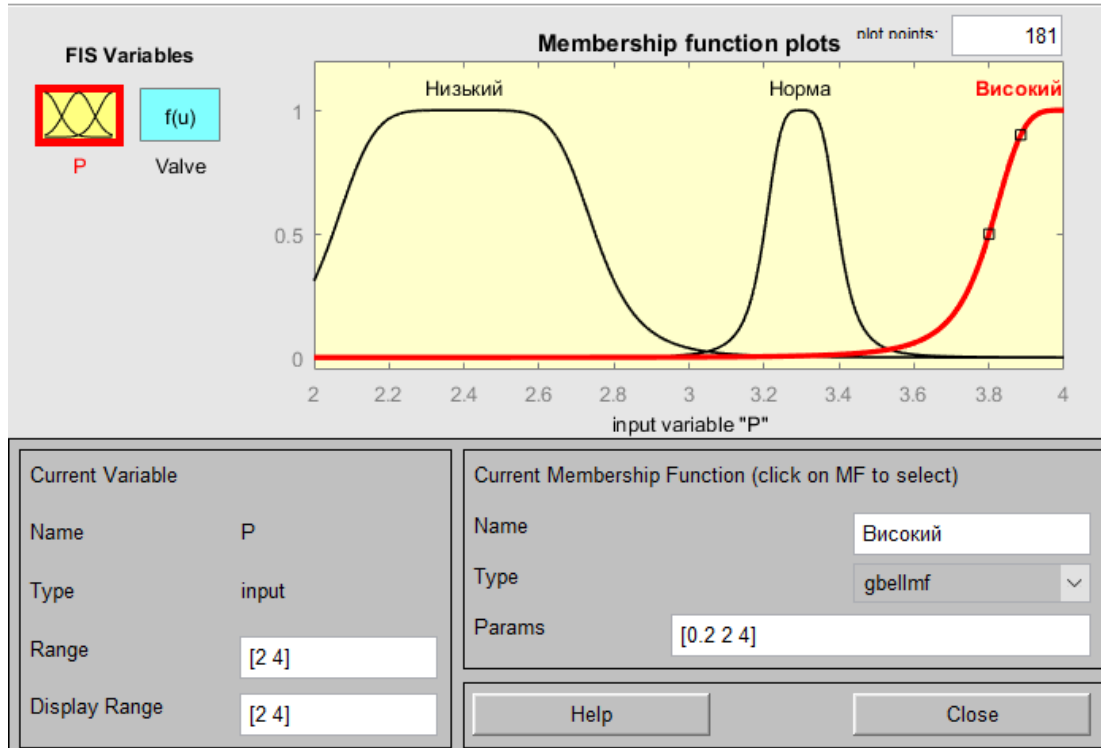


Рис. 4.54. Функція належності «Високий тиск»

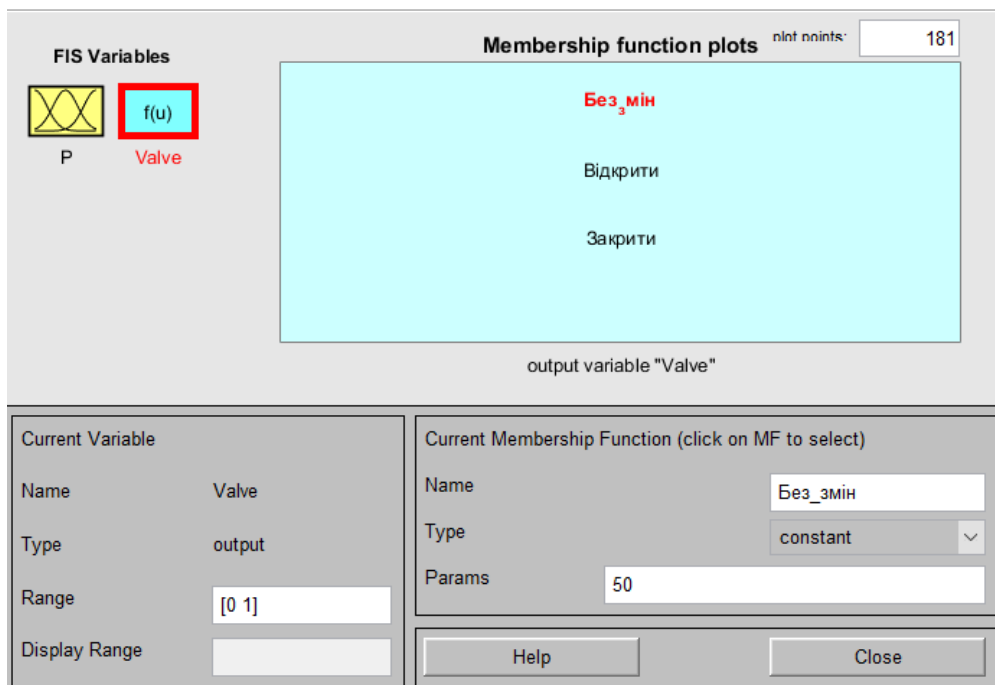


Рис. 4.55. Функція належності «Без змін»

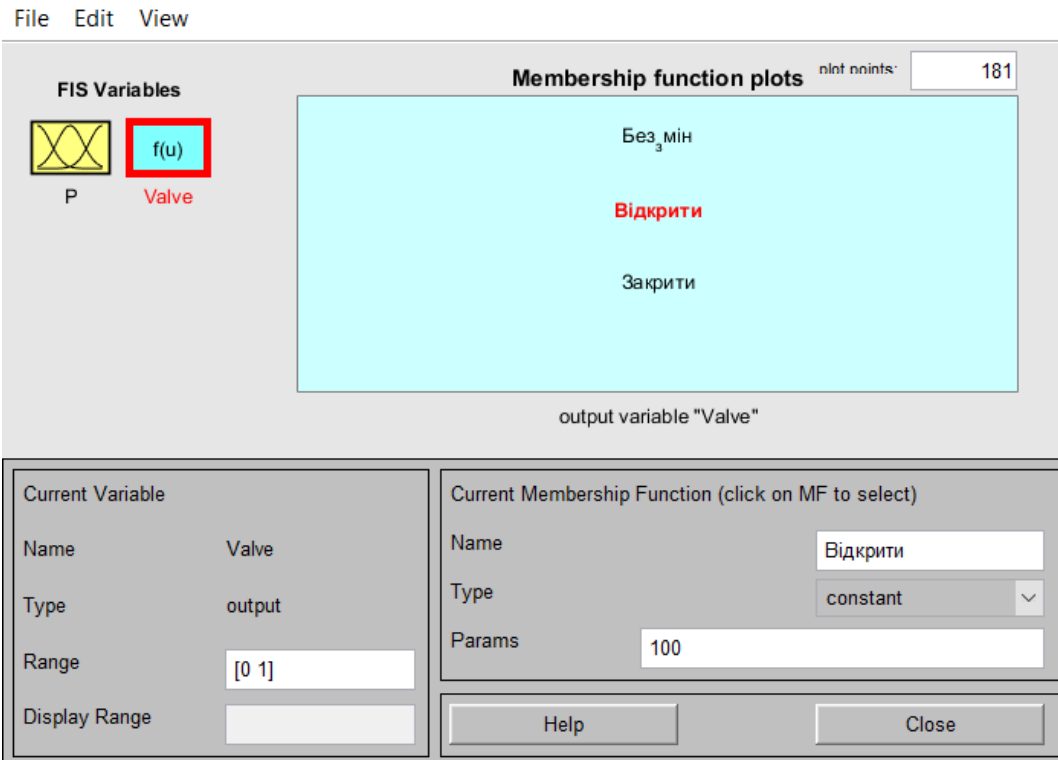


Рис. 4.56. Функція належності «Відкрити»

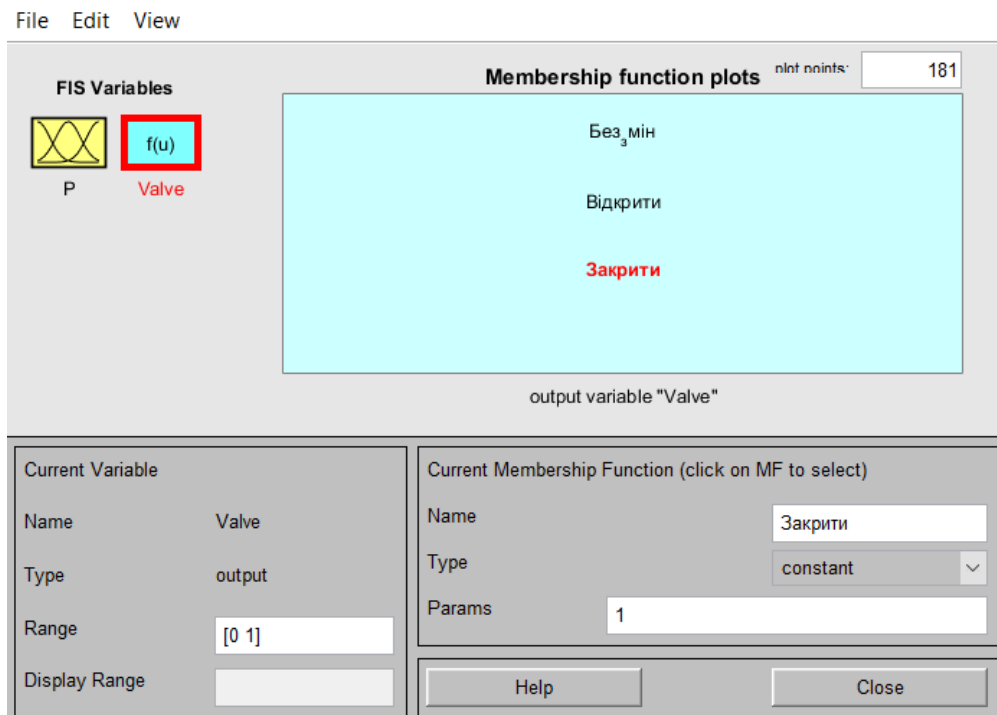


Рис. 4.57. Функція належності «Закрити»

Нечіткий регулятор спирається на правилами, за допомогою яких і виконується дія. Такі правила зазначені нижче.

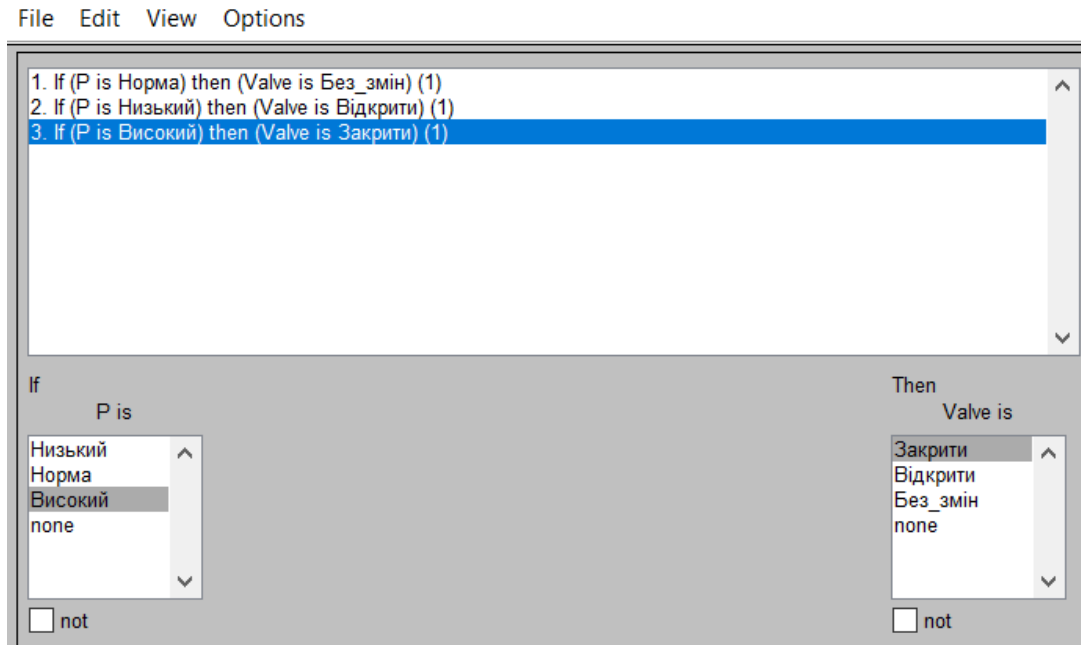


Рис. 4.58. База правил для нечіткого регулятора

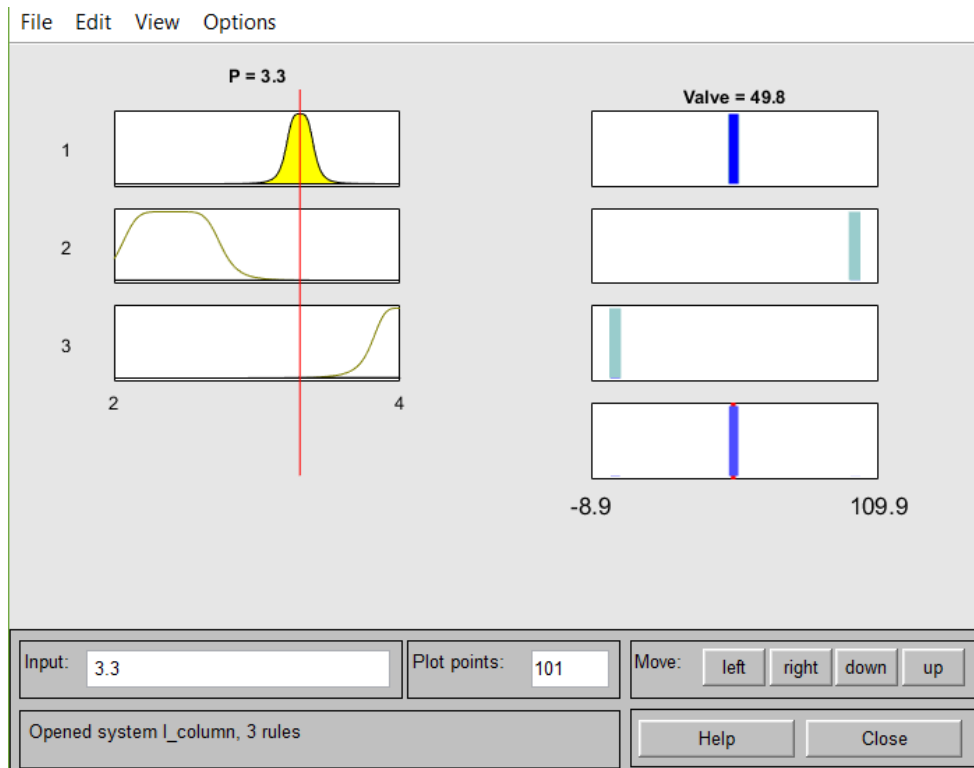


Рис. 4.59. Графічного відображення роботи алгоритму нечіткого висновку

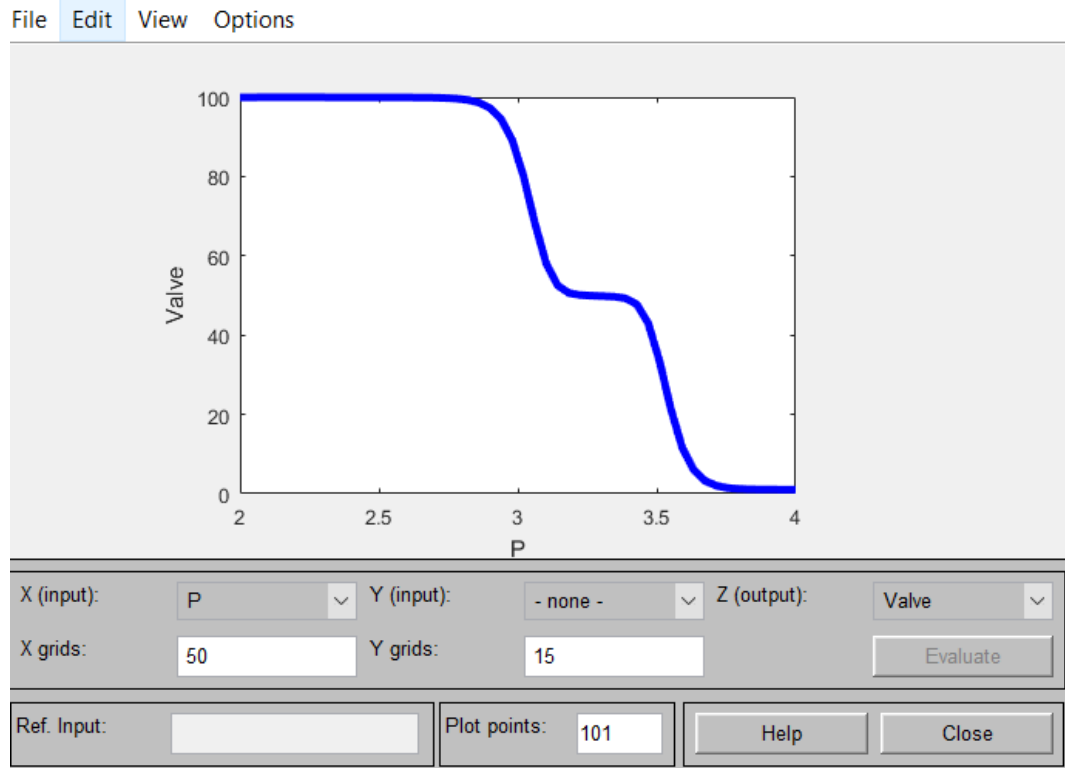


Рис. 4.60. Поверхні відгуку залежності зміни тиску та клапана

Структурну схему математичної моделі I корпусної випарної станції в застосуванні нечіткого регулятора побудовано таким же чином як і в попередньому випадку.

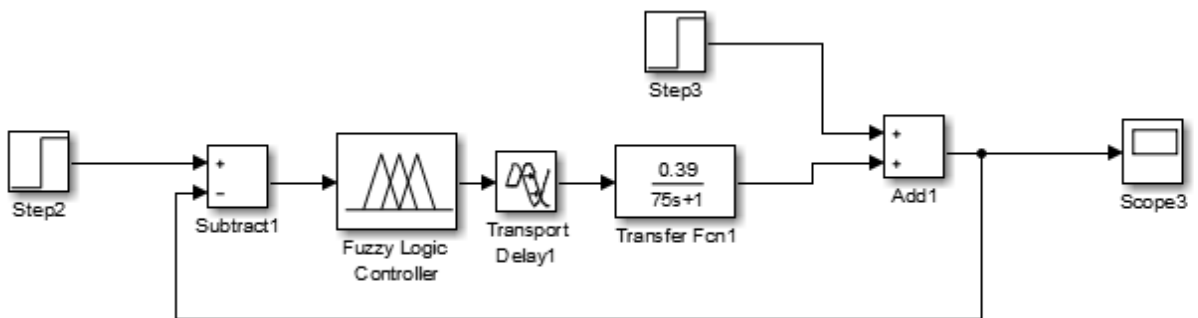


Рис. 4.61. Модель I корпусу випарної станції з нечітким регулятором

Перехідний процес регулювання тиску в I корпусі випарної станції з використанням нечіткого регулятора зображено на рисунку нижче.

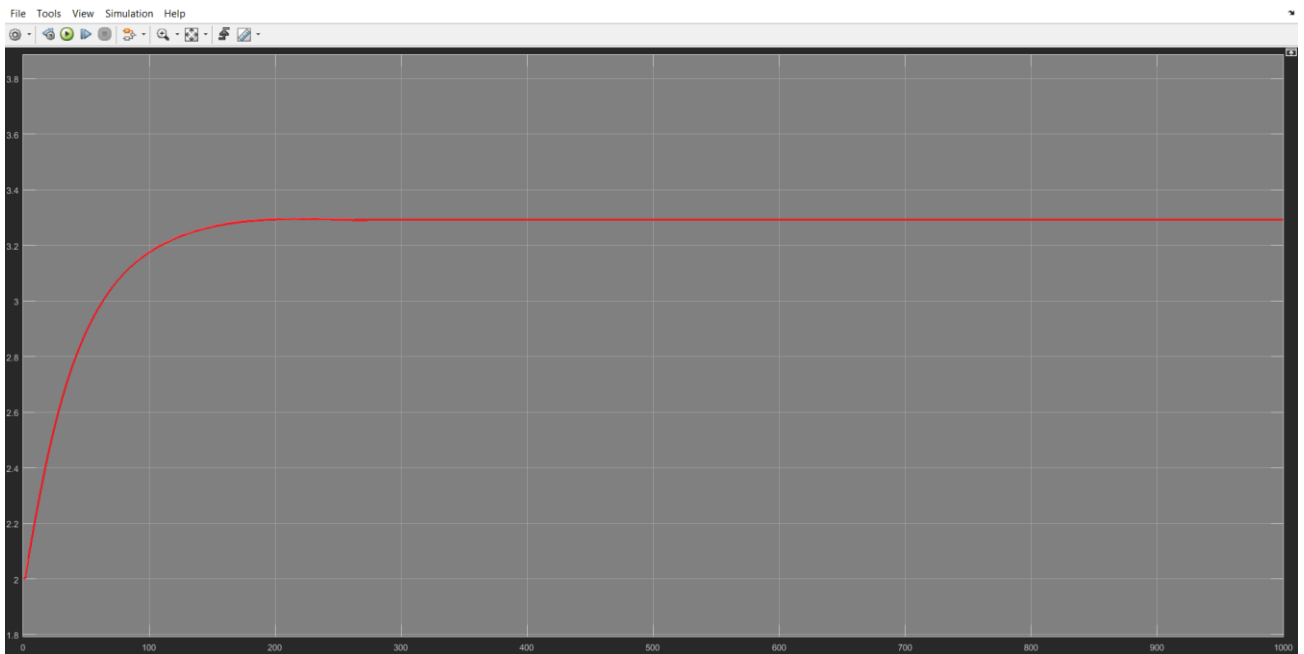


Рис. 4.62. Перехідний процес регулювання тиску в I корпусі випарної станції з нечітким регулятором

Для наглядного порівняння роботи ПІД-регулятора з нечітким регулятором модифікуємо структурну схему таким чином, як показано на рисунку нижче.

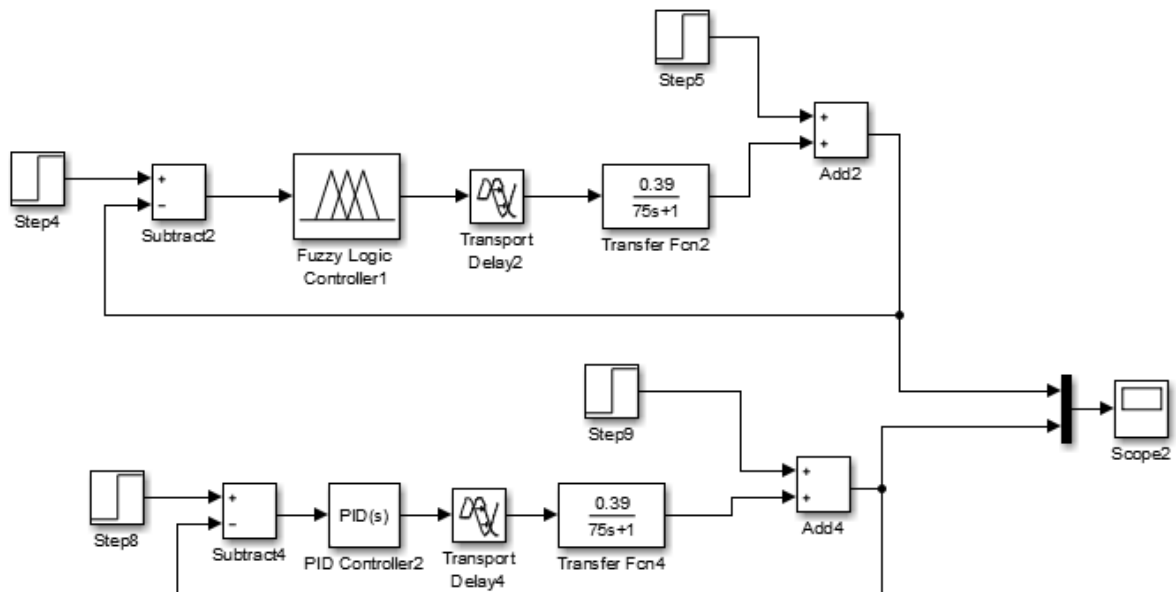


Рис. 4.63. Порівняльна структурна схема САР

На рисунку 4.64 зображено порівняння перехідних процесів регулювання тиску в I колоні випарної станції при застосуванні ПД- та нечіткого регуляторів.

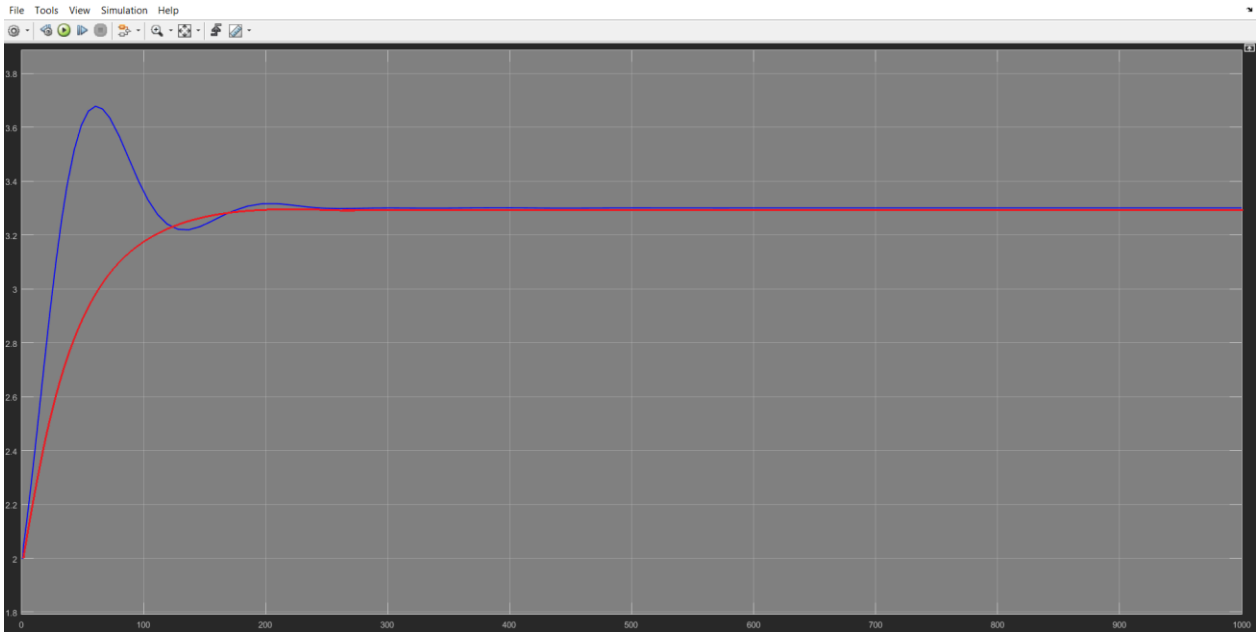


Рис. 4.64. Перехідні процеси регулювання ПД- та нечіткого регуляторів

З результатів, які я отримав, порівнявши два перехідних процеси можна зробити такі узагальнені висновки:

- 1) Динамічна похибка з використанням нечіткого регулятора є значно меншою ніж з використанням ПД-регулятора і складає 0,35 бар.
- 2) Статична похибка в обох випадках дорівнює 0.
- 3) Час регулювання у випадку з використанням ПД-регулятора складає 308 с., а з використанням нечіткого – 202 с.
- 4) Перерегулювання з використанням ПД-регулятора складає 25,7%, а в другому випадку його розрахувати неможливо.
- 5) Ступінь затухання з використанням ПД-регулятора дорівнює 0,89, а з використанням нечіткого регулятора розрахувати неможливо, так як відсутня третя амплітуда.

Висновок

У кваліфікаційній роботі мною було розроблено автоматизовану систему управління технологічним комплексом цукрового заводу з підсистемою випарної установки.

При запровадженні розробленої АСУ випарної установки на цукровому заводі відбувається значна економія тепло- та енергоносіїв, поліпшення стабільності роботи та якості цукру, збільшення обсягів переробки та підвищення вихід цукру.

Створювана автоматизована система управління технологічним процесом виробництва цукру призначена для підвищення ритмічності роботи виробництва за рахунок узгодження навантажень відділень; поліпшення якості регулювання основних технологічних параметрів; зменшення відхилень від норм технологічного режиму; заміни морально і фізично застарілих існуючих засобів автоматизації; реалізації сучасних принципів управління.

Специфічні умови для розвитку автоматизації на базі обчислювальної техніки визначаються, перш за все, тенденцією до зростання одиничної потужності цукрових заводів і зростанням ролі координаційних завдань в управлінні; зміною технологічних показників якості сировини, палива і допоміжних матеріалів; сезонністю бурякоцукрового виробництва, яка знижує ефективність систем управління в кілька разів і посилює вимоги до зниження одноразових витрат на їх створення; недостатньою забезпеченістю засобами вимірювання, первинними перетворювачами (датчиками) і особливо виконавчими механізмами і регулюючими органами належної якості.

Спираючись на це мною було використані прилади автоматики українських та зарубіжних виробників, які забезпечують поліпшення організації управління, і таким чином досягнення найкращих техніко-економічних показників виробництва.

Розроблений технологічний алгоритм автоматичного контролю і регулювання процесу випарювання дифузійного соку, котрий реалізований на базі використання програмованого логічного контролера Modicon M340 в програмному забезпеченні EcoStructure Control Expert.

Робота АСУ ТП побудована на основі динамічної мнемосхеми (SCADA-системи), котра відображає стан основного обладнання та важливих технологічних параметрів в найбільш важливих точках.

Крім того, розвиток мікропроцесорної техніки і використання теорії управління в автоматизованих системах дозволяють створити регулятори різної складності і з заздалегідь заданими властивостями. Таким чином в роботі було проведено аналіз властивостей об'єкта та синтез АСР із застосуванням лінійних регуляторів, а саме П, ПД- та нечіткого регуляторів.

Список використаної літератури

1. Ладанюк А. П. Управління випарною станцією цукрового заводу в складі теплоенергетичного комплексу / А. П. Ладанюк, О. В. Школьна // Автоматика – 2015 : матеріали XXII Міжнародної конференції з автоматичного управління Одеса, 10-11 вересня 2015 р. - Одеса, 2015. - Секція 2. Управління та ідентифікація в умовах невизначеності. – С. 97-98.
2. Школьна, О. В. Можливості підвищення ефективності управління випарною установкою цукрового заводу / О. В. Школьна // Сучасні методи, інформаційне, програмне та технічне забезпечення систем управління організаційно-технічними та технологічними комплексами : матеріали Міжнародної науково-технічної конференції, 27 лист. 2014 р.– К. : НУХТ. – 2014. – С. 114.
3. Школьна, О. В. Прогнозування динаміки споживання вторинної пари з випарної установки / О. В. Школьна, В. Д. Кишенько, А. П. Ладанюк // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». – 2016. – № 50. – С. 127-132.
4. <http://dspace.nuft.edu.ua/bitstream/123456789/28355/1/evaporating%20installations.pdf>
5. Коротинський, О.В. Цукрова галузь України / О.В.Коротинський // Вісник цукровиків України.-2014.-№12(103). - С. 9-12.
6. Филоненко, В. Н. Электроэнергия собственной выработки ТЭЦ сахарного завода: проблемы и решения / В. Н. Филоненко, Д. Н. Цыганков // САХАР. – 2013. – № 6. – С. 81-85.
7. Барало О.В., Самойленко П.Г., Гранат С.Є. Автоматизація технологічних процесів і системи автоматичного керування. – Київ.: Навчальний посібник, Аграрна освіта, 2010 – 245 с
8. <https://oaji.net/articles/2017/1004-1497516749.pdf>
9. <https://me.gov.ua/News/Detail?lang=uk-UA&id=8167683e-4087-44ac-bea5-7d119b012603&title=VUkrainiStartuvavSezonTsukrovarinnia&showMenuTree=true>
10. http://dspace.nuft.edu.ua/bitstream/123456789/4007/1/Pupena_98.pdf
11. Меньков А.В. Теоретические основы автоматизированного управления/ А.В. Меньков, В.А. Острейковский. – Учебник для вузов. – М.: Издательство Оникс, 2005. – 640 с.
12. Василенко, С. М. Економія енергоресурсів на цукрових заводах / С. М. Василенко, К. О. Штангеев // Цукор України. – 2010. – №1 (57). – С.40-43.
13. Лукінюк М. В. Автоматизація типових технологічних процесів: технологічний об'єкти керування та схеми автоматизації: навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл.,

- які навчаються за напрямом «Автоматизація і комп'ютер.-інтегр. технології/ М. В. Лукінюк. - К.: НТУУ «КПІ», 2008. - 236 с.
14. MESA International [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: www.mesa.org
 15. Харазов В.Г. Интегрированные системы управления технологическими процессами. – СПб.: Профессия, 2009. – 592 с.
 16. Цукор білий. Технічні умови : ДСТУ 4623:2006. Чинний від 2007-07-01. Київ : Держспоживстандарт України, 2007. 14 с. (Національний стандарт України).
 17. Береза А. М. Основи створення інформаційних систем: навч. посіб. / А. М. Береза. – 2 вид., перероб. і доп. – К.: КНЕУ, 2001. – 214 с.
 18. Основи інформаційних систем: Навч. посібник. – Вид. 2-ге, перероб. і доп. / В. Ф. Ситник, Т. А. Писаревська, Н. В. Єршоміна, О. С. Краєва; За ред. В. Ф. Ситника. — К.: КНЕУ, 2001. — 420 с.
 19. ДСТУ 2226-93 Автоматизовані системи. Терміни та визначення. – К.: УкрНДІССІ, 1994. – 92 с
 20. International Society of Automation [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: www.isa.org.
 21. Системний аналіз складних систем керування: Навч. посіб. / А. П. Ладанюк, Я. В. Смітюх, Л. О. Власенко, Н. А. Заєць, І. В. Ельперін. – К.: НУХТ, 2013. – 274 с.
 22. Пупена О. М. Інтеграція систем управління / О. М. Пупена, І. В. Ельперін. // Харчова і переробна промисловість. – 2005. – №1. – С. 9–11.
 23. Manufacturing Execution Systems – MES / [J. Kletti, V. Berres, O. Brauckmann та ін.]. – New York: Springer Berlin Heidelberg, 2007. – 276 с
 24. ГОСТ 24.104-85 Единая система стандартов автоматизированных систем управления. Автоматизированные системы управления. Общие требования. – М.: ИПК Стандартов, 2002. – 14с.
 25. Уліцька, О. О. Автоматизація процесів керування багатокорпусною випарною установкою в виробництві цукру: дис. ... канд. техн. наук: 05.13.07 / Уліцька Олена Олегівна. – Одес. нац. політехн. ун-т. – О., 2012. – 170 с.
 26. Школьна, О. В. Сучасні методи управління випарною установкою / О. В. Школьна // Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті : 81 міжнародна наукова конференція молодих учених, аспірантів і студентів, 23 – 24 квітня 2015 р. – К.: НУХТ, 2015. – Ч. 2. – С. 312.
 27. Ицкович Э. Л. . Методы комплексной автоматизации производства предприятий технологических отраслей: Построение MES Контроль и учет работы производства Сведение материального баланса Календарное планирование

- Оперативное управление Обслуживание и ремонт оборудования Авто / Э. Л. Ицкович. – Москва: КРАСАНД, 2013. – 232с.
28. Кваско, М.З. Оптимальное управление выпарными установками / М.З. Кваско, А.И. Жученко. – К. : УМК ВО, 1992. – 160 с.
29. Доронін А. В. Ефективність виробництва цукрових буряків та цукру в Україні / А. В. Доронін // Сталый розвиток економіки. – 2013. – № 3. – С. 51–55.
30. Каталог та документація Schneider Electric. <https://www.se.com/ua/ru/>
31. Школьна, О. В. Формалізація процесу функціонування випарної установки в складі теплоенергетичного комплексу / О. В. Школьна // Сучасні методи, інформаційне, програмне та технічне забезпечення систем управління організаційно-технічними та технологічними комплексами : матеріали II Міжнародної науково-технічної конференції, 25 листопада 2015 р. – К. : НУХТ, 2015. – С. 103-104.
32. Жуковский Э.И. Реализация задачи оценивания показателей работы завода в АСУТП сахарного производства/ Э.И. Жуковский, Ю.М. Скаковский, В.Д. Витвицкий, А.В. Бабков // Автоматизация технологических и бизнес-процессов. – Одесса: 2010 – №3.– С.16–26.
33. Автоматизация производных процессов: підручник / І.В. Ельперін, О.М. Пупена, В.М. Сідлецький, С.М. Швед. — К. : Видавництво Ліра-К, 2015. — 378 с.
34. Трегуб В.Г. Проектирование систем автоматизации: навч. посібник / В.Г. Трегуб. – К.: Ліра-К, 2014.
35. Ладанюк А.П. Теорія автоматичного керування технологічними об'єктами: навчальний посібник / А.П. Ладанюк, Архангельська К.С., Власенко Л.О.— К.: НУХТ, 2014. —274 с
36. Пупена О. М. Програмування промислових контролерів у середовищі UnityPro: навчальний посібник / О. М. Пупена, І. В. Ельперін. — Київ : Ліра К, 2015. — 376 с.
37. Системний аналіз складних систем управління. Практикум. [Текст]: навчальний посібник / А.П. Ладанюк, Я.В. Смітюх, Л.О. Власенко, Н.А. Заєць, І.В. Ельперін. – К.: НУХТ, 2014. – 157 с. (№37.49 - 02.07.2014)
38. Ладанюк А.П. Сучасні технології конструювання систем автоматизації складних об'єктів (мережеві структури, адаптація, діагностика та прогнозування) : монографія / А.П. Ладанюк, Заєць Н.А., Л.О. Власенко. – К. Видавництво Ліра-К, 2016. – 312 с.

39. Методичні рекомендації до виконання випускної кваліфікаційної роботи на здобуття освітнього ступеня «магістр» спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» освітньої програми «Комп'ютерні технології та програмування в автоматизованих системах управління» денної та заочної форм навчання / Уклад.: О.М. Пупена, І.В. Ельперін, В.Г. Трегуб. [Електронний ресурс]. – К. : НУХТ, 2019. – 37 с.