

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Автоматизована система управління брагоректифікаційної установки.

Виконав: студент VI курсу, групи СНІМ-61
спеціальності 122 Комп'ютерні науки
(шифр і назва спеціальності)

Вівчар О. В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник Боднарчук І.О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль Никитюк В. В
(підпис) (прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри Боднарчук І.О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Рецензент Лецишин Ю.З.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії
(повна назва факультету)
Кафедра комп'ютерних наук
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Боднарчук І.О.
(підпис) (прізвище та ініціали)
«____» _____ 2024 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

на здобуття освітнього ступеня Магістр
(назва освітнього ступеня)
за спеціальністю 122 Комп'ютерні науки
(шифр і назва спеціальності)
Студенту Вівчар Олег Володимирович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Автоматизована система управління брагоректифікаційної установки.

Керівник роботи Боднарчук Ігор Орестович, к.т.н., доцент кафедри КН
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 24 » листопада 2023 року № 4/7-1100

2. Термін подання студентом завершеної роботи 29 травня 2024р.

3. Вихідні дані до роботи Наукові публікації та літературні джерела щодо розробки інформаційної системи обліку даних про оренду житла

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

Вступ. 1. Аналіз брагоректифікаційної установки та систем управління. 1.1. Характеристика й різновид брагоректифікаційної установки 1.2. Характеристика й різновид автоматизованих систем управління 1.3. Аналіз стану брагоректифікаційної установки 1.4. Причини автоматизації брагоректифікаційної установки 1.5. Очікуваний ефект від впровадження автоматизації 1.6. Висновок до першого розділу 2. Дослідження технологій для управління та автоматизації брагоректифікаційної установки 2.1. Складові впровадження автоматизації. 2.2. Дослідження та аналіз оптимального ПЛК 2.3. Промислові протоколи передачі даних. 2.4. Класифікація регуляторів 2.5. Висновок до другого розділу.

3. Розробка проекту автоматизації брагоректифікаційної установки. 3.1. Вимоги до системи автоматизації. 3.2. Розробка автоматизованої системи управління. 3.3 Розробка SCADA – системи. 3.4. Робробка проекту в Maschine Expert. 3.5. Налаштування з'єднання через OPC UA SCADA-системи 3.6. Розроблена система автоматизації. 3.7. Висновок до третього розділу

4. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. 4.1. Проведення інструктажів з охорони праці. 4.2 Заходи з техніки безпеки при експлуатації вакуумних установок. 4.3 Вимоги пожежної безпеки при гасінні електроустановок. 4.4. Висновок до четвертого розділу. Висновки. Додатки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Сенчишин В.С., доцент		
Безпека в надзвичайних ситуаціях	Клепчик В.М., ст. викладач		

7. Дата видачі завдання 24 листопада 2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	Ознайомлення з завданням до кваліфікаційної роботи	04.12.2023	Виконано
2.	Підбір наукових джерел про розробку автоматизованої система управління брагоректифікаційної установки	15.12.2023–31.11.2023	Виконано
3.	Опрацювання наукових публікацій та збір даних по темі роботи	15.01.2024–25.02.2024	Виконано
4.	Виконання дослідження згідно мети кваліфікаційної роботи	26.02.2024–07.04.2024	Виконано
5.	Оформлення розділу «Аналіз брагоректифікаційної установки та систем управління»	15.04.2024–18.04.2024	Виконано
6.	Оформлення розділу «Дослідження технологій для управління та автоматизації брагоректифікаційної установки»	19.04.2024–25.04.2024	Виконано
7.	Оформлення розділу «Розробка проекту автоматизації брагоректифікаційної установки»	26.04.2024–02.05.2024	Виконано
8.	Виконання завдання до підрозділу «Охорона праці»	03.05.2024–07.05.2024	Виконано
9.	Виконання завдання до підрозділу «Безпека в надзвичайних ситуаціях»	08.05.2024–10.05.2024	Виконано
10.	Оформлення кваліфікаційної роботи	11.05.2024–14.05.2024	Виконано
11.	Нормоконтроль	15.05.2024–16.05.2024	Виконано
12.	Перевірка на плагіат	17.05.2024	Виконано
13.	Попередній захист кваліфікаційної роботи	21.05.2024	Виконано
14.	Захист кваліфікаційної роботи	29.05.2024	

Студент

(підпис)

Вівчар О. В.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Боднарчук І. О.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Автоматизована система управління брагоректифікаційної установки. // Кваліфікаційна робота освітнього рівня «Магістр» // Вівчар Олег Володимирович// Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії, кафедра комп'ютерних наук, група СНм-61 // Тернопіль, 2024 // С. 78, рис. – 20, табл. – 0, кресл. – 0, додат. – 2, бібліогр. – 53.

Ключові слова: брагоректифікаційна установка, автоматизована система управління, АСК ТП, SCADA, регулятор, контролер.

Кваліфікаційна робота присвячена розробці автоматизованої системи управління брагоректифікаційної установки.

У першому розділі проведено аналіз брагоректифікаційної установки та існуючих систем управління. Охарактеризовано різновиди установок, автоматизованих систем управління та проаналізовано стан брагоректифікаційної установки, що обґрунтовує необхідність її автоматизації. Розглянуто причини автоматизації та очікувані ефекти від впровадження, такі як підвищення продуктивності, зниження втрат і покращення якості продукції.

Другий розділ присвячений дослідженню технологій для управління та автоматизації брагоректифікаційної установки. Проведено аналіз і вибір оптимального програмованого логічного контролера (ПЛК), серед яких обрано Schneider Electric M262 через його технічні характеристики, можливості інтеграції та підтримку протоколу OPC UA. Також досліджено промислові протоколи передачі даних та класифіковано різні типи регуляторів, такі як ПД, Р, PI, PD, адаптивні, неінтерактивні та прогнозуючі регулятори.

У третьому розділі розроблено проект автоматизації брагоректифікаційної установки. Визначено вимоги до системи автоматизації, розроблено автоматизовану систему управління та SCADA-систему. Використано програмне забезпечення Machine Expert для налаштування контролера Schneider Electric M262, інтегровано бібліотеки SE_Toolbox і oscatbasic. Особливу увагу

приділено налаштуванню з'єднання через OPC UA для забезпечення надійної передачі даних між контролером та SCADA-системою.

У висновку роботи підведено підсумки досліджень і практичної реалізації автоматизованої системи керування. Впроваджена система забезпечує високу продуктивність, знижує витрати та підвищує якість продукції, а також гарантує безпеку експлуатації брагоректифікаційної установки. Отримані результати підтверджують ефективність обраних технологій і підходів, що дозволяє рекомендувати їх для використання в аналогічних проектах автоматизації.

ANNOTATION

Automated control system of grout rectification installation // The educational level "Master" qualification work // Oleg Vivchar // Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Faculty of Computer Information Systems and Software Engineering, Department of Computer Science, SNnm-61 group // Ternopil, 2024 // P. 78, fig. – 20, tables – 0, posters – 0, annexes – 2, ref. – 53.

Key words: brewhouse, automated control system, process control system, SCADA, regulator, controller.

The qualification work is devoted to the development of an automated control system for a brewery.

The first chapter analyzes the brewery and existing control systems. The types of plants, automated control systems are characterized and the state of the brewery is analyzed, which justifies the need for its automation. The reasons for automation and the expected effects of implementation, such as increased productivity, reduced losses and improved product quality, are considered.

The second section is devoted to the study of technologies for control and automation of the brewery. The analysis and selection of the optimal programmable logic controller (PLC) was carried out, among which Schneider Electric M262 was chosen due to its technical characteristics, integration capabilities, and support for the OPC UA protocol. Industrial data communication protocols are also investigated and different types of controllers are classified, such as PID, P, PI, PD, adaptive, non-interactive, and predictive controllers.

In the third section, a project for the automation of the brago rectification unit is developed. The requirements for the automation system were determined, an automated control system and a SCADA system were developed. The Machine Expert software was used to configure the Schneider Electric M262 controller, and the SE_Toolbox and oscatbasic libraries were integrated. Particular attention is paid to

setting up the connection via OPC UA to ensure reliable data transmission between the controller and the SCADA system.

The paper concludes with a summary of the research and practical implementation of the automated control system. The implemented system ensures high productivity, reduces costs and improves product quality, and guarantees the safety of the brewery operation. The obtained results confirm the effectiveness of the selected technologies and approaches, which allows us to recommend them for use in similar automation projects.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

БД (База даних) – система для зберігання та організації даних.

ПЗ – програмне забезпечення.

ПК – персональний комп'ютер.

АСК ТП – автоматизована система керування технологічним процесом.

БРУ – брагоректифікаційна установка.

ТОУ – технологічний об'єкт управління.

ПЛК – програмований логічний контролер.

SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) – комплекс засобів для моніторингу, аналізу та управління.

SQL (Structured Query Language) – мова структурованих запитань, використовується для управління та маніпуляції даними у базах даних.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	10
1 АНАЛІЗ БРАГОРЕКТИФІКАЦІЙНОЇ УСТАНОВКИ ТА СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ.....	13
1.1 Характеристика й різновид брагоректифікаційної установки.....	13
1.2 Характеристика й різновид автоматизованих систем управління.....	17
1.3 Аналіз стану брагоректифікаційної установки.....	19
1.4 Причини автоматизації брагоректифікаційної установки	21
1.5 Очікуваний ефект від впровадження автоматизації.....	22
1.6 Висновок до першого розділу	25
2. ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ УПРАВЛІННЯ ТА АВТОМАТИЗАЦІЇ БРАГОРЕКТИФІКАЦІЙНОЇ УСТАНОВКИ.....	26
2.1 Складові впровадження автоматизації.....	26
2.2 Дослідження та аналіз оптимального ПЛК.....	27
2.2.1 Schneider Electric M241.....	28
2.2.2 Schneider Electric M262.....	30
2.2.3 Siemens SIMATIC S7–1200.....	32
2.3 Промислові протоколи передачі даних.....	34
2.4 Класифікація регуляторів	37
2.4.1 Пропорційно-Інтегрально-Диференційний (ПІД) регулятор	38
2.4.2 Пропорційний (P) регулятор	40
2.4.3 Пропорційно-Інтегральний (PI) регулятор.....	41
2.4.4 Пропорційно-Диференційний (PD) регулятор	41
2.4.5 Адаптивні регулятори.....	42
2.4.6 Неінтерактивні регулятори	43
2.4.7 Робастні регулятори	44
2.5 Висновок до другого розділу.....	45
3. РОЗРОБКА ПРОЕКТУ АВТОМАТИЗАЦІЇ БРАГОРЕКТИФІКАЦІЙНОЇ УСТАНОВКИ.....	47
3.1 Вимоги до системи автоматизації	47

3.2	Розробка автоматизованої системи управління.....	48
3.3	Розробка SCADA – системи	50
3.4	Робробка проекту в Maschine Expert	53
3.5	Налаштування з'єднання через OPC UA SCADA–системи.....	58
3.5.1	Налаштування OPC UA.....	58
3.5.2	Вибір тегів для передачі по OPC UA.....	60
3.6	Розроблена система автоматизації	60
3.7	Висновок до третього розділу	61
4	ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	63
4.1	Проведення інструктажів з охорони праці.	63
4.2	Заходи з техніки безпеки при експлуатації вакуумних установок.	66
4.3	Вимоги пожежної безпеки при гасінні електроустановок.	68
4.4	Висновок до четвертого розділу.....	70
	ВИСНОВКИ	72
	ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ.....	74
	ДОДАТКИ	

ВСТУП

Актуальність теми. Протягом останніх п'яти років можна побачити тенденцію автоматизації брагоректифікаційної установки.

Брагоректифікація – це завершальний етап виробництва етилового спирту, який здійснюється на спеціальних установках (БРУ). Основним завданням даних установок є отримання спирту високої якості за мінімальних витрат енергії – одна з ключових проблем у цій галузі.

Якщо ж говорити про існуючі методи систем автоматичного керування, то вони не завжди в повній мірі можуть відповідати вимогам до якості готової продукції та енергоефективності. Саме тому розробка і впровадження новітніх методів управління в системах автоматизації БРУ стає пріоритетною задачею, яка може забезпечити виконання цих вимог.

Основними цілями впровадження АСК є:

- Забезпечення стійких показників якості кінцевого продукту – після введення в експлуатацію автоматизованої системи управління, буде забезпечено постійний контроль та моніторинг важливих показників виробництва.
- Зниження витрат енергії на процес брагоректифікації – забезпечення більш точного керування і швидшої реакції системи на збурення, яке призведе до економії енергоресурсу.

У зв'язку з цим, автоматизація брагоректифікаційної установки забезпечить не тільки стабільно високу якість готового продукту й економічну вигоду. Дана система здатна забезпечити моніторинг і постійний контроль за процесом виробництва й мінімізувати енергетичні втрати.

Мета і задачі дослідження. Ця магістерська робота має на меті дослідити та впровадити нові методи автоматичного керування БРУ.

Метою кваліфікаційної роботи є розробка і впровадження автоматизованої системи керування для відділення брагоректифікації. Для досягнення цієї мети необхідно вирішити наступні задачі:

- 1) Здійснити аналіз існуючих систем обліку брагоректифікаційних установок.
- 2) Розробити структуру та алгоритм впровадження автоматизації БРУ.
- 3) Реалізувати систему для відстеження й збереження обліку даних про брагоректифікаційні процеси.
- 4) Проведення тестових випробувань системи для оцінки її працездатності та відповідності поставленим вимогам.

Об'єкт дослідження: система управління брагоректифікаційної установки.

Предмет дослідження: методи та алгоритми автоматичного керування брагоректифікаційними установками (БРУ) для покращення якості етилового спирту та економії енергоресурсів.

Наукова новизна одержаних результатів кваліфікаційної роботи полягає у введенні в експлуатацію нових механізмів для контролю й регулювання процесом виробництва на БРУ, та використанні сучасних технологій задля забезпечення максимальної ефективності робочого процесу.

Практичне значення одержаних результатів. В результаті виконання даного дослідження розроблена автоматична система управління в БРУ. Дана система дозволить стежити, вносити корективи у технологічний процес виробництва в реальному часі а також переглядати архів із збереженими даними.

Апробація результатів магістерської роботи. Основні результати проведених досліджень обговорювались на VII Міжнародна студентська науково-технічна конференція «Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання» Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя (м. Тернопіль, 25–26 квітня 2024 року) і на XII Міжнародна науково-практична конференція «Формування механізму зміцнення конкурентних позицій національних економічних систем у глобальному, регіональному та локальному вимірах» Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя (м. Тернопіль, 16 травня 2024 року).

Публікації. Основні результати кваліфікаційної роботи опубліковано у двох працях конференції (додатки А, Б).

Структура й обсяг кваліфікаційної роботи. Кваліфікаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку літератури з 53 найменування та 2 додатків. Загальний обсяг кваліфікаційної роботи складає 78 сторінок, з них 63 сторінки основного тексту, який містить 20 рисунків.

1 АНАЛІЗ БРАГОРЕКТИФІКАЦІЙНОЇ УСТАНОВКИ ТА СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ

1.1 Характеристика й різновид брагоректифікаційної установки

При виробництві з бражки ректифікованого спирту зазвичай використовуються брагоректифікаційні установки (БРУ).

Брагоректифікаційна установка (БРУ) є найважливішим та найбільш енергозатратним етапом виробництва спиртової суміші, забезпечуючи її розділення на фракції з різним вмістом спирту. Ефективна робота установки гарантує отримання якісного продукту та економне використання ресурсів.

Зазвичай, брагоректифікаційна установка складається з комплексу технологічних пристроїв, що дозволяють проводити процеси перегонки та ректифікації. Основна мета брагоректифікації полягає в очищенні спирту – ректифікату від більшості домішок та досягненні його стандартної концентрації [1].

Основні компоненти установки включають у себе різноманітні апарати, такі як колони дистиляції, ректифікаційні колони, конденсатори, рекуператори, а також насоси, резервуари та системи автоматизації та контролю.

Перший етап процесу – перегонка, під час якої відбувається розділення бражки на спирт та воду [2]. Після цього спиртова пара піддається ректифікації, що полягає у багаторазовому перегоні у спеціальних ректифікаційних колонах. Цей процес дозволяє додатково очистити спирт від небажаних домішок, що підвищує якість кінцевого продукту.

Кожна брагоректифікаційна установка розробляється та налаштовується враховуючи конкретні потреби виробництва та технологічні вимоги. Вона відіграє важливу роль у забезпеченні стабільної якості та ефективності виробництва спиртових напоїв, забезпечуючи оптимальні умови для процесів перегонки та ректифікації.

Стандартний набір колон для функціонування даної установки включає в себе три основні колони: бражна(дистиляційна), епіюраційна, ректифікаційна та 1 – 3 додаткові, які встановлюються за необхідності [2].

На рисунку 1.1 наведено стандартну схему БРУ.

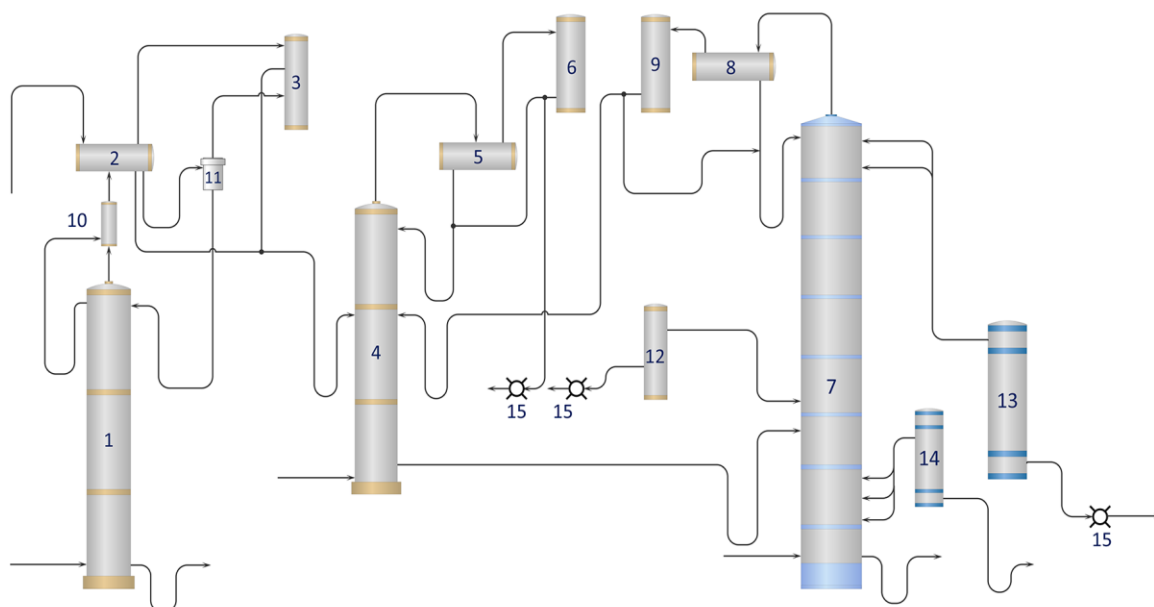


Рисунок 1.1 – трьох колонна схема БРУ:

1 – бражна колона; 2 – підігрівач; 3 – додатковий конденсатор; 3' – конденсатор парів з конденсатора; 4 – епіюраційна колона; 5 – дефлегматор епіюраційної колони; 6 – конденсатор епіюраційної колони; 7 – ректифікаційна колона; 8 – дефлегматор; 9 – конденсатор ректифікаційної колони; 10 – ловушка; 11 – сепаратор; 12 – холодильник сивушного спирту; 1, 3 – холодильники ректифікованого спирту; 14 – холодильник сивушних парів; 15 – ліхтарі.

Бражна колона використовується для розділення барди і бражного дистиляту [1]. До складу барди, яка накопичується в нижній частині колони входять екстрактивні речовини, завислі частки бражки та хвостових домішок. Натомість легка частина бражки разом з бражним дистилятом а також етиловий спирт, вода та інші легкі домішки у вигляді пари потрапляють у дефлегматор де відбувається теплообмін, а саме бражка яка надходить на БРУ нагрівається, а пари з колони охолоджуються. Після дефлегматора пара яка не сконденсувалася

має більшу міцність і надходить на конденсатор де її охолоджують і подають після цього на живлення епіюраційної колони [2]. Підігріта бражка, у свою чергу, проходить спочатку через сепаратор, де з її складу виділяється вуглекислий газ, а потім подається на верхню частину бражної колони. Вуглекислий газ із парами проходить через спиртовловлювач, в якому відбираються залишки спирту, а все інше викидається в атмосферу. Бражний дистилят, який пройшов через послідовні етапи обробки у дефлегматорі, підігрівачі, конденсаторі та спиртозберігачі, надсилається до епіюраційної колони. Важливо зазначити, що епіюраційна колона також оснащена дефлегматором та конденсатором. Призначення цієї колони полягає в тому, щоб відокремити головні домішки. У верхній частині колони головні домішки відділяються, тоді як у нижній частині вони концентруються. Пара, яку ми отримуємо на виході з епіюраційної колони подається в дефлегматор, де більша частина конденсується і повертається на верхню тарілку колони у вигляді флегми. Незначна кількість пари пропускається через дефлегматор і повністю перетворюється в рідку форму у конденсаторі. Отриманий продукт дистиляції містить спирт, альдегіди, легкі ефіри і кислоти у складі ефірно-альдегідної фракції з концентрацією 95–96,5% об'єму [2]. Головна частина цієї фракції виводиться з установки за допомогою ротаметра та ліхтаря.

Розчин, що складається з води та спирту і вже очищений від більшості основних домішок (епіурат), подається до спиртової колони. У цій колоні з епіурату виділяється концентрований етиловий спирт, а також проміжні компоненти, такі як сивушне масло і сивушний спирт. Пара з невеликою кількістю головних домішок з верхньої частини спиртової колони проходить через дефлегматор і конденсатор [1]. Частину конденсату, що утворює флегму, повертають назад у колону. Рідина, яка відпливає з конденсатора і називається непастеризованим або нестандартним спиртом, також повертається до епіюраційної колони. Ректифікований (пастеризований) спирт, що зберігається у формі рідини, забирається з верхніх тарілок (3, 4, 6, 7, 8) спиртової колони та подається в холодильник. Звідти через оглядовий ліхтар і лічильник спирту він направляється до спиртосховища [2].

Проміжні компоненти зі спиртової колони видаляються у двох окремих фракціях. Найлегші з них, у формі рідини (сивушний спирт), відведені з тарілок 16–21, починаючи знизу. Цей сивушний спирт направляється через холодильник до ліхтаря. Фракція у формі пари, утворена більш важкими компонентами, збирається з тарілок 6, 8, 10, 12, а потім конденсується у конденсаторі. Рідина, яка утворилася після конденсації, пройшла через ліхтар і відправляється до екстрактора, де її промивають водою, для виділення сивушного масла.

З кубової частини ректифікаційної колони через гідравлічний затвор відводиться лютерна вода [7].

Існує три типи БРУ, в залежності від включення в схему виробництва бражної колони:

- прямої.
- непрямої.
- напівпрямої.

Установки брагоректифікації прямої дії використовують водно–спиртову пару з епюраційної колони, що забезпечує більш ефективне використання енергії та ресурсів, але може знизити виходи ректифікованого спирту.

Брагоректифікаційні установки непрямої дії забезпечують виробництво високоякісного спирту та є загальноприйнятими. Усі колони зв'язані між собою лише рідинними потоками, що спрощує процес управління [2]. Проте ці установки вимагають значних витрат пари і води.

У системах напівпрямої дії пара спирту та води з бражної колони подається через сепаратор у епюраційну колону [6]. Рідина, що залишилася після відокремлення від легколетких домішок, направляється у вигляді епюрату до спиртової колони. Ці системи ефективно використовують пару, трохи зменшуючи її споживання порівняно з установками непрямої дії, і забезпечують високу якість отриманого спирту.

1.2 Характеристика й різновид автоматизованих систем управління

Сучасне виробництво неможливо уявити без автоматизованих систем управління (АСК). Ці комплексні системи, що поєднують в собі апаратні та програмні компоненти, беруть на себе контроль над виробничими та технологічними процесами [3]. Уявіть собі складний механізм, де кожен компонент відіграє важливу роль, а всі вони працюють разом, щоб досягти спільної мети. Саме так можна описати технологічний процес, який керується АСК ТП (автоматизованою системою управління технологічними процесами) [4].

Цей підхід орієнтований на підвищення ефективності виробництва, оптимізацію використання ресурсів та покращення загальних результатів підприємства. Шляхом автоматизації можна значно підвищити продуктивність, знизити час виготовлення продукції та поліпшити якість готової продукції.

Однією з ключових переваг автоматизації є збільшення продуктивності. Автоматичні системи дозволяють виконувати багато операцій швидше і ефективніше, ніж це можна зробити вручну. Це дозволяє підприємствам збільшити обсяги виробництва та забезпечити виконання термінових замовлень.

Крім того, автоматизація дозволяє знизити витрати на робочу силу та матеріалих [5]. Завдяки ефективнішому використанню ресурсів можна значно скоротити витрати підприємства та підвищити його конкурентоспроможність на ринку.

Поліпшення якості продукції – ще один важливий аспект автоматизації. Системи автоматизації дозволяють забезпечити більш точний контроль за процесами виробництва, що допомагає уникнути дефектів та забезпечити високу якість готової продукції [5].

Незважаючи на всі переваги, автоматизація також вимагає значних витрат на впровадження та обслуговування систем. Крім того, для роботи з автоматизованими системами потрібен кваліфікований персонал, що може стати проблемою для багатьох підприємств. Також інтеграція нових автоматизованих

систем з існуючими може стати складною задачею, що вимагає спеціалізованих знань та додаткових витрат.

Важливо також зазначити, що автоматизація може мати значний вплив на робочі місця. Впровадження автоматизованих систем може призвести до скорочення робочих місць.

Етичні аспекти автоматизації також потребують уваги. Важливо використовувати автоматизовані системи таким чином, щоб не завдати шкоди людям або навколишньому середовищу.

Сталий розвиток – це ще один важливий аспект, який слід враховувати при автоматизації виробництва. Автоматизовані системи управління повинні бути енергоефективними та мінімізувати викиди шкідливих речовин.

АСК ТП – це не просто набір датчиків та комп'ютерів, це диригент, який веде оркестр технологічного процесу [4]:

- АСК ТП збирає дані про стан кожного компонента, відстежуючи безліч параметрів, щоб гарантувати злагоджену роботу "оркестру".
- Якщо виникають якісь збурення то АСК ТП вносить корективи, щоб повернути процес до оптимального режиму.
- АСК ТП аналізує дані та визначає, який режим роботи буде найефективнішим у даний момент, роблячи процес максимально продуктивним.
- АСК ТП не просто дає команди, вона й стежить за їх виконанням, роблячи необхідні корективи в режимі реального часу, щоб "оркестр" звучав бездоганно.

Простіше кажучи, АСК ТП – це мозок, нервова система та диригент технологічного процесу. Вона збирає інформацію, аналізує її, приймає рішення та втілює їх у життя, роблячи все можливе, щоб процес працював максимально ефективно, стабільно та бездоганно [3].

Варто зазначити, що при впровадженні АСК технологічний об'єкт управління повинен відповідати наступним вимогам:

1. Устаткування повинне працювати за допомогою виконавчих механізмів і перебувати в справному стані.
2. Оптимальним варіантом є безперервний процес.

3. Технологічна схема повинна бути складена таким чином, щоб забезпечити можливість керування об'єкта, тобто:

- сегментований на чітко визначені зони, що дозволяє управляти технологічним режимом в кожній з них за допомогою маніпуляцій з матеріальними або енергетичними потоками.
- можливість впливати на функціональні характеристики обладнання.
- надання можливості персоналу, відповідального за обслуговування, вільно досягати місць розміщення датчиків та органів регулювання.
- Необхідно мінімізувати кількість зовнішніх впливів, які порушують технологічний режим. Це робиться за допомогою проміжних апаратів (ресиверів, ємностей з мішалками, теплообмінників), що зменшують амплітуду та частоту коливань таких параметрів, як тиск, склад та температура. Це, в свою чергу, стабілізує роботу системи та покращує якість кінцевого продукту.

Управління ТОУ вимагає кваліфікованого підходу та постійного контролю, адже зовнішні збурюючі впливи можуть призвести до нестабільності та порушення технологічного режиму.

Збурювання умовно поділяють на дві категорії, зовнішні і внутрішні [9]. До зовнішніх відносять збурення які виникають внаслідок зміни вхідних, або вихідних параметрів. Наприклад, якщо збільшити відбір з колони, зменшуватиметься рівень в кубі колони. Зменшити тиск в паровому колекторі, зменшиться кількість пари яка надходитиме на обігрів колон. Внутрішні збурення виникають через зміну технологічного режиму в технологічному об'єкті управління, яка обумовлена внутрішніми факторами, пов'язаними з змінами в характеристиках обладнання [8].

1.3 Аналіз стану брагоректифікаційної установки

Під час аналізу стану брагоректифікаційної установки, було виявлено ряд технічних проблем, які потребують уваги та негайного вирішення.

Необхідно звернути увагу на те, що обладнання не проходить регулярне технічне обслуговування, що може призвести до накопичення несправностей та

зниження продуктивності [11]. Крім цього, деякі важливі компоненти установки виявляють ознаки зносу, що може погіршити їхню працездатність та надійність. Деякі датчики та сенсори працюють неправильно, що може призвести до неточностей в вимірюваннях та збоїв у системі автоматизації. Проблеми також виникають зі стабільністю системи управління, що може призвести до перебоїв у роботі установки. Крім того, деякі використовувані програмні рішення застарілі або не відповідають сучасним вимогам, що обмежує їхню функціональність та ефективність. Ці технічні недоліки у системі управління становлять серйозні перешкоди для оптимальної роботи брагоректифікаційної установки і потребують негайного усунення для забезпечення її надійності та ефективності.

Однією з ключових проблем даної установки також є недостатня ефективність системи охолодження. Необхідно провести детальний аналіз та виявити причини цього явища, оскільки несправність системи охолодження може призвести до перегріву обладнання та зниження продуктивності всього процесу.

Іншою проблемою є недостатня автоматизація контрольно-вимірювальних процесів. Відсутність сучасних систем моніторингу та контролю може ускладнити виявлення та вирішення проблем в установці. Рекомендується впровадити сучасні системи автоматизації для підвищення ефективності контролю та вимірювань.

Аналіз стану брагоректифікаційної установки виявив декілька серйозних проблем, які потребують негайного вирішення. Необхідно вжити заходів для покращення ефективності системи охолодження, заміни контрольно-вимірювальних приладів та впровадження сучасних систем контролю та вимірювань. Тільки таким чином можна забезпечити стабільну та ефективну роботу установки, збільшити якість продукції та знизити ризики виробничих аварій. Ретельне вирішення цих проблем дозволить підвищити загальну продуктивність установки та покращити умови її функціонування, сприяючи подальшому розвитку виробництва та досягненню високих стандартів якості.

1.4 Причини автоматизації брагоректифікаційної установки

Загалом, автоматизація брагоректифікаційної установки є не лише можливістю оптимізувати виробництво, але й стратегічним кроком для підвищення ефективності, якості та конкурентоспроможності підприємства. Нижче розглянуті ключові моменти, які визначають необхідність автоматизації цього процесу [11]:

1. Підвищення продуктивності: Автоматизація дозволяє збільшити швидкість виробництва та знизити час затримок [12]. В брагоректифікаційній установці, автоматичне регулювання температури та тиску у різних частинах процесу дозволяє підтримувати оптимальні умови, що прискорює час переробки сировини.

2. Зменшення витрат і підвищення ефективності виробництва: Автоматизація допомагає знизити витрати енергії, матеріалів та людських ресурсів [13]. Використання сенсорів для контролю рівня реакції у брагоректифікаційній установці може допомогти уникнути перепродукції, зменшуючи витрати на сировину та електроенергію.

3. Забезпечення якості продукції: Автоматизація дозволяє підтримувати сталу якість продукції, уникати виробничих дефектів та забезпечувати відповідність стандартам [12]. В брагоректифікаційній установці, автоматичний контроль параметрів процесу може допомогти уникнути виникнення непередбачених реакцій та забезпечити однакову якість дистиляту.

4. Підвищення безпеки праці: Автоматизація дозволяє знизити ризики для працівників, оскільки більшість операцій виконується автоматично. Використання роботизованих систем у брагоректифікаційній установці може уникнути випадків травматизму, пов'язаних з контактом з хімічними речовинами [11].

5. Можливість масштабування виробництва: Автоматизація створює можливість легко масштабувати виробництво з ростом попиту на продукцію. Розширення брагоректифікаційної установки з використанням автоматизованих

систем контролю може дозволити збільшити обсяг виробництва без необхідності значних інвестицій у ручну працю.

6. Підвищення конкурентоспроможності: Автоматизація дозволяє знизити витрати на виробництво, підвищити продуктивність та якість, що робить підприємство більш конкурентоспроможним на ринку. Автоматичний контроль якості продукції у брагоректифікаційній установці дозволяє виробнику пропонувати споживачам вищу якість за конкурентну ціну.

7. Моніторинг та аналіз даних: Автоматизація забезпечує можливість постійного моніторингу та аналізу даних про виробничі процеси. В брагоректифікаційній установці, автоматичне збирання та аналіз даних про параметри процесу може допомогти ідентифікувати та вирішувати проблеми виробництва навіть до їх виникнення [12].

Загалом, автоматизація брагоректифікаційної установки є не лише можливістю оптимізувати виробництво, але й стратегічним кроком для підвищення ефективності, якості та конкурентоспроможності підприємства.

1.5 Очікуваний ефект від впровадження автоматизації

Загалом, автоматизація брагоректифікаційної установки є не лише можливістю оптимізувати виробництво, але й стратегічним кроком для підвищення ефективності, якості та конкурентоспроможності підприємства [14].

Покращення функціонування вирішить ряд завдань:

- Зменшення витрат: Автоматизація брагоректифікаційної установки призводить до суттєвого зменшення витрат завдяки кільком аспектам. По-перше, автоматизація дозволить замінити ручну працю машинними процесами, що призводить до зменшення потреби у працівниках та, відповідно, витрат на робочу силу. Крім того, автоматизовані системи ефективно використовують матеріали, що дозволяють оптимізувати витрати на них. Також, автоматизація допомагає ефективніше використовувати енергію, зменшуючи витрати на електроенергію. Нарешті, автоматизовані системи виявляють та усувають неефективні або неякісні продукти раніше, ніж це може зробити людський

оператор, що сприяє зниженню втрат через виробництво непридатної продукції. У цілому, ці переваги автоматизації сприяють зниженню загальних витрат підприємства, що позитивно впливає на його фінансову стійкість та конкурентоспроможність.

- **Покращення якості продукції:** Автоматизовані системи забезпечують більш точне та стабільне виробництво, оскільки вони працюють за програмами, які ретельно розроблені та налаштовані. Це дозволяє уникнути помилок, які можуть виникнути через людський фактор, такі як втома, недбалість або невідповідність процедур. Наприклад, в автоматизованій системі контролю якості спирту можуть бути встановлені датчики, які миттєво виявляють будь-які аномалії у складі продукції або у виробничому процесі. Це дозволяє оперативно вжити заходів для усунення проблеми та забезпечує високу якість кінцевого продукту. Такі автоматичні системи також можуть реагувати на зміни у виробничому середовищі, такі як зміна температури чи тиску, щоб підтримувати стабільність процесу виробництва. Автоматизація сприяє підвищенню якості продукції шляхом забезпечення більш точного та контрольованого виробничого процесу.

- **Підвищення безпеки праці:** Автоматизовані системи дозволяють зменшити відповідальність працівників за виконання небезпечних чи монотонних завдань, що може призвести до зниження ризику травматизму або професійних захворювань [16]. Наприклад, в установках брагоректифікації, де вимагається робота з хімічними речовинами та високими температурами, автоматизовані системи можуть виконувати багато рутинних операцій без прямого втручання людини. Це дозволяє знизити ризик контакту працівників з потенційно небезпечними матеріалами та знизити ймовірність виникнення аварійних ситуацій. Крім того, автоматизація може включати в себе системи моніторингу та попередження, які негайно реагують на будь-які небезпечні умови та надають операторам рекомендації щодо подальших дій. Такі системи також можуть автоматично виконувати процедури евакуації або вимкнення устаткування в разі виникнення критичних ситуацій. У результаті підвищення безпеки праці автоматизація сприяє створенню безпечніших та здоровіших умов

для працівників, а також знижує ризик негативних наслідків для довкілля та загальної громадської безпеки.

- Підвищення конкурентноспроможності: Завдяки автоматизованим системам підприємства можуть значно підвищити продуктивність та знизити витрати на виробництво. Автоматизація дозволяє оптимізувати час виробництва, зменшуючи час на встановлення та підготовку устаткування до роботи, а також час на виконання рутинних операцій. Це може призвести до значних економічних переваг для підприємства, так як зниження часу виробництва зменшує витрати на оплату праці та енергію, а також дозволяє швидше виводити продукцію на ринок. Крім того, автоматизація дозволяє підприємствам підвищити якість своєї продукції, що може призвести до збільшення попиту на їхні товари та послуги. Застосування передових технологій та інноваційних рішень у виробничих процесах дозволяє підприємствам стати більш конкурентноспроможними на ринку, привертаючи більше клієнтів та партнерів, залучаючи інвестиції та розширюючи свої можливості для подальшого розвитку. Таким чином, автоматизація виробничих процесів сприяє підвищенню конкурентноспроможності підприємства на місцевому і міжнародному ринку.

- Моніторинг та аналіз даних: Автоматизовані системи забезпечують постійний збір даних про виробничі процеси, включаючи різноманітні параметри, такі як температура, тиск, швидкість, якість сировини та готової продукції [15]. Ці дані можуть бути збережені та аналізовані в реальному часі, що дозволяє операторам та менеджерам вчасно реагувати на будь-які відхилення від норми та приймати відповідні заходи. Наприклад, якщо датчики виявлять зміну якості сировини або незадовільні показники продукції, система автоматично може вимкнути обладнання або змінити параметри процесу для уникнення виробничих аварій або браку продукції. Більше того, аналіз даних дозволяє виявити тенденції та закономірності в роботі обладнання, що може бути використано для пошуку оптимальних рішень з метою підвищення ефективності виробництва та зниження витрат. Наприклад, аналіз даних може виявити оптимальний режим роботи обладнання або підказати, коли необхідно провести технічне обслуговування для запобігання можливим поломкам. Таким чином,

моніторинг та аналіз даних відіграють важливу роль у покращенні ефективності виробничих процесів та забезпеченні стабільної роботи підприємства.

1.6 Висновок до першого розділу

В першому розділі кваліфікаційної роботи розглянуто різновиди брагоректифікаційних установок та детально описано специфіку роботи БРУ з стандартною трьох колонною схемою.

Аналіз стану брагоректифікаційної установки виявив різноманітні технічні складнощі та проблеми, які можуть впливати на ефективність та якість виробництва спиртових напоїв. Установлено, що кожна складова установки, включаючи бражну колону, епюраційну та ректифікаційну колони, дефлегматори та конденсатори, відіграє важливу роль у процесі перегонки та очищення спирту [3]. Підкреслено необхідність впровадження автоматизації для підвищення ефективності, зменшення витрат, покращення якості продукції, підвищення безпеки праці та підвищення конкурентоспроможності підприємства. Очікується, що впровадження автоматизації допоможе знизити витрати на робочу силу та матеріали, енергію, необхідну для процесів виробництва, а також підвищить точність та стабільність виробничої лінії, покращить якість кінцевого продукту, забезпечить безпеку праці та підвищить конкурентоспроможність підприємства на ринку.

2. ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ УПРАВЛІННЯ ТА АВТОМАТИЗАЦІЇ БРАГОРЕКТИФІКАЦІЙНОЇ УСТАНОВКИ

2.1 Складові впровадження автоматизації

Прилади для автоматизації представляють широкий асортимент технічних засобів, що використовуються для автоматизації та контролю різноманітних процесів у промисловості, будівництві, транспорті та інших галузях. Ось кілька з найпоширеніших та найважливіших приладів для виконання завдань автоматизації:

1. Програмовані логічні контролери (PLC): PLC є основними пристроями для автоматизації виробничих процесів [17]. Вони використовуються для управління різноманітними механічними та електричними пристроями, виконуючи програмовані завдання згідно з логікою управління.

2. Сенсори та датчики: Ці пристрої вимірюють фізичні параметри, такі як температура, тиск, рівень рідини, освітленість та інші, і передають отримані дані до контролера для подальшого аналізу та прийняття рішень [18].

3. Актуатори та виконавчі механізми: Ці пристрої виконують команди, що надходять від контролера. Наприклад, вони можуть керувати включенням або вимиканням електродвигунів, клапанів, насосів та іншого обладнання.

4. Інтерфейсні панелі (HMI): Ці панелі дозволяють операторам взаємодіяти з PLC та іншими пристроями за допомогою графічного інтерфейсу [19]. Вони надають зручний та інтуїтивно зрозумілий спосіб моніторингу та керування процесами.

5. Системи візуального контролю: Ці системи використовують камери та спеціалізоване програмне забезпечення для виявлення дефектів, вимірювання розмірів, ідентифікації об'єктів тощо.

6. Частотні перетворювачі: Ці пристрої використовуються для регулювання швидкості обертання електродвигунів, що дозволяє контролювати потужність та швидкість руху промислового обладнання [18].

7. Реле та контактори: Ці пристрої використовуються для керування потужністю електричних колах, включаючи вимкнення або ввімкнення живлення пристроїв [18].

Ці прилади працюють у взаємодії для автоматизації різних процесів, що дозволяє підвищити продуктивність, забезпечити безпеку та знизити витрати в різних галузях промисловості та інших секторах.

2.2 Дослідження та аналіз оптимального ПЛК

Підбір правильного програмованого логічного контролера (ПЛК) є критичним кроком у вдосконаленні будь-якого виробничого процесу. Якість і ефективність контролера, разом із системою автоматизації, безпосередньо впливають на продуктивність, надійність та загальну ефективність виробництва [19]. У цьому розділі ми розглянемо процес вибору найбільш підходящого обладнання, звертаючи увагу на промислові контролери Siemens та Schneider, і проведемо детальний порівняльний аналіз їхніх технічних характеристик, переваг та можливостей. Ключовими факторами які потрібно врахувати при підборі обладнання є:

- **Вимоги процесу:** При виборі контролера для виробничого процесу важливо врахувати різноманітні аспекти, включаючи кількість входів/виходів, потужність обчислень, швидкість реакції, точність контролю, програмовані можливості, масштабованість, комунікаційні можливості та мінімізацію витрат енергії [20]. Розуміння цих вимог допомагає вибрати оптимальний контролер, який відповідає усім потребам і характеристикам виробничого процесу.

- **Надійність та довговічність:** Необхідно обрати такий контролер, який забезпечить стабільну та безперебійну роботу в умовах виробництва протягом тривалого періоду [21]. Виробничі процеси часто піддаються великим терміновим навантаженням та екстремальним умовам, тому важливо, щоб контролер міг ефективно функціонувати в таких умовах і забезпечував неперервну роботу впродовж тривалого часу без відмов.

- Сумісність з існуючим обладнанням: Обрані контролери повинні легко інтегруватися з вже існуючими системами автоматизації та промисловим обладнанням [22]. Це забезпечить плавну та ефективну роботу системи, уникне проблем з сумісністю та сприятиме оптимальному використанню ресурсів. Інтеграція контролера з існуючим обладнанням дозволить максимально використовувати потенціал виробничого процесу та спростить управління ним.
- Технічна підтримка та сервіс: Виробник повинен забезпечувати не лише високоякісне обладнання, але і достатню технічну підтримку та сервісне обслуговування, щоб вирішувати будь-які проблеми, які можуть виникнути під час експлуатації [21]. Це включає в себе швидке реагування на запити користувачів, надання консультацій з питань встановлення та налаштування, а також надання регулярних оновлень програмного забезпечення та відповідних сервісних послуг, щоб забезпечити безперебійну та ефективну роботу обладнання протягом усього періоду його експлуатації. Надійна технічна підтримка є ключовим фактором для забезпечення безперебійності виробничого процесу та мінімізації витрат на обслуговування.

2.2.1 Schneider Electric M241

Модель M241 є частиною серії промислових контролерів Modicon середнього рівня від Schneider Electric. Цей контролер призначений для вирішення різноманітних завдань у сфері автоматизації та керування в промислових умовах [23].

На рисунку 2.1 зображено одну із можливих модифікацій серії M241.



Рисунок 2.1 – Програмований логічний контролер TM241CE40U

Розглянемо детальну інформацію про промисловий контролер Schneider Electric Modicon M241:

Модель M241 є частиною серії промислових контролерів Modicon середнього рівня від Schneider Electric [24]. Цей контролер призначений для вирішення різноманітних завдань у сфері автоматизації та керування в промислових умовах. Він володіє високою продуктивністю, надійністю та гнучкістю в конфігуруванні.

Одноядерний процесор з тактовою частотою 800 МГц забезпечує швидке виконання програм та обробку даних. Вбудована оперативна пам'ять зазвичай становить 512 МБ для програм та даних, а флеш-пам'ять – 128 МБ для зберігання програм та даних.

Максимальна кількість точок вводу/виводу контролера складає до 382, що забезпечує гнучкість в підключенні різноманітних датчиків та приводів. Підтримка мережевих протоколів Modbus TCP/IP та Ethernet дозволяє легко забезпечити зв'язок з іншими пристроями та системами.

Контролер підтримує стандартизовані мови програмування стандартів ІЕС 61131–3, такі як LD (лд), FBD (бкт), ST (крп), SFC (шкф) та IL (прм), що дозволяє створювати складні програми автоматизації для різних виробничих процесів. Крім того, контролер підтримує різноманітні протоколи зв'язку для керування приводами та моторами.

Висока продуктивність, гнучкість у конфігурації та підтримка різних промислових стандартів роблять контролер Schneider Electric Modicon M241 ідеальним вибором для впровадження в промислових умовах. Цей контролер дозволяє легко програмувати та керувати виробничими процесами, забезпечуючи високу продуктивність та ефективність використання ресурсів.

Для програмування Schneider Electric Modicon M241 рекомендується використовувати середовище розробки EcoStruxure Machine Expert [25].

EcoStruxure Machine Expert – це інтегроване середовище розробки, яке спрямоване на розробку, конфігурування та налагодження промислових автоматизованих систем. Створене компанією Schneider Electric, воно має інтуїтивний інтерфейс для спрощення процесу розробки машин та обладнання [26]. EcoStruxure Machine Expert підтримує різні мови програмування, такі як логічний розвиток, граф схеми функцій, текстова мова та інші. Це дозволяє розробникам використовувати той формат програмування, який їм зручний.

Інтеграція з іншими продуктами та сервісами Schneider Electric дозволяє створювати повноцінні рішення для автоматизації промислових процесів. Крім того, EcoStruxure Machine Expert використовує відкриті стандарти комунікації та протоколи для легкої інтеграції з іншими пристроями та системами. В цілому, це потужний інструмент для розробки машин та обладнання, який дозволяє розробникам швидко створювати, конфігурувати та налагоджувати промислові автоматизовані системи з високою ефективністю і надійністю.

2.2.2 Schneider Electric M262

Модель M262 також входить до серії промислових контролерів Modicon від Schneider Electric. Цей контролер призначений для використання в різноманітних промислових застосуваннях і забезпечує високу продуктивність та надійність в умовах автоматизації та керування [27].

На рисунку 2.2 зображено одну із можливих модифікацій серії M262.



Рисунок 2.2 – Програмований логічний контролер TM262L20MESE8T

Розглянемо детальну інформацію про промисловий контролер Schneider Electric Modicon M262 [28]:

Одноядерний процесор з частотою 800 МГц забезпечує швидке виконання програм та обробку даних, що робить контролер ефективним для вирішення різних завдань автоматизації. Вбудована оперативна пам'ять зазвичай складає 512 МБ для програм та даних, а флеш-пам'ять – 128 МБ для зберігання програм та даних.

Максимальна кількість точок вводу/виводу контролера M262 може досягати до 64, що дозволяє забезпечити підключення різних сенсорів, приводів та інших пристроїв. Підтримка мережевих протоколів Ethernet та Modbus TCP/IP дозволяє легко забезпечити зв'язок з іншими пристроями та системами.

Контролер M262 також підтримує стандартизовані мови програмування згідно з ІЕС 61131-3, що дозволяє розробляти різноманітні програми автоматизації. Він також має можливості керування приводами та підтримує різні протоколи зв'язку для цієї цілі.

Загальною характеристикою контролера є його надійність та висока продуктивність, що робить його ідеальним рішенням для впровадження в різноманітних промислових умовах. Контролер M262 забезпечує легке програмування в середовищі EcoStruxure Control Expert та керування

виробничими процесами, що дозволяє підвищити ефективність та забезпечити стабільну роботу систем автоматизації.

EcoStruxure Control Expert – це комплексне середовище розробки, призначене для програмування, конфігурації та управління промисловими контролерами, зокрема контролерами Modicon від Schneider Electric [29]. Це програмне забезпечення надає розробникам можливість створювати програми для автоматизації промислових процесів, використовуючи різні мови програмування, такі як логічний розвиток, графічна схема функцій, текстова мова та інші.

Основні особливості EcoStruxure Control Expert включають інтуїтивний інтерфейс, що спрощує розробку програм, підтримку відкритих стандартів комунікації та протоколів, а також можливість інтеграції з іншими продуктами та сервісами Schneider Electric.

Це середовище розробки призначене для широкого спектру застосувань у промисловості, включаючи машинобудування, автоматизацію виробництва та інші галузі. Завдяки своїм функціональним можливостям та надійності, EcoStruxure Control Expert є популярним інструментом для розробки програмного забезпечення для промислових систем керування.

2.2.3 Siemens SIMATIC S7–1200

Контролер S7–1200 входить до числа найбільш популярних серед інших моделей промислових контролерів Siemens SIMATIC [30]. Використовується в різноманітних галузях промисловості і гарантує ефективну роботу та надійність в автоматизованих процесах.

На рисунку 2.3 зображено одну із можливих модифікацій серії S7–1200.



Рисунок 2.3 – Програмований логічний контролер S7–1200

Розглянемо детальну інформацію про промисловий контролер Siemens SIMATIC S7–1200 [31]:

Широкий спектр моделей з різною кількістю входів/виходів дозволяє вибрати контролер, який оптимально відповідає потребам конкретного виробничого процесу. Продуктивність контролера забезпечується одним або двоядерним процесором з частотою до 1.5 ГГц.

Модель S7–1200 має вбудовану оперативну пам'ять для програм та даних, а також флеш–пам'ять для зберігання програм. Кількість входів/виходів може коливатися від 24 до 256 точок в залежності від моделі.

Контролер підтримує різні мережеві протоколи, такі як PROFIBUS, PROFINET, Ethernet/IP, Modbus TCP/IP, що робить його сумісним з багатьма іншими промисловими пристроями та системами.

Система програмування Step 7 дозволяє легко створювати та налагоджувати програми для контролера. Крім того, Siemens надає широкий вибір додаткових модулів та аксесуарів для розширення функціональності контролера та його адаптації до різних виробничих потреб.

Загальною характеристикою контролера є його висока надійність, продуктивність та гнучкість у конфігурації, що робить його відмінним вибором для впровадження в різних промислових умовах. Для Siemens SIMATIC S7–1200 найбільш популярним середовищем розробки є SIMATIC STEP 7. Це програмне забезпечення дозволяє створювати програми для автоматизованих систем на

основі контролерів Siemens, включаючи S7–1200, який забезпечує ефективне керування та автоматизацію виробничих процесів, що дозволяє підвищити продуктивність та забезпечити стабільну роботу виробничих систем.

SIMATIC STEP 7 – це програмне забезпечення, спеціально призначене для програмування та налагодження контролерів та автоматизованих систем виробництва Siemens SIMATIC [32]. Воно є ключовим інструментом для розробників, дозволяючи їм створювати та оптимізувати програми для різноманітних промислових завдань. SIMATIC STEP 7 підтримує різні мови програмування, такі як логічний розвиток (LAD), графічну схему функцій (FBD), мову програмування високого рівня (SCL) та інші. Це надає розробникам гнучкість у виборі технологій для реалізації їхніх проектів.

Крім того, дане середовище розробки забезпечує інтеграцію з іншими системами автоматизації Siemens, що дозволяє створювати повноцінні та ефективні промислові рішення. Це сприяє підвищенню продуктивності виробництва, оптимізації процесів управління та зниженню часу налагодження обладнання. SIMATIC STEP 7 є незамінним інструментом для автоматизації та управління виробничими процесами на підприємствах різних галузей промисловості.

2.3 Промислові протоколи передачі даних

В програмуванні промислових контролерів (ПЛК) для передачі інформації використовуються різні протоколи залежно від специфікацій обладнання та вимог конкретного застосування. Основні протоколи передачі інформації в програмуванні промислових контролерів включають [33]:

1. Modbus – це промисловий протокол передачі даних, який використовується для забезпечення комунікації між пристроями у системах автоматизації та контролю [33]. Цей протокол був розроблений в 1979 році і став стандартом промислової комунікації завдяки своїй простоті та надійності. Він дозволяє пристроям взаємодіяти за допомогою різних мережевих технологій, таких як RS–232, RS–485, TCP/IP та Ethernet, що робить його універсальним для

використання в різних промислових середовищах. Модбас забезпечує надійну передачу даних навіть у віддалених або шумних середовищах, що робить його ідеальним для використання в промислових умовах. Цей протокол має простий формат повідомлень, що дозволяє легко інтегрувати його в різні системи. Більше того, Модбас широко підтримується різними виробниками обладнання, що робить його популярним вибором для реалізації комунікаційних інтерфейсів в системах автоматизації.

2. OPC UA (Open Platform Communications Unified Architecture) – це стандарт промислової автоматизації, який забезпечує відкриту, масштабовану та безпечну комунікацію між пристроями та системами виробництва. Він є наступником стандарту OPC Classic і відрізняється більшою гнучкістю, надійністю та безпекою [34]. OPC UA працює на відкритих стандартах, що дозволяє йому використовуватися на будь-якій платформі та з будь-якими пристроями. Цей стандарт підтримує різні рівні складності і може використовуватися як для простих виробничих процесів, так і для великих розподілених систем. Використання заходів безпеки, таких як шифрування та аутентифікація, дозволяє забезпечити захищену передачу даних між пристроями. OPC UA також гнучкий у моделюванні даних, що дозволяє створювати власні інформаційні моделі, відображаючи специфічні потреби виробничого процесу. Він працює з різними протоколами зв'язку, такими як TCP/IP, HTTP, MQTT, що робить його універсальним для використання в різних мережевих середовищах. OPC UA використовується в промислових системах для забезпечення стандартизованої та безпечної комунікації між пристроями, контролерами та системами управління, що допомагає збільшити ефективність виробництва та спростити інтеграцію різних пристроїв (див. рис. 2.2).

3. Ethernet/IP – це відкритий промисловий мережевий протокол, що поєднує в собі простоту та надійність Ethernet з гнучкістю TCP/IP [35]. Завдяки використанню стандартних компонентів він пропонує економічне та просте рішення для широкого спектру промислових застосувань, включаючи автоматизацію виробництва, управління процесами, системи SCADA, робототехніку та будівельні автоматизовані системи.

Ethernet/IP використовує трирівневу архітектуру, що забезпечує ефективну передачу даних. Рівень каналного зв'язку використовує Ethernet–кадри, рівень мережевого зв'язку – IP–пакети, а прикладний рівень – протоколи CIP (Common Industrial Protocol) для специфічних промислових операцій [35].

Переваги Ethernet/IP включають зниження витрат, простоту впровадження, розширюваність, сумісність та надійність. Ці фактори роблять його все більш популярним вибором для промислових мереж, що прагнуть до високої продуктивності та ефективності.

4. CAN (Controller Area Network) – це послідовна мережева шина, що широко використовується в автомобільній промисловості, промисловій автоматизації, авіаційній та медичній техніці завдяки своїй надійності, швидкості, простоті та низькій вартості [36].

Він використовує багатодоступову послідовну передачу коротких повідомлень з арбітражем на основі пріоритетів та механізмами виявлення помилок, що робить його ідеальним для систем реального часу.

Мережа CAN складається з вузлів CAN (з трансивером і контролером) та двопровідної шини. Повідомлення CAN містять ID, дані, контрольні суми, початковий та кінцевий біти.

Переваги CAN включають надійність, швидкість, низьку вартість та простоту використання [36].

Застосовується в автомобільних системах, системах управління процесами, робототехніці, авіаційних та медичних системах.

5. DeviceNet – це відкритий промисловий мережевий протокол, що ґрунтується на CAN [37]. Він розроблений для автоматизації дискретного виробництва, пропонуючи економічне та надійне рішення для передачі даних між пристроями на заводському рівні.

DeviceNet використовує стандартний інтерфейс, підтримує різні типи пристроїв, пропонує можливості діагностики та ґрунтується на надійній та стійкій до перешкод шині CAN. Мережа DeviceNet складається з вузлів DeviceNet, шини DeviceNet та концентраторів DeviceNet. Кожен вузол DeviceNet має модуль DeviceNet, який відповідає за інтерфейс з шиною та обробку

протоколу. Повідомлення DeviceNet містять ID, дані, контрольні суми, початковий та кінцевий біти.

Переваги DeviceNet включають надійність, низьку вартість, простоту використання та гнучкість.

DeviceNet широко використовується в системах автоматизації дискретного виробництва, автомобільній та харчовій промисловості [37].

6. PROFIBUS (Process Field Bus) – це відкритий промисловий мережевий протокол, розроблений для автоматизації дискретного та аналогового виробництва [38]. Він широко використовується в Європі та пропонує надійне та гнучке рішення для передачі даних між пристроями на заводському рівні.

PROFIBUS ґрунтується на моделі децентралізованих периферійних пристроїв (DP) з двома фізичними шарами: PROFIBUS DP на основі кабелю та PROFIBUS PA на основі шини [38].

Він пропонує високу швидкість передачі даних до 12 Мбіт/с, гнучкість, підтримку різних типів пристроїв, можливості діагностики та доступну ціну.

Даний протокол широко використовується в системах автоматизації дискретного та аналогового виробництва, автомобільній промисловості та інших галузях.

2.4 Класифікація регуляторів

У сучасному світі, де технології постійно розвиваються і системи стають все складнішими, використання регуляторів стає необхідністю. Регулятори відіграють ключову роль у забезпеченні стабільності, ефективності та автоматизації різноманітних систем та процесів у різних галузях.

Регулятор – це пристрій або система, призначені для керування параметрами або режимом роботи іншої системи з метою досягнення певних цілей або вимог [39]. Головна мета регулятора полягає в забезпеченні сталості встановлених значень або режимів роботи системи шляхом регулювання вхідних сигналів або параметрів. Використання регуляторів можна побачити в різних сферах, таких як промислове виробництво, автопромисловість, енергетика,

телекомунікації, медицина та багато інших. Вони можуть автоматично керувати різними системами та процесами, такими як виробничі лінії, транспортні мережі, системи опалення та кондиціонування повітря.

Регулятори виконують ключову роль у забезпеченні стабільності та ефективності роботи системи, забезпечуючи її оптимальне функціонування в різних умовах експлуатації [39]. Вони дозволяють автоматизувати процеси керування та реагувати на зміни у вхідних умовах або параметрах системи у реальному часі, що забезпечує максимальну продуктивність та ефективність роботи системи.

З розвитком нових технологій і вдосконаленням методів керування, регулятори стають все більш важливими для сучасного виробництва, транспорту, енергетики та інших галузей. Добре налаштований регулятор може підтримувати оптимальний режим роботи системи, забезпечуючи її ефективність і надійність.

У даному розділі ми детально розглянемо різні типи регуляторів, їхні особливості, принципи роботи та області застосування. Ви дізнаєтеся, як регулятори допомагають досягати поставлених цілей, забезпечуючи стабільність та ефективність управління системами у реальному часі.

2.4.1 Пропорційно-Інтегрально-Диференційний (ПІД) регулятор

Пропорційно-Інтегрально-Диференційний (ПІД) регулятор є найпоширенішим і найважливішим типом регулятора у системах автоматичного керування [40]. Його універсальність та ефективність зробили його стандартом в промислових застосуваннях для підтримки заданих значень різних параметрів, таких як температура, тиск, швидкість обертання, рівень рідини та інші. Цей розділ детально розгляне принципи роботи, математичний опис, налаштування, застосування та переваги й обмеження ПІД-регулятора, а також коротко висвітлить інші закони регулювання, такі як пропорційний (P) і пропорційно-інтегральний (PI) регулятори.

Принципи роботи ПІД-регулятора полягають у використанні трьох основних складових: пропорційної (P), інтегральної (I) та диференційної (D) [41].

Пропорційна складова визначає, наскільки сильно регулятор реагує на поточну помилку. Помилка (e) визначається як різниця між заданим значенням (SP) і фактичним значенням (PV). Пропорційна складова дає вихідний сигнал, пропорційний величині помилки.

Інтегральна складова вираховує сумарну помилку за певний проміжок часу, що допомагає усунути постійну систематичну помилку.

Диференційна складова реагує на швидкість зміни помилки, що допомагає зменшити перерегулювання і підвищити стабільність системи.

Математичний опис ПІД-регулятора представлений рівнянням:

$$u(t) = K_p \cdot e(t) + K_i \cdot \int_0^t e(\tau) d\tau + K_d \cdot dtde(t), \quad (2.1)$$

де $u(t)$ – вихідний сигнал регулятора, $e(t)$ – помилка, K_p – коефіцієнт пропорційності, K_i – коефіцієнт інтегрування, K_d – коефіцієнт диференціювання.

Процес налаштування ПІД-регулятора, відомий як тюнінг, включає підбір оптимальних значень коефіцієнтів K_p , K_i та K_d [41].

Один з найвідоміших методів налаштування – метод Зіглера–Ніколса, який включає встановлення $K_i=0$ і $K_d=0$, поступове збільшення K_p до тих пір, поки система не почне коливатися з постійною амплітудою, визначення критичного коефіцієнта пропорційності K_u і періоду коливань T_u , та визначення параметрів K_p , K_i та K_d за формулами Зіглера–Ніколса.

Метод проб і помилок передбачає поступове підлаштування коефіцієнтів до досягнення бажаних характеристик системи. Першочергово налаштовують K_p , потім додають K_i , і в кінці коригують K_d [42]. Сучасні системи використовують алгоритми оптимізації, такі як генетичні алгоритми, методи рою частинок та інші, для автоматичного налаштування параметрів ПІД-регулятора.

ПІД-регулятори застосовуються в різних галузях промисловості та автоматизації [40]. У хімічній промисловості вони використовуються для підтримки оптимальних температур, тисків і концентрацій реагентів. В

нафтогазовій галузі ПД–регулятори контролюють тиск і потік нафтопродуктів у трубопроводах, забезпечуючи стабільність і безпеку процесів [13]. У металургії регулятори контролюють температуру печей, швидкість обертання валків та інші параметри, що забезпечують якість продукції. В харчовій промисловості ПД–регулятори забезпечують точний контроль температури, вологості та інших параметрів у процесах виробництва харчових продуктів.

Переваги ПД–регуляторів включають універсальність, можливість використання в широкому діапазоні застосувань, простоту реалізації та інтеграції в існуючі системи автоматизації, а також високу точність регулювання. Обмеження включають чутливість до налаштувань, можливість нестабільності при неправильному налаштуванні, обмежену ефективність при значних збуреннях і відсутність адаптивності.

2.4.2 Пропорційний (Р) регулятор

Пропорційний (Р) регулятор є найпростішим типом регулятора, який використовує лише пропорційну складову [40]. Його принцип роботи базується на лінійній залежності між величиною помилки і вихідним сигналом регулятора. Основний недолік Р–регулятора полягає в тому, що він не може повністю усунути постійну помилку (статичну похибку), яка виникає в результаті сталого зсуву між заданим і фактичним значеннями параметра.

Математичний опис Р–регулятора:

$$u(t) = K_p \cdot e(t), \quad (2.2)$$

де $u(t)$ – вихідний сигнал регулятора, $e(t)$ – помилка, K_p – коефіцієнт пропорційності.

Р–регулятори використовуються в системах, де постійна помилка не є критичною або може бути прийнятною [43]. Прикладами застосування можуть бути системи опалення, вентиляції та кондиціонування повітря (ОВК), де невеликі відхилення від заданої температури можуть бути прийнятними.

2.4.3 Пропорційно-Інтегральний (PI) регулятор

Пропорційно–Інтегральний (PI) регулятор поєднує в собі пропорційну і інтегральну складові, що дозволяє зменшити постійну помилку, характерну для Р–регулятора [40]. Інтегральна складова враховує сумарну помилку за певний проміжок часу, що дозволяє усунути систематичні відхилення і досягти точнішого регулювання.

Математичний опис PI–регулятора:

$$u(t) = K_p \cdot e(t) + K_i \cdot \int_0^t e(\tau) d\tau, \quad (2.3)$$

де $u(t)$ – вихідний сигнал регулятора, $e(t)$ – помилка, K_p – коефіцієнт пропорційності, K_i – коефіцієнт інтегрування.

PI–регулятори часто застосовуються в системах, де необхідно усунути постійну помилку, але диференційна складова не є критичною [44]. Прикладами можуть бути регулювання швидкості обертання електродвигунів або контроль рівня рідини в резервуарах.

2.4.4 Пропорційно-Диференційний (PD) регулятор

Пропорційно–Диференційний (PD) регулятор поєднує пропорційну і диференційну складові. Диференційна складова дозволяє регулятору реагувати на швидкість зміни помилки, що допомагає зменшити перерегулювання і підвищити стабільність системи [40]. Однак, PD–регулятор не здатний повністю усунути постійну помилку.

Математичний опис PD–регулятора:

$$u(t) = K_p \cdot e(t) + K_d \cdot dtde(t), \quad (2.4)$$

де $u(t)$ – вихідний сигнал регулятора, $e(t)$ – помилка, K_p – коефіцієнт пропорційності, K_d – коефіцієнт диференціювання.

PD–регулятори застосовуються в системах, де важливо швидко реагувати на зміни вхідних сигналів і зменшувати перерегулювання[45]. Наприклад, у системах стабілізації положення або швидкості.

2.4.5 Адаптивні регулятори

Адаптивні регулятори є важливим елементом сучасних систем автоматичного керування, особливо в умовах, коли параметри системи або навколишнє середовище можуть змінюватися з часом [46]. Ці регулятори здатні автоматично підлаштовувати свої параметри у відповідь на зміну умов, що дозволяє забезпечити стабільність і ефективність роботи системи.

Принцип роботи адаптивного регулятора полягає у безперервному або періодичному оцінюванні характеристик керованої системи і відповідній корекції параметрів регулятора. Це дозволяє адаптивним регуляторам підтримувати оптимальні режими роботи навіть при змінних умовах. Основні складові адаптивного регулятора включають модель системи, алгоритм оцінювання параметрів і алгоритм корекції.

Математичний опис адаптивного регулятора може значно варіюватися залежно від конкретного алгоритму адаптації. Одним із підходів є використання методу найменших квадратів для оцінювання параметрів моделі системи:

$$\theta^{\wedge}(t) = \theta^{\wedge}(t - 1) + \gamma \cdot \Phi(t) \cdot e(t) , \quad (2.5)$$

де $\theta^{\wedge}(t)$ – оцінка параметрів на час t , γ – коефіцієнт навчання, $\Phi(t)$ – вектор вхідних сигналів, $e(t)$ – помилка.

Налаштування адаптивного регулятора полягає в початковій конфігурації параметрів моделі і алгоритмів адаптації. Початкові параметри можуть бути визначені на основі попередніх даних або емпіричних оцінок. Процес адаптації дозволяє регулятору підлаштовувати свої параметри під час роботи, що знижує потребу у точному початковому налаштуванні [46].

Адаптивні регулятори широко застосовуються в умовах, де параметри системи можуть змінюватися. Приклади включають авіаційну і космічну

техніку, де змінюються аеродинамічні характеристики, енергетичні системи з непередбачуваними змінами навантаження, а також у медицині для автоматичного керування дозуванням ліків.

Переваги адаптивних регуляторів включають здатність до автоматичного підлаштування під змінні умови, що забезпечує стабільну і ефективну роботу системи. Вони особливо корисні в складних і динамічних системах. Обмеження включають складність реалізації і налаштування, а також можливі проблеми зі стабільністю при неправильній конфігурації алгоритмів адаптації.

2.4.6 Неінтерактивні регулятори

Неінтерактивні регулятори відіграють важливу роль в системах автоматизації, де потрібна стабільність і надійність роботи. Вони характеризуються автономністю і мінімальною необхідністю втручання оператора [47].

Принцип роботи неінтерактивних регуляторів полягає у незалежному функціонуванні, без потреби постійного контролю та налаштування з боку оператора. Ці регулятори зазвичай працюють на основі попередньо встановлених параметрів і алгоритмів, що забезпечує їх стабільність і надійність.

Математичний опис неінтерактивного регулятора може включати прості лінійні рівняння або більш складні алгоритми. Наприклад, для лінійного регулятора це може бути просте пропорційне регулювання:

$$u(t) = K_p \cdot e(t) , \quad (2.6)$$

де $u(t)$ – вихідний сигнал регулятора, $e(t)$ – помилка, K_p – коефіцієнт пропорційності.

Налаштування неінтерактивного регулятора полягає у встановленні фіксованих значень параметрів, які зазвичай визначаються на етапі проектування системи. Після налаштування регулятор працює автономно, без потреби у подальшому втручанні.

Неінтерактивні регулятори широко застосовуються у системах, де стабільність і надійність є критичними [47]. Приклади включають системи опалення, вентиляції і кондиціонування повітря, де необхідно підтримувати стабільний температурний режим, а також в системах водопостачання і водовідведення, де потрібен надійний контроль рівня рідини.

Переваги неінтерактивних регуляторів включають простоту реалізації і використання, високу надійність і стабільність роботи [47]. Вони ідеально підходять для систем з мінімальними змінами параметрів. Обмеження включають обмежену гнучкість і можливість адаптації до змінних умов, що може бути недоліком у динамічних системах.

2.4.7 Робастні регулятори

Робастні регулятори є важливим інструментом в автоматичному керуванні, особливо в умовах невизначеності та змін параметрів системи. Вони здатні забезпечити стабільну роботу навіть при наявності значних збурень і неточностей у моделі системи [48].

Принцип роботи робастного регулятора полягає в здатності забезпечити стабільність і ефективність роботи системи навіть при значних відхиленнях параметрів або умов роботи від номінальних значень. Це досягається шляхом використання спеціальних алгоритмів, які враховують можливі невизначеності і збурення.

Математичний опис робастного регулятора може включати використання теорії робастного керування, яка забезпечує стійкість системи при заданих межах невизначеностей [48]. Наприклад, використання функціоналу X_2 для оптимізації параметрів регулятора:

$$J = \int_0^{\infty} (e^T(t)Qe(t) + u^T(t)Ru(t))dt, \quad (2.7)$$

де $e(t)$ – вектор помилок, $u(t)$ – вектор керуючих дій, Q і R – вагові матриці.

Налаштування робастного регулятора включає вибір параметрів, що забезпечують стійкість і ефективність роботи системи в межах заданих

невизначеностей. Це може вимагати використання методів оптимізації і моделювання для визначення оптимальних параметрів.

Робастні регулятори широко застосовуються в умовах, де параметри системи можуть значно змінюватися або де існує висока ймовірність збурень [48]. Приклади включають авіаційну і космічну техніку, де важлива стабільність роботи при різних аеродинамічних умовах, а також у робототехніці, де можливі непередбачувані зміни навколишнього середовища.

Переваги робастних регуляторів включають високу стійкість до збурень і змін параметрів, що забезпечує надійну роботу системи в умовах невизначеності. Вони дозволяють досягти стабільної і ефективної роботи навіть при значних відхиленнях від номінальних умов. Обмеження включають складність реалізації і налаштування, а також можливість потреби у значних обчислювальних ресурсах.

2.5 Висновок до другого розділу

Розділ про впровадження автоматизації систем керування охоплює ключові аспекти, необхідні для успішної інтеграції автоматизованих рішень у промислові процеси. Вивчення складових впровадження автоматизації дозволило визначити основні етапи та компоненти, що забезпечують ефективну автоматизацію, такі як вибір оптимального програмованого логічного контролера (ПЛК), використання відповідних промислових протоколів передачі даних та класифікація регуляторів.

Дослідження та аналіз оптимального ПЛК виявили важливість ретельного підбору контролера, який найкраще відповідає конкретним вимогам системи автоматизації. Вибір правильного ПЛК забезпечує надійність, масштабованість і функціональність системи, що є критичним для ефективного керування промисловими процесами.

Розгляд промислових протоколів передачі даних підкреслив значення забезпечення надійного та швидкого обміну інформацією між компонентами системи автоматизації. Правильний вибір протоколу забезпечує сумісність,

безпеку та ефективність передачі даних, що є важливим для стабільної роботи автоматизованих систем.

Класифікація регуляторів, включаючи пропорційні (P), пропорційно–інтегральні (PI), пропорційно–диференційні (PD), пропорційно–інтегрально–диференційні (ПІД), адаптивні, неінтерактивні, робастні та прогнозуючі регулятори, дозволила зрозуміти різноманіття підходів до регулювання і керування процесами. Кожен тип регулятора має свої унікальні особливості, переваги та недоліки, що дозволяє вибирати найкращий варіант для конкретних умов і вимог.

Впровадження автоматизації у промислових процесах є комплексним завданням, що вимагає врахування багатьох аспектів і параметрів. Вибір оптимальних рішень на кожному етапі, від підбору ПЛК до використання відповідних регуляторів і протоколів передачі даних, забезпечує досягнення високої ефективності, надійності та стабільності автоматизованих систем. Тому глибоке розуміння складових впровадження автоматизації є критично важливим для успішної інтеграції і експлуатації сучасних систем керування.

3. РОЗРОБКА ПРОЕКТУ АВТОМАТИЗАЦІЇ БРАГОРЕКТИФІКАЦІЙНОЇ УСТАНОВКИ

3.1 Вимоги до системи автоматизації

При розробці системи автоматизації для брагоректифікаційної установки важливо враховувати кілька ключових вимог і умов, щоб забезпечити ефективну, надійну та безпечну роботу процесу [3]:

- Моніторинг рівнів, температур, витрат і тисків є критично важливим для підтримки стабільності процесу та якості кінцевого продукту. Цей моніторинг дозволяє оперативно виявляти та реагувати на будь-які відхилення від нормальних умов, запобігаючи аваріям та зниженню якості продукції.

- Керування процесом виробництва за допомогою виконавчих механізмів, таких як клапани з позиціонерами та частотні перетворювачі, є необхідним для забезпечення точного контролю параметрів процесу. Це дозволяє оптимізувати роботу системи, зменшити енергоспоживання та підвищити продуктивність установки. Без цих механізмів було б неможливо досягти високого рівня автоматизації та ефективності процесу.

- Здатність до збору інформації щодо виконаних задач є важливою для аналізу продуктивності системи, виявлення потенційних проблем та оптимізації процесів. Зібрані дані дозволяють операторам та інженерам зрозуміти, як працює система, де можуть виникати проблеми та які покращення можна впровадити.

- Можливість інтеграції з іншими системами є важливою для створення єдиного інформаційного простору підприємства, що дозволяє обмінюватися даними між різними системами, підвищуючи загальну ефективність виробництва та управління.

- Здатність до керування доступом та автентифікації забезпечує захист системи від несанкціонованого доступу, що є критичним для підтримання безпеки та конфіденційності даних. Це допомагає запобігати несанкціонованим діям, які можуть призвести до збоїв у роботі системи або втрати даних.

- Можливість перегляду історії та графіків тривалістю до одного місяця дозволяє проводити глибокий аналіз роботи системи за тривалий період. Це важливо для виявлення трендів, оцінки ефективності змін та планування подальших покращень.
- Перегляд аварій є необхідним для швидкого реагування на критичні ситуації. Це дозволяє операторам негайно виявляти та усувати причини аварій, мінімізуючи простої та втрати продукції.

3.2 Розробка автоматизованої системи управління

Для автоматизації відділення брагоректифікації було вирішено використовувати програмований логічний контролер (ПЛК) Schneider Electric Modicon M262 у середовищі програмування Maschine Expert(див. рисунок 3.1).

На рисунку 3.1 подано вигляд при початку роботи з програмою.

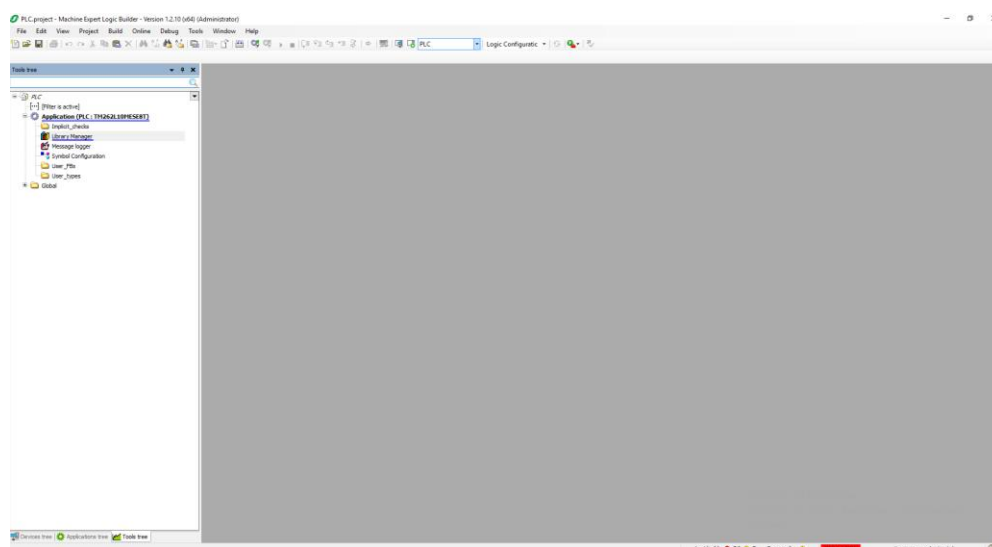


Рисунок 3.1 – Початковий екран Maschine Expert

Цей вибір зумовлений численними перевагами M262 та підтримкою протоколу передачі даних OPC UA. Для забезпечення зручності користування та розширення функціональних можливостей системи було додатково встановлено дві бібліотеки: SE_Toolbox(див. рисунок 3.2) і oscatbasic.

На рисунку 3.2 подано перелік основних функцій бібліотеки SE_Toolbox.

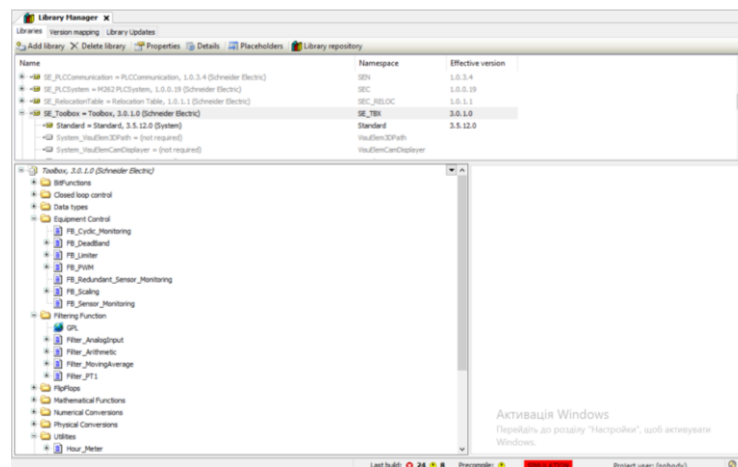


Рисунок 3.2 – Перелік функцій бібліотеки SE_Toolbox

Переваги вибору даних бібліотек:

- Розширення функціональності: Використання SE_Toolbox і oscatbasic(див. рисунок 3.3) дозволяє значно розширити можливості системи автоматизації, додаючи нові функції та блоки, що підвищують ефективність і точність керування.

На рисунку 3.3 подано перелік основних функцій бібліотеки oscatbasic.

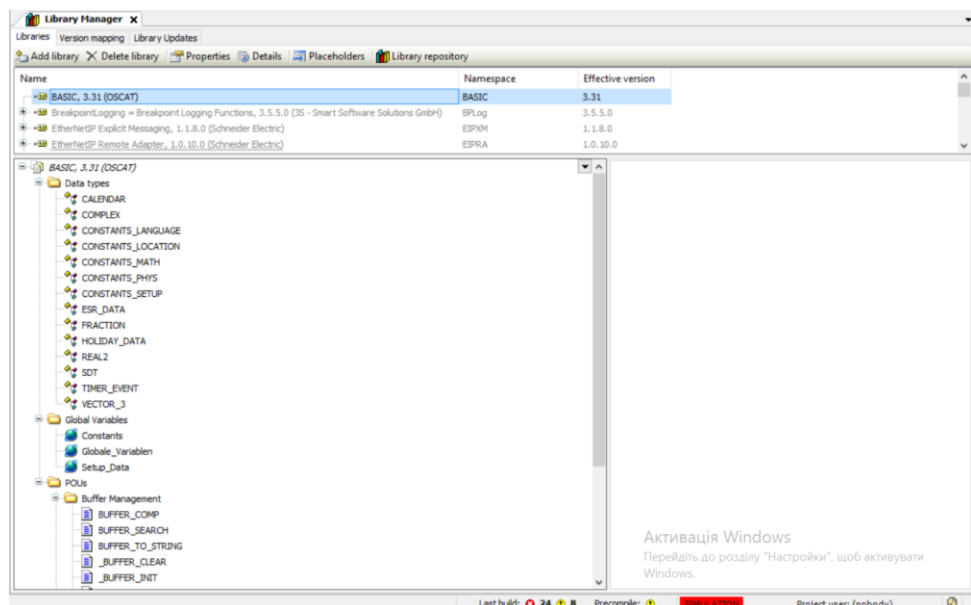


Рисунок 3.3 – Перелік функцій бібліотеки oscatbasic

- Зручність застосування: Завдяки готовим рішенням і блокам, що містяться в бібліотеках, процес розробки системи стає швидшим і простішим. Інженери можуть зосередитися на специфічних завданнях проекту, використовуючи готові компоненти для типових задач.
- Економія часу і ресурсів: Використання готових бібліотек дозволяє значно скоротити час розробки та налаштування системи, що знижує загальні витрати на проект.

3.3 Розробка SCADA – системи

SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) – це системи контролю та збору даних, які використовуються для нагляду і керування різноманітними процесами у промислових та інфраструктурних об'єктах. Вони забезпечують централізований моніторинг та управління за допомогою графічного інтерфейсу, який дозволяє операторам взаємодіяти з системою, отримувати дані в реальному часі та приймати рішення [3].

SCADA–системи надають можливість візуалізувати різні параметри та параметри виробничих процесів за допомогою графічного інтерфейсу [49]. Це дозволяє операторам швидко оцінити стан системи та приймати відповідні рішення. Вони здатні збирати, зберігати і обробляти великі обсяги даних з різних джерел, що дозволяє аналізувати та вдосконалювати ефективність виробничих процесів.

Оператори можуть віддалено керувати процесами і обладнанням через SCADA–систему, надаючи команди та виконуючи налаштування з будь–якого місця, де є доступ до мережі. SCADA–системи забезпечують неперервний моніторинг різних параметрів, таких як температура, тиск, рівень рідини тощо [3].

SCADA–системи також надають можливість генерувати звіти та аналізувати дані для виявлення тенденцій, виявлення проблем та прийняття стратегічних рішень щодо підвищення ефективності виробничих процесів. Вони

також дозволяють налаштовувати тривоги та події для швидкого реагування на аварійні ситуації або відхилення від стандартних значень.

SCADA–системи можуть інтегруватися з іншими системами автоматизації, ERP–системами, системами управління виробництвом та іншими підсистемами для забезпечення повного циклу управління виробництвом. Вони грають важливу роль у підвищенні ефективності, безпеки та контролю виробничих процесів у промисловості та інших сферах. Їхній функціонал і можливості дозволяють підприємствам оптимізувати виробничі процеси, знижувати витрати та підвищувати якість продукції.

Для ефективного використання людино–машинного інтерфейсу (HMI) та SCADA–системи у процесі автоматизації брагоректифікаційної було використано TIA Portal (див. рисунок 3.4) від Siemens. Цей інтегрований програмний комплекс надає широкий спектр інструментів та функцій, що роблять процес автоматизації більш зручним і ефективним.

На рисунку 3.4 подано початковий екран при створенні проекту.

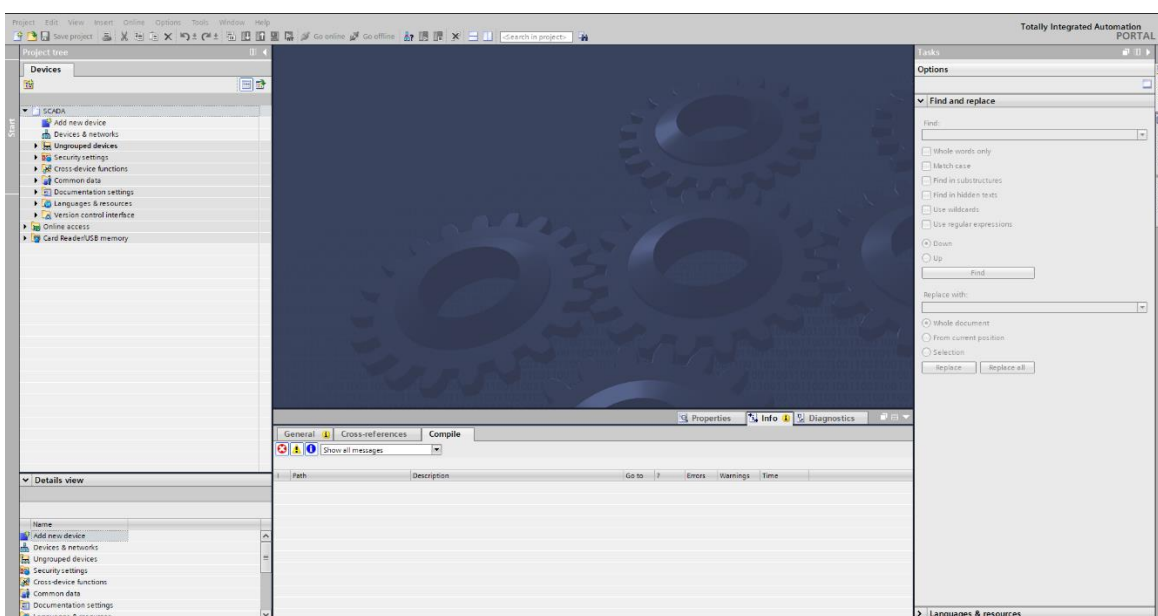


Рисунок 3.4– Початковий екран Tia Portal

TIA Portal забезпечує інтуїтивно зрозумілий інтерфейс для проектування та програмування програмованих логічних контролерів (PLC) Siemens. Це включає розробку логіки управління, конфігурацію апаратних модулів і

налаштування параметрів. Інструменти для створення графічних інтерфейсів користувача (HMI) дозволяють розробляти інтуїтивно зрозумілі екрани для моніторингу та керування процесами, що включають графічні елементи, такі як кнопки, індикатори, графіки тощо. TIA Portal також підтримує створення SCADA-систем для комплексного моніторингу та управління виробничими процесами, що включає збір і аналіз даних, візуалізацію процесів, а також управління тривогами і подіями.

Підтримка стандартних протоколів зв'язку, таких як OPC UA, дозволяє легко інтегрувати TIA Portal з іншими системами автоматизації та інформаційними системами підприємства. TIA Portal забезпечує засоби для збору, зберігання та аналізу даних з виробничих процесів, що дозволяє відстежувати продуктивність, ефективність та якість роботи. Інструменти для управління проектами дозволяють організувати роботу над проектами автоматизації, забезпечуючи зручне зберігання та обмін проектними даними між різними учасниками команди. TIA Portal забезпечує функції для управління доступом користувачів та забезпечення безпеки системи, включаючи управління паролями, налаштування прав доступу та захист від несанкціонованого доступу.

Серед переваг TIA Portal слід виділити інтегроване середовище розробки, яке об'єднує всі інструменти для розробки, програмування, налаштування та моніторингу в одному програмному пакеті, що значно спрощує робочий процес та підвищує ефективність роботи. Інтуїтивно зрозумілий інтерфейс та зручні інструменти роблять TIA Portal доступним для користувачів з різним рівнем технічної підготовки, що зменшує час на навчання та впровадження. TIA Portal підтримує широкий спектр обладнання Siemens, від малих до великих систем автоматизації, що дозволяє легко масштабувати рішення відповідно до зростання потреб виробництва. Завдяки інтегрованим інструментам та шаблонам, TIA Portal дозволяє значно скоротити час на розробку та впровадження проектів автоматизації, а оптимізовані робочі процеси та висока продуктивність програмного забезпечення забезпечують швидку реакцію системи та підвищують загальну ефективність виробничих процесів.

TIA Portal підтримує сучасні протоколи зв'язку та стандарти безпеки, що забезпечує відповідність системи новітнім вимогам і технологіям. Постійні оновлення та підтримка нових моделей обладнання Siemens забезпечують тривалу актуальність і захист інвестицій у систему автоматизації. Використання TIA Portal для HMI та SCADA–системи в автоматизації брагоректифікаційної установки забезпечує зручність, надійність та високу ефективність роботи, дозволяючи легко адаптуватися до змінних вимог виробництва та забезпечувати високий рівень контролю і моніторингу процесів.

3.4 Робробка проекту в Maschine Expert

Для початку нам необхідно обробити сигнал для візуального відображення рівня підсиленої води. У нашому випадку вхідний сигнал від датчика знаходиться у діапазоні 4...20 мА. Для зручності обробки створюється структура(див. рисунок 3.5), яка буде використовуватися в подальшому. Дана структура дозволить нам ефективно маніпулювати сигналом та забезпечити необхідний рівень точності і зручності під час його подальшої обробки.

На рисунку 3.5 подано вигляд структури для обробки сигналу.

```

1  TYPE Struct_Aplisens :
2  STRUCT
3      sens_min: INT;           // масштаб шкали від сенсора мінімум
4      sens_max: INT;           // масштаб шкали від сенсора максимум
5      FN: INT;                 // кількість точок для фільтрування
6      FTime: TIME;             // час для фільтрування
7      den: REAL;               // густина речовини
8      scal_min: REAL;          // масштаб шкали сенсора мінімум
9      scal_max: REAL;          // масштаб шкали сенсора максимум
10     MinLimitPers: REAL;       //рівень при якому буде 0%
11     MaxLimitPers: REAL;       //рівень при якому буде 100%
12     //out_m: REAL;            //рівень у метрах
13     //out_pers: REAL;         //рівень у відсотках
14     L_active: BOOL;           //активувати аварію по нижній межі
15     H_active: BOOL;           //активувати аварію по верхній межі
16     L_limit: REAL;            // нижня аварійна межа
17     H_limit: REAL;            // верхня аварійна межа
18     Hyst: REAL;               // гістерезис
19     Delay: TIME;              //часова затримка для аварій
20     L_alarm: BOOL;            //аварія по нижній межі
21     H_alarm: BOOL;            //аварія по верхній межі
22 END_STRUCT
23 END_TYPE
24

```

Рисунок 3.5 – Структура для обробки сигналу

Основним місцем для оголошення змінних у нашому випадку є Pvars (див. рис. 3.6), оскільки це енергонезалежна пам'ять контролера. Це означає, що у разі зникнення живлення під час роботи, всі останні значення цих змінних будуть збережені в пам'яті контролера.

На рисунку 3.6 подано перелік основних функцій бібліотеки oscatbasic.

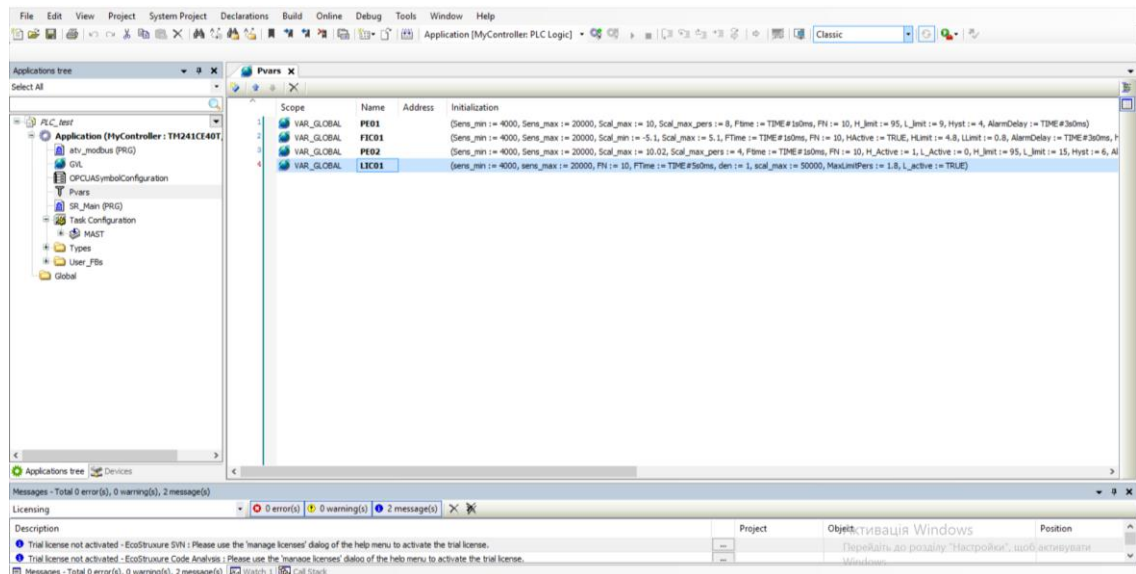


Рисунок 3.6 – Енергонезалежна пам'ять(Pvars)

Це означає, що у разі зникнення живлення під час роботи, всі останні значення цих змінних будуть збережені в пам'яті контролера.

Розглянемо основні складові програми керування:

- Struct: структура, яка використовується для зручної роботи зі змінними.
- Functional block: може мати безліч входів і виходів, і застосовується, коли необхідно виконувати ті самі дії з різними каналами або об'єктами.
- Function: може мати багато входів, але тільки один вихід, тип якого визначається під час її створення.

На рисунку 3.7 ми можемо побачити обробка вхідного сигналу з допомогою блоків FB_Scaling, який містить в бібліотеці SE_Toolbox і призначений для масштабування, в нашому випадку для переходу з тиску, в паскалях, до рівня який відображатиметься в метрах при першому використанні блоку. При другому використанні ми отримуємо рівень у відсотках. Межі для

першого масштабування можна вказувати одразу ж при присвоєнні змінній структури, як в нашому випадку.

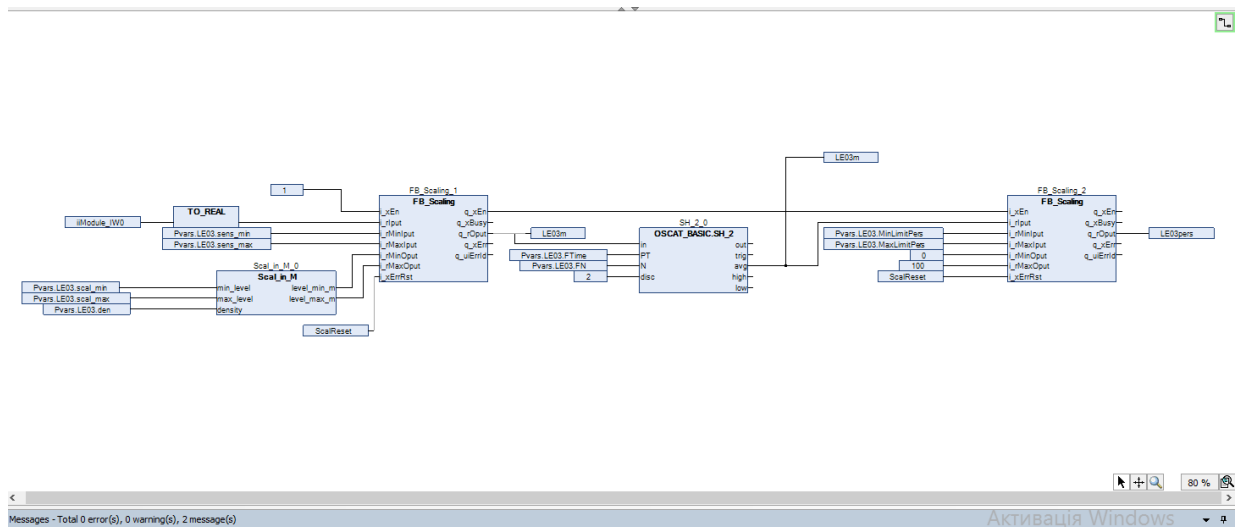


Рисунок 3.7 – обробка вхідного сигналу

Як ми бачимо з рисунка 3.7 перед блоком масштабування було використано блок TO_REAL який перетворює змінну iiModule_IW0 з типу int в тип REAL. Також було створено функціональний блок Scal_in_M який обраховує одразу межі для масштабування у метрах, враховуючи густину рідини, яку можна вказати з SCADA – системи, і прискорення вільного падіння. Для фільтрування сигналу було використано фільтр SH_2 є елементом зберігання зі збором статистики. Логіка його роботи полягає в вирахуванні за потреби середнього значення із останніх N значень за час PT. В свою чергу параметр disc про кількість екстремумів які ігноруватимуться при статичній обробці, що може бути корисно при фільтрації перешкод.

Також було створено функціональний блок FB_limits завдання якого полягає в повідомленні коли вимірювальне значення буде дорівнюватиме аварійним межам.

На рисунку 3.8 подано функціональний блок для виведення аварійних меж.

потрібно в Modbus_IOScanner додати Generic_Modbus_Slave. На наступному етапі вказуємо адресу по Modbus.

На рисунку 3.10 подано додавання частотника ATV320 до проекту.

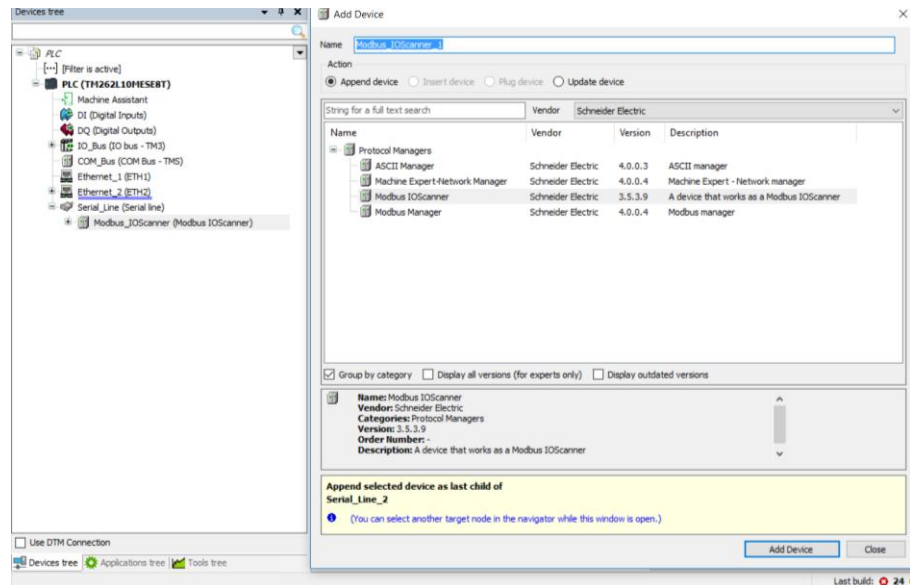


Рисунок 3.10 – Додавання частотного перетворювача до проекту

Наступним етапом буде додавання каналів читання і запису регістрів ATV320. Якщо звернути увагу на список регістрів, зображений на рисунку 3.11, для керування частотним перетворювачем ATV320 через Modbus, питання чому ми масштабуємо перед перетворенням в тип WORD відпадає саме по собі, адже ми передаємо дані де одиниця дорівнює 0.1Гц, а максимальне значення 50 герц.

ATV320 Communication Parameters - Modbus V1.0 - EneC														Tools		Download group																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
Parameters														Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters		Parameters	

В даному випадку ми використовуємо тільки задаємо робочу частоту для даного частотного перетворювача. Хоч отримуємо доступ до більшої кількості змінних. Перелік усіх параметрів які потрібні для комфортної роботи з ATV320 наведено на рисунку 3.12

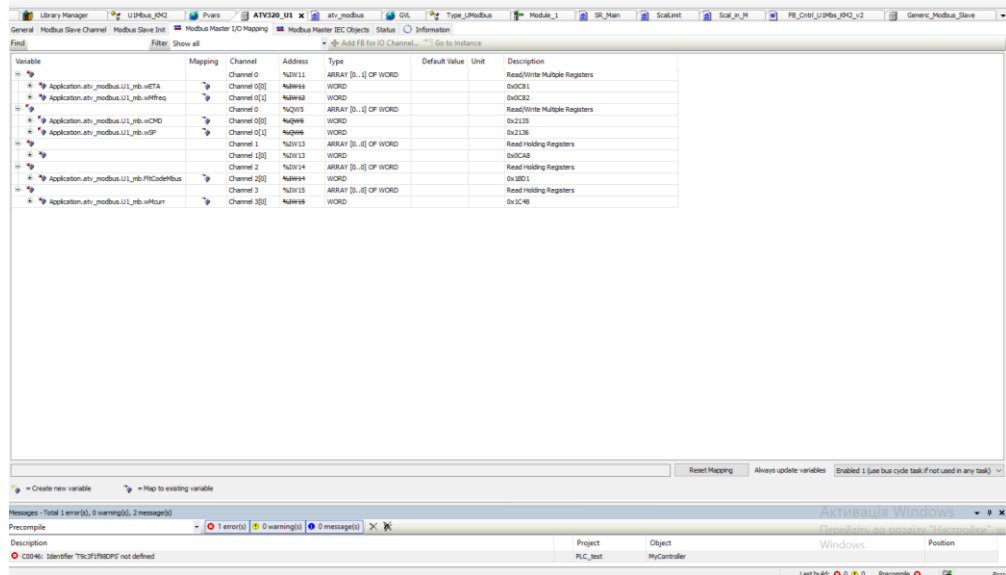


Рисунок 3.12 – Рекомендовані параметри для керування ATV320

За допомогою цих регістрів ми можемо не тільки задавати частоту через Modbus, а і відстежувати стан частотника, частоту і помилку.

3.5 Налаштування з'єднання через OPC UA SCADA–системи

Насамперед, нам потрібно налаштувати з'єднання між контролером і SCADA–системою для обміну передачею даних.

3.5.1 Налаштування OPC UA

Для цього ми переходимо в меню Devices tree, натискаємо на контролер для якого нам потрібно налаштувати комунікацію і обираємо пункт OPC UA Server Configuration. Налаштований контролер для комунікації по OPC UA зображений на рисунку 3.13.

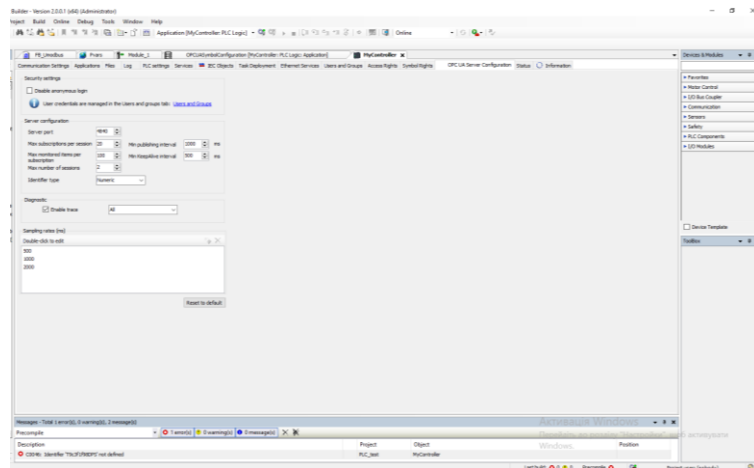


Рисунок 3.13 – Налаштування OPC UA в контролері M262

З сторони TIA Portal потрібно в меню Connections вибрати протокол який використовуватиметься для зв'язку, тобто OPC UA. В якості OPC сервера в нас виступає контролер, тому ми виставляємо його IP-адресу, і після неї вказуємо порт для комунікації між нашими пристроями. Приклад встановленого з'єднання зображено на рисунку 3.14.

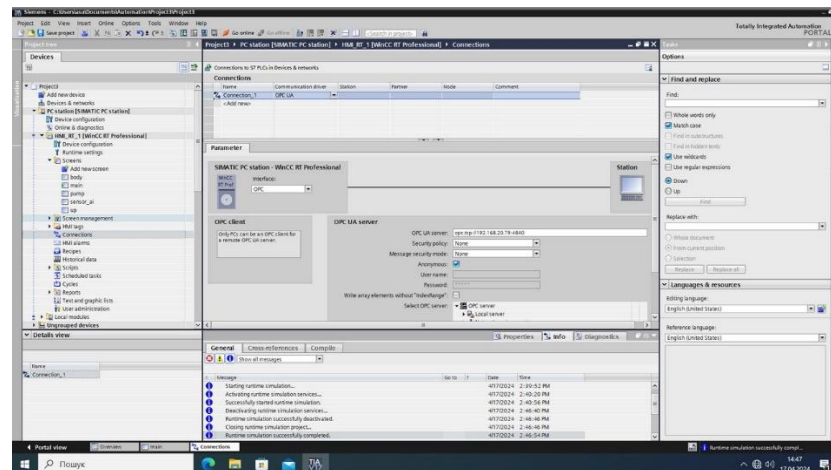


Рисунок 3.14 – Налаштування OPC UA в TIA Portal

Після встановленого з'єднання ми вже можемо керувати контролером з нашої SCADA-системи, звичайно, якщо вона в Runtime.

Acquisition) система. Одним із провідних рішень у цій галузі є SCADA–система, інтегрована в TIA Portal від компанії Siemens.

TIA Portal пропонує зручний інтерфейс користувача, що полегшує створення графічних панелей для відображення параметрів процесу, налаштування тривог, а також забезпечує збір та зберігання даних для подальшого аналізу.

На рисунку 3.16 показано вигляд SCADA–системи для автоматизованої установки.

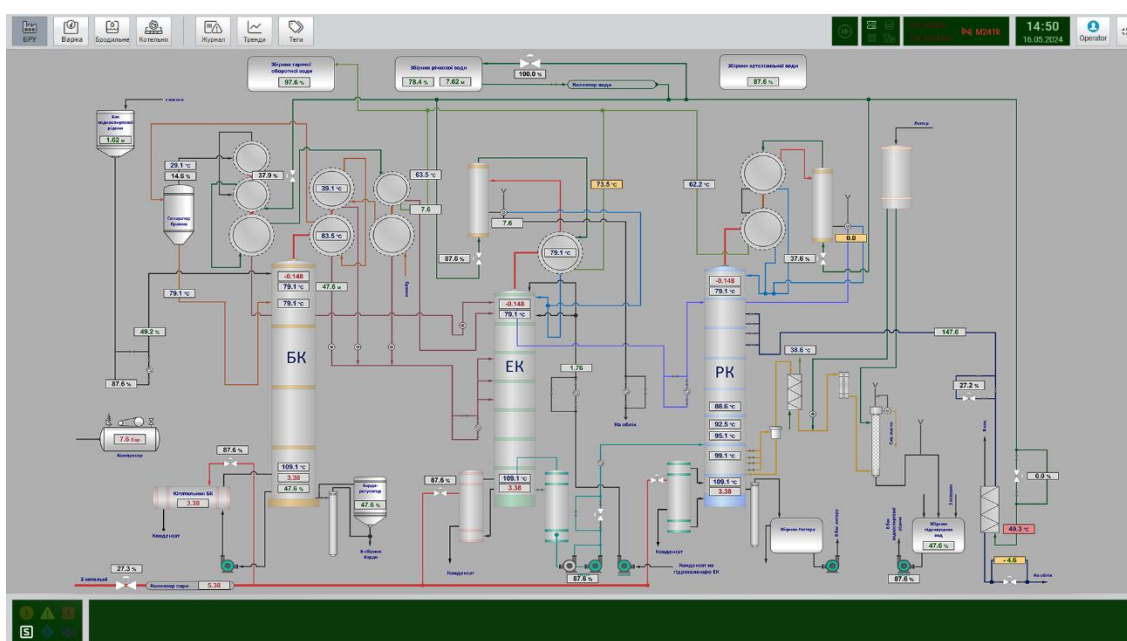


Рисунок 3.16 – Автоматизована система БРУ

Використання TIA Portal для керування брагоректифікаційною установкою дозволяє значно підвищити продуктивність, зменшити витрати на обслуговування, а також забезпечити високу якість кінцевого продукту.

3.7 Висновок до третього розділу

У ході практичної реалізації автоматизованої системи керування для відділення брагоректифікації було успішно досягнуто декілька важливих результатів. По-перше, здійснено ретельний аналіз і обрано оптимальний програмований логічний контролер (ПЛК) Schneider Electric Modicon M262, що

відрізняється високою продуктивністю, гнучкістю та вбудованими функціями кібербезпеки. Обраний контролер забезпечує надійну основу для автоматизації складних промислових процесів.

Для передачі даних між контролером і SCADA-системою від TIA Portal було використано протокол OPC UA, який забезпечує високу швидкість передачі даних, безпеку і масштабованість. Налаштування та інтеграція тегів для передачі через OPC UA були виконані з урахуванням специфічних вимог до моніторингу та керування процесами брагоректифікації. Це забезпечило ефективний обмін даними в режимі реального часу і стабільність роботи системи.

В рамках проекту було налаштовано середовище програмування Machine Expert для контролера Modicon M262. Для зручності користування та розширення функціональних можливостей було інтегровано дві бібліотеки: SE_Toolbox та oscatbasic. Використання цих бібліотек дозволило реалізувати необхідні функції автоматизації, знизивши час і витрати на розробку.

Завдяки інтеграції з SCADA-системою в TIA Portal вдалося створити зручний та інтуїтивно зрозумілий інтерфейс для моніторингу та керування процесами брагоректифікації. Оператори отримали можливість контролювати всі ключові параметри системи в режимі реального часу, що сприяє підвищенню продуктивності та безпеки виробництва.

В ході роботи були протестовані і налаштовані різні типи регуляторів, такі як ПІД-регулятори. Це дозволило оптимізувати параметри керування для забезпечення стабільної та ефективної роботи системи в різних умовах експлуатації.

Загалом, реалізація автоматизованої системи керування для відділення брагоректифікації продемонструвала високу ефективність обраних технічних рішень. Використання ПЛК Modicon M262, протоколу OPC UA та інтеграції з SCADA-системою від TIA Portal забезпечило надійну, безпечну та гнучку систему керування, яка відповідає сучасним вимогам промислової автоматизації. Отримані результати підтверджують правильність обраних підходів і технологій, що дозволяє рекомендувати їх для впровадження в аналогічних проектах автоматизації.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Проведення інструктажів з охорони праці.

Автоматизація виробничих процесів є ключовим фактором підвищення ефективності та надійності сучасних промислових підприємств. Однією з таких важливих систем є брагоректифікаційна установка, яка використовується для очищення та концентрування спиртових розчинів. Ефективне керування цією установкою вимагає точного моніторингу та контролю різних параметрів, таких як тиск, температура, рівень рідин та витрати.

Однак, поряд із технічними аспектами автоматизації, не менш важливим є забезпечення належного рівня охорони праці для працівників, які працюють з цією установкою. Інструктажі з охорони праці відіграють вирішальну роль у запобіганні нещасним випадкам та професійним захворюванням, забезпечуючи безпечні умови праці[48]. Саме тому в рамках магістерської роботи, присвяченої дослідженню технологій для управління та автоматизації брагоректифікаційної установки, особливу увагу буде приділено проведенню інструктажів з охорони праці.

Цей розділ детально розгляне процес проведення інструктажів з охорони праці, їх види, етапи та важливість у контексті автоматизації брагоректифікаційної установки. Впровадження ефективної системи інструктажів є критично важливим для забезпечення безпеки працівників, оптимізації виробничих процесів та досягнення високих стандартів якості кінцевого продукту[49]. Подальші розділи магістерської роботи зосередяться на технічних аспектах автоматизації, але розуміння важливості охорони праці забезпечить комплексний підхід до впровадження сучасних технологій на виробництві.

Проведення інструктажів з охорони праці є критично важливим елементом управління безпекою на підприємстві[49]. Вони допомагають працівникам усвідомити потенційні ризики та навчають їх правильним методам роботи. Регулярне проведення інструктажів сприяє підвищенню культури безпеки,

зменшенню кількості нещасних випадків на виробництві та підвищенню загальної продуктивності.

Важливим аспектом є також адаптація інструктажів до специфіки роботи конкретного підприємства та особливостей виробничих процесів. Це дозволяє забезпечити максимальну ефективність навчання та мінімізувати ризики для працівників.

Існує кілька видів інструктажів з охорони праці, кожен з яких має свої особливості та мету[49]. Основними видами інструктажів є:

1. Вступний інструктаж: Проводиться для всіх новоприйнятих працівників, незалежно від їхньої кваліфікації та досвіду. Мета вступного інструктажу – ознайомлення працівників з основними правилами охорони праці, структурою підприємства, його специфікою та потенційними небезпеками. Це забезпечує базове розуміння загальних вимог безпеки, які працівники повинні дотримуватися з першого дня роботи.

2. Первинний інструктаж на робочому місці: Проводиться безпосередньо на робочому місці перед початком роботи. Він охоплює конкретні питання, пов'язані з роботою на конкретному обладнанні або виконанням певних завдань. Цей інструктаж допомагає працівникам зрозуміти специфіку їхніх робочих обов'язків та вимоги до безпеки в конкретних умовах. Це особливо важливо для роботи з автоматизованими системами, де правильне розуміння процесів і потенційних ризиків є критичним.

3. Повторний інструктаж: Проводиться регулярно для всіх працівників з метою підтримки знань з охорони праці та оновлення інформації про нові вимоги та зміни у виробничих процесах. Періодичність проведення повторного інструктажу визначається нормативними актами та внутрішніми документами підприємства. Це допомагає підтримувати високий рівень обізнаності працівників про безпеку і оперативно реагувати на зміни у виробничому середовищі.

4. Позаплановий інструктаж: Проводиться у випадках зміни технологічного процесу, впровадження нового обладнання, змін в організації праці або після аварій та нещасних випадків. Позаплановий інструктаж

допомагає працівникам швидко адаптуватися до нових умов та уникнути можливих ризиків, забезпечуючи безперервність безпечної роботи навіть у разі змін.

5. Цільовий інструктаж: Проводиться перед виконанням разових робіт, які не входять до обов'язків працівника, або при ліквідації аварій та катастроф. Цільовий інструктаж має на меті підготовку працівників до виконання конкретних завдань з урахуванням всіх можливих небезпек. Це дозволяє мінімізувати ризики під час виконання нетипових або надзвичайних завдань.

Процес проведення інструктажів з охорони праці складається з кількох етапів, кожен з яких має свої особливості та завдання[49]. Основні етапи включають:

- Підготовка: На цьому етапі розробляється план проведення інструктажу, готуються необхідні матеріали та засоби навчання. Визначається аудиторія та тривалість інструктажу. Підготовка включає аналіз специфіки роботи, визначення потенційних ризиків та розробку методик їх попередження.

- Проведення інструктажу: Безпосередньо процес проведення інструктажу включає викладення теоретичної частини, демонстрацію практичних навичок та відповіді на питання працівників. Інструктор повинен забезпечити доступність та зрозумілість інформації, а також перевірити засвоєння матеріалу. Це включає використання різних методів навчання, таких як лекції, презентації, відеоматеріали та практичні вправи.

- Закріплення знань: Після проведення інструктажу необхідно провести тестування або контроль знань працівників. Це може бути усне опитування, письмовий тест або практичне завдання. Мета – перевірити, наскільки добре працівники засвоїли отриману інформацію. Закріплення знань допомагає впевнитися в тому, що працівники готові до безпечного виконання своїх обов'язків.

- Документування: Результати інструктажу повинні бути зафіксовані в спеціальних журналах або електронних системах обліку. Це необхідно для забезпечення контролю та відповідності нормативним вимогам. Документування

є важливим аспектом управління безпекою на підприємстві, оскільки дозволяє відстежувати проходження інструктажів та ефективність навчання.

Варто зазначити, що інструктажі з охорони праці є невід'ємною частиною системи безпеки на підприємстві. Вони забезпечують працівників необхідними знаннями та навичками для безпечного виконання своїх обов'язків[50-52]. Впровадження ефективної системи проведення інструктажів сприяє зниженню рівня травматизму, покращенню умов праці та підвищенню загальної ефективності виробництва. У контексті автоматизації брагоректифікаційної установки інструктажі з охорони праці стають ще більш важливими, оскільки забезпечують безпеку працівників при роботі з складними та потенційно небезпечними технологічними процесами.

4.2 Заходи з техніки безпеки при експлуатації вакуумних установок.

Експлуатація вакуумних установок є важливим компонентом багатьох виробничих процесів, особливо у хімічній, фармацевтичній, харчовій промисловості та наукових дослідженнях. Вакуумні установки використовуються для створення середовища з низьким тиском, що дозволяє проводити процеси, які неможливі або важкі у звичайних атмосферних умовах. Однак, робота з такими установками вимагає суворого дотримання заходів безпеки для запобігання аварій та забезпечення захисту працівників.

Перед обговоренням заходів безпеки важливо зрозуміти основні ризики, пов'язані з експлуатацією вакуумних установок. До них відносяться:

Можливість вибуху чи імплзії: Вакуумні установки працюють при значному зниженні тиску, що може призвести до раптового руйнування обладнання, якщо воно не відповідає вимогам міцності.

Витік небезпечних речовин: У разі порушення герметичності системи можливий витік токсичних, вибухонебезпечних або шкідливих для здоров'я речовин.

Електричні ризики: Багато компонентів вакуумних систем використовують електричну енергію, що створює ризики електричного ураження або пожежі.

Теплові ризики: Деякі процеси у вакуумних установках можуть супроводжуватися виділенням великої кількості тепла, що може спричинити опіки або пожежі.

Експлуатація вакуумних установок потребує дотримання чітко визначених заходів з техніки безпеки, що забезпечують захист працівників та безперебійне функціонування обладнання[53]. Основні заходи з техніки безпеки включають:

1. Підготовка та навчання персоналу: Перед початком роботи всі працівники повинні пройти спеціалізоване навчання, яке охоплює основи роботи з вакуумними установками, потенційні ризики та методи їх запобігання. Регулярні інструктажі з охорони праці та безпеки допомагають підтримувати високий рівень обізнаності працівників щодо актуальних вимог та стандартів безпеки.

2. Використання відповідного обладнання: Вакуумні установки мають відповідати всім технічним та нормативним вимогам. Усі компоненти системи повинні бути виготовлені з матеріалів, які витримують низький тиск та мають високу міцність. Важливо використовувати якісні ущільнювачі та регулярно перевіряти їх стан для забезпечення герметичності системи.

3. Контроль параметрів роботи: Постійний моніторинг ключових параметрів вакуумних установок, таких як тиск, температура та електричні показники, дозволяє своєчасно виявити відхилення та запобігти аварійним ситуаціям[53]. Використання автоматичних систем контролю та сигналізації підвищує рівень безпеки та забезпечує оперативне реагування на будь-які зміни в роботі установки.

4. Захист від електричних ризиків: Всі електричні компоненти вакуумних установок повинні бути належним чином заземлені та ізольовані. Регулярне обслуговування електрообладнання кваліфікованими спеціалістами та використання захисних пристроїв, таких як автоматичні вимикачі та диференційні реле, допомагають знизити ризик електричних аварій.

5. Вентиляція та видалення відпрацьованих газів: Приміщення, де розташовані вакуумні установки, повинно бути обладнане ефективною системою вентиляції. Видалення відпрацьованих газів та використання фільтрів забезпечує безпечні умови праці та знижує рівень забруднення повітря.

6. Засоби індивідуального захисту: Працівники повинні використовувати засоби індивідуального захисту (ЗІЗ), такі як захисні окуляри, рукавички, спецодяг та маски. Це допомагає захистити їх від фізичних, хімічних та термічних небезпек під час роботи з вакуумними установками.

7. Регулярне технічне обслуговування: Планові перевірки та технічне обслуговування вакуумних установок є ключовими для підтримання їх у належному стані. Своєчасний ремонт та заміна зношених компонентів дозволяють уникнути несправностей та забезпечують довготривалу і безпечну експлуатацію обладнання.

Дотримання цих заходів з техніки безпеки є запорукою успішної та безпечної роботи вакуумних установок. Вони не тільки знижують ризики аварій, але й сприяють підвищенню ефективності виробничих процесів, створюючи безпечні умови праці для всіх залучених працівників.

4.3 Вимоги пожежної безпеки при гасінні електроустановок.

Пожежна безпека є критично важливою складовою будь-якого підприємства, особливо в умовах використання електроустановок. Вогонь у таких установках може призвести до серйозних наслідків, включаючи втрату майна, перебої в роботі та загрозу життю працівників. Тому важливо знати та дотримуватись специфічних вимог пожежної безпеки при гасінні електроустановок.

Основні вимоги пожежної безпеки при гасінні електроустановок:

1. Підготовка до гасіння пожежі: Перш ніж приступити до гасіння пожежі в електроустановці, необхідно провести попередню підготовку. Це включає в себе:

- Ознайомлення з планом евакуації та схемою розташування електроустановок.
- Навчання персоналу.
- Проведення регулярних тренувань та інструктажів

2. Використання відповідних засобів пожежогасіння: При гасінні пожеж в електроустановках необхідно використовувати спеціальні засоби пожежогасіння, які не проводять електричний струм і не пошкоджують електрообладнання[48,52]:

- Вуглекислотні (CO_2) вогнегасники.
- Порошкові вогнегасники.
- Аерозольні системи пожежогасіння.

3. Відключення електроживлення: Одним з основних заходів при гасінні пожеж в електроустановках є відключення електроживлення. Це важливо для зниження ризику ураження електричним струмом та запобігання подальшому поширенню пожежі через електричні проводи. Відключення повинно здійснюватися відповідно до плану дій в надзвичайних ситуаціях і тільки кваліфікованим персоналом.

4. Дотримання безпечної відстані та використання ЗІЗ: Під час гасіння пожежі в електроустановках необхідно дотримуватись безпечної відстані від джерела вогню та використовувати засоби індивідуального захисту (ЗІЗ), такі як ізолюючі рукавички, захисні окуляри та спецодяг. Це допоможе запобігти травмам та ураженням електричним струмом.

5. Важливість регулярного технічного обслуговування: Регулярне технічне обслуговування електроустановок є ключовим елементом забезпечення пожежної безпеки. Це включає в себе:

- Перевірку електрообладнання на наявність несправностей та зношення.
- Очищення від пилу та інших забруднень, які можуть сприяти займанню.
- Тестування та обслуговування систем автоматичного пожежогасіння та сигналізації.

Забезпечення пожежної безпеки при експлуатації та гасінні електроустановок вимагає системного підходу, який включає підготовку персоналу, використання відповідних засобів пожежогасіння, відключення електроживлення, дотримання безпечної відстані та регулярне технічне обслуговування[61]. Впровадження та дотримання цих заходів допоможе запобігти пожежам та забезпечити безпеку працівників і обладнання на підприємстві.

4.4 Висновок до четвертого розділу

У цій магістерській роботі було детально розглянуто ключові аспекти автоматизації брагоректифікаційних установок, зокрема проведення інструктажів з охорони праці, заходи з техніки безпеки при експлуатації вакуумних установок та вимоги пожежної безпеки при гасінні електроустановок.

У результаті аналізу проведення інструктажів з охорони праці виявлено, що вони є важливою складовою системи безпеки на підприємстві. Ці інструктажі спрямовані на інформування працівників про потенційні ризики та правила безпеки. Проведення вступних, первинних, повторних, позапланових та цільових інструктажів допомагає підвищити культуру безпеки та уникнути нещасних випадків на робочому місці.

Переходячи до заходів з техніки безпеки при експлуатації вакуумних установок, слід зазначити, що вони також мають велике значення для забезпечення безпеки працівників та стабільності роботи обладнання. Використання засобів індивідуального захисту, дотримання правил безпечної експлуатації та регулярне технічне обслуговування допомагають попередити аварії та збої у роботі вакуумних систем.

Не менш важливими є вимоги пожежної безпеки при гасінні електроустановок. Застосування відповідних засобів пожежогасіння та дотримання правил безпеки дозволяє уникнути пожеж та мінімізувати їхні наслідки.

Таким чином, інтеграція вимог з охорони праці, техніки безпеки та пожежної безпеки є необхідною умовою для забезпечення безпечної та ефективної роботи автоматизованих систем. Виконання цих заходів сприяє підвищенню безпеки на робочому місці та покращенню загального функціонування підприємства.

ВИСНОВКИ

У процесі виконання магістерської роботи було проведено детальний аналіз брагоректифікаційної установки та існуючих систем управління, що дозволило визначити основні характеристики і різновиди цих систем. Було виявлено, що стан брагоректифікаційної установки потребує модернізації для підвищення ефективності та стабільності процесу. Основні причини автоматизації включають необхідність підвищення продуктивності, зниження витрат сировини та енергоресурсів, а також підвищення рівня безпеки експлуатації установки. Очікуваний ефект від впровадження автоматизації включає збільшення продуктивності, зменшення витрат та покращення якості продукції.

Дослідження технологій для управління та автоматизації брагоректифікаційної установки включало вибір оптимального програмованого логічного контролера (ПЛК), аналіз промислових протоколів передачі даних та класифікацію регуляторів. Було розглянуто декілька моделей ПЛК, зокрема Schneider Electric M241, Schneider Electric M262 та Siemens SIMATIC S7-1200. З огляду на технічні характеристики, можливості інтеграції та підтримку протоколу OPC UA, було обрано Schneider Electric M262 як найбільш оптимальний варіант. Промислові протоколи передачі даних, зокрема OPC UA, забезпечують високу сумісність, безпеку і масштабованість системи, що є критично важливим для автоматизації промислових процесів.

Класифікація регуляторів включала детальний розгляд різних типів регуляторів, таких як пропорційно-інтегрально-диференційні (ПІД) регулятори, пропорційні (P) регулятори, пропорційно-інтегральні (PI) регулятори, пропорційно-диференційні (PD) регулятори, адаптивні, неінтерактивні та прогнозуючі регулятори. Кожен з цих типів регуляторів має свої особливості, переваги та області застосування, що дозволяє вибирати найбільш підходящий варіант для конкретних умов експлуатації.

У процесі розробки проекту автоматизації брагоректифікаційної установки були визначені вимоги до системи автоматизації, розроблені автоматизована

система управління та SCADA-система. Для реалізації проекту було використано програмне забезпечення Machine Expert, яке забезпечило зручне налаштування контролера та інтеграцію бібліотек SE_Toolbox і oscatbasic, що розширило функціональні можливості системи. Особлива увага приділялася налаштуванню з'єднання через OPC UA для забезпечення надійної передачі даних між контролером та SCADA-системою.

Розроблена система автоматизації включає всі необхідні компоненти для ефективного і безпечного управління брагоректифікаційною установкою. Вона забезпечує високий рівень автоматизації, дозволяє здійснювати моніторинг та керування процесами в режимі реального часу, підвищує стабільність і продуктивність установки, а також знижує витрати на її експлуатацію.

Отже, виконання магістерської роботи дозволило розробити і впровадити автоматизовану систему керування для брагоректифікаційної установки, що відповідає сучасним вимогам промислової автоматизації, забезпечує підвищення продуктивності, зниження витрат і покращення якості продукції, а також підвищує рівень безпеки експлуатації установки.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ

1. Цыганков, П. С. (1984). Ректификационные установки спиртовой промышленности.
2. Маринченко, В. О., Домарецький, В. А., Шиян, П. Л., Швець, В. М., Циганков, П. С., & Жолнер, І. Д. (2003). Технологія спирту. Під ред. проф. ВО Маринченко. – Вінниця: «Поділля–2000», – 2003. – 496 с.
3. Невлюдов, І. Ш., Андрусевич, А. О., Євсєєв, В. В., Максимова, С. С., Стародубцев, М. Г., & Невлюдова, В. В. (2018). Автоматизована система керування технологічними процесами в SCADA системі TRACE MODE 6.
4. Бобух, А. О. (2006). Автоматизовані системи керування технологічними процесами: Навч. посібник.
5. Панов, А. О. (2023). Автоматизовані системи керування технологічними процесами.
6. Булій, Ю. В., Шиян, П. Л., Дмитрук, А. П., & Малигін, А. І. (2013). Інноваційна технологія вилучення та концентрування органічних домішок спирту в режимі керованої ректифікації.
7. Харченко, О., Боднарчук, І., & Яцишин, В. (2013). Експерта система проектування архітектури програмного забезпечення. Комп'ютерні технології друкарства, (29), 10-26.
8. Приймак М. Умовно періодичні випадкові процеси із змінним періодом / Приймак М., Боднарчук І., Лупенко С. // Вісник ТДТУ. — Т. : ТДТУ, 2005. — Том 10. — № 2. — С. 143–152. Голінко, І. М. (2013). Синтез оптимальної системи керування із частковою компенсацією збурення.
9. Сенько, І. В. (2023). Проєкт автоматизації хімводоочистки для теплогенеруючих об'єктів. Система автоматичного регулювання температури прямої мережевої води на лінії рециркуляції.
10. Іванчук, В. В. (2018). Автоматизація процесу брагоректифікації у спиртовому виробництві (Doctoral dissertation, ІФНТУНГ).

11. Пупена, О. М. (2008). Автоматизоване управління брагоректифікаційною установкою з використанням алгоритмів оперативної корекції технологічного режиму
12. Пупена, О. М., & Ельперін, І. В. (2010). Вдосконалення системи автоматизації брагоректифікаційної установки.
13. Ціленко, О. В. (2023). Розробка системи автоматизації брагоректифікаційної установки спиртового заводу.
14. Морміль, Ю. А. (2023). Автоматизовані системи на основі промислових логічних контролерів.
15. Автоматизовані системи дозволяють зменшити відповідальність працівників за виконання небезпечних чи монотонних завдань, що може призвести до зниження ризику травматизму або професійних захворювань.
16. Троценко, А. В. (2020). Автоматизовані системи керування виробничих ліній на ПЛК.
17. Яцишин, Р. І. (2023). Розробка автоматизованої системи керування процесом спалювання біомаси (Bachelor's thesis, Тернопіль, ТНТУ).
18. Топалов, А. М. (2019). Спеціалізована комп'ютерна система параметричного контролю та керованої стабілізації плавучих споруд.
19. Бобух, А. О. (2006). Автоматизовані системи керування технологічними процесами: Навч. посібник.
20. Ардикуца, Ю. В. (2023). Автоматизована система моніторингу та керування котельною установкою.
21. Міщук, М. В. (2023). Система керування господарством котеджу «Розумний будинок».
22. Фіщенко, О. Л. (2020). Розробка системи автоматизації прийомного відділення молокозаводу.
23. Закалов, О. В., & Ворошук, В. Я. (2011). Дипломне проектування технологічного обладнання переробних і харчових виробництв: Навчальний посібник.
24. Вітенько, Т. М. (2009). Гідродинамічна кавітація у масообмінних, хімічних і біологічних процесах. Тернопіль: ТДТУ ім. І. Пулюя.

25. Яшин, А. С. (2019). Програмна реалізація людино-машинного інтерфейсу для візуалізації KNX інсталяцій (Master's thesis, КПІ ім. Ігоря Сікорського).
26. Мацик, В. М. (2023). Розробка та дослідження автоматизованої системи розділення повітря при виробництві азоту (Master's thesis, Тернопіль, ТНТУ).
27. Строевий, С. О. (2023). Лабораторний стенд для дослідження системи автоматизації на базі програмованих логічних контролерів Siemens Logo.
28. Грига, О. В. (2020). Розробка систем автоматизації процесу виготовлення згущеного молока.
29. Ардикуца, Ю. В. (2023). Автоматизована система моніторингу та керування котельною установкою.
30. Семенюк, Д. М. (2021). Пристрій підтримання заданої температури технологічного обладнання.
31. Харчук, І. О. (2013). Побудова та аналіз моделі якості архітектури програмного забезпечення. Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах, (3), 89-98.
32. Харченко, О., Боднарчук, І., & Галай, І. (2013). Стійкість розв'язків задачі оптимізації архітектури програмних систем. Вісник Національного університету Львівська політехніка. Комп'ютерні науки та інформаційні технології, (771), 17-24.
33. Керн, М. В. (2023). Система автоматизації та диспетчерського контролю комплексу з кількома альтернативними джерелами живлення.
34. Шишак, А. В., & Пупена, О. М. (2018). На шляху до Індустрії 4.0: інтеграція існуючих АСУТП з хмарними сервісами. Автоматизация технологических и бизнес-процессов, (10, Iss. 1), 33-39.
35. Маслак, М. О. (2021). Транспортні мережі на основі технології MPLS, принципи, перспективи розвитку (Bachelor's thesis, КПІ ім. Ігоря Сікорського).
36. Молочко, О. С. (2020). Електронна система віддаленого моніторингу та керування промисловим обладнанням.

37. Бучковський, Р. В. (2018). Система управління енергокомплексом підприємства на основі промислового контролера OMRONCPM1A.
38. Складанний, Д. М., & Тюріна, Є. О. (2023). Промислові комп'ютерні мережі. Семінари.
39. Гончаренко, Б. М., & Ладанюк, А. П. (2014). Автоматизація виробничих процесів харчових технологій.
40. Посвістак, Т. В. (2018). Система управління балансуванням платформи в реальному часі при паралельній реалізації на ПЛІС (Master's thesis, Київ).
41. Сироватко, А. С. (2020). Модельне дослідження та розробка алгоритмів регулювання параметрів об'єктів автоматизації.
42. Островський, І. І. (2021). Метод керування технічними об'єктами на основі інтеграції обробки сенсорних даних.
43. Зеленко, Д. В., & Зеленко, Ю. О. (2022). Розробка автоматизованої системи управління вентиляцією офісної будівлі на основі програмованого логічного контролера Pixel (Bachelor's thesis, Тернопіль, ТНТУ).
44. ПІ-регулятори часто застосовуються в системах, де необхідно усунути постійну помилку, але диференційна складова не є критичною.
45. Скрипниченко, В. О. (2024). Вдосконалення ПІД регулятора для лінійної системи автоматизації на основі параметричної ідентифікації.
46. Адаптивні регулятори є важливим елементом сучасних систем автоматичного керування, особливо в умовах, коли параметри системи або навколишнє середовище можуть змінюватися з часом
47. Неінтерактивні регулятори відіграють важливу роль в системах автоматизації, де потрібна стабільність і надійність роботи. Вони характеризуються автономністю і мінімальною необхідністю втручання оператора.
48. Шлях підвищення життєдіяльності. КонфКонтакт : веб-сайт. URL: http://www.confcontact.com/2013-specproekt/tn15_grinyuk.htm. (дата звернення: 10.12.2023).

49. Жидецький, В. Ц., Джигирей, В. С., & Мельников, О. В. (2000). Основи охорони праці. Львів: Афіша, 350, 132-136. Управління персоналом. Освіта.ua : веб-сайт. URL: <https://osvita.ua/vnz/reports/management/13649/> (дата звернення: 10.12.2023).

50. Створення безпечних і нешкідливих умов праці. Державний нагляд за охороною праці. WikiLegalAid : веб-сайт. URL: <https://wiki.legalaid.gov.ua/> (дата звернення: 10.12.2023).

51. Створення сприятливих умов праці на виробництві. Охорона праці і пожежна безпека : веб-сайт. URL: <https://oppb.com.ua/news/stvorennya-spryyatlyvyh-umov-praci-na-vyrobnyctvi> (дата звернення: 10.12.2023).

52. Голінько, В. І., Іконніков, М. Ю., & Лебедєв, Я. Я. (2015). Охорона праці в галузі інформаційних технологій.

53. Стручок, В. С. (2022). Безпека в надзвичайних ситуаціях. Методичний посібник для здобувачів освітнього ступеня «магістр» всіх спеціальностей денної та заочної (дистанційної) форм навчання.

ДОДАТКИ

Тези конференції

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет
імені Івана Пулюя
Маріборський університет (Словенія)
Технічний університет в Кошице (Словаччина)
Каунаський технологічний університет (Литва)
Львівський національний університет
імені Івана Франка,
Гірничо-металургійна академія ім. Станіслава Сташиця (Польща)
Луцький національний технічний університет,
Чернівецький національний університет
імені Юрія Федьковича,
Вроцлавський економічний університет (Польща)
Університет технологій та економіки
імені Хелени Ходковської (Польща)
Донбаська державна машинобудівна академія



Студентське наукове
товариство



VII МІЖНАРОДНА
студентська науково - технічна конференція
"ПРИРОДНИЧІ ТА ГУМАНІТАРНІ
НАУКИ.

АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ"

25-26 квітня 2024 р.

(збірник тез конференції)

Тернопіль 2024

УДК 004.928

Вівчар О.– ст. гр. СНм-61

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

ВПРОВАДЖЕННЯ НЕЙРОННИХ СИСТЕМ В АСУ

Науковий керівник – канд. тех. наук, доц. Боднарчук І. О.

Vivchar O.

Ternopil Ivan Puluj National Technical University

IMPLEMENTATION OF NEURON SYSTEMS IN ASU

Supervisor: Ph.D., Assoc. Prof. Bodnarchuk I.O.

Ключові слова: АСУ, нейронні мережі, ПІД.

Key words: ACS, neural networks, PID.

Використання нейронних мереж у системі автоматизованого управління (АСУ) є важливим кроком у напрямку підвищення ефективності, надійності та адаптивності систем управління. Нейронні мережі, здатні до аналізу складних даних та прийняття рішень у реальному часі, відкривають нові можливості для оптимізації різноманітних процесів та забезпечують автоматизоване керування, яке може адаптуватися до змінних умов та забезпечити стійке функціонування системи в різних ситуаціях. В ході навчання вводимо дані для нейронної мережі, використовуючи які, вона матиме змогу самостійно підбирати найкращі значення коефіцієнтів для оптимальної роботи системи.

Нейронні мережі можуть використовуватися для оптимізації процесів управління шляхом аналізу великих обсягів даних та виявлення взаємозв'язків, які можуть залишатися непоміченими людськими операторами (див. рисунок 1). Це дозволяє підвищити продуктивність та знизити витрати на управління, сприяючи більш ефективному використанню ресурсів та зменшенню втрат. Наприклад, у виробничих системах нейронні мережі можуть використовуватися для прогнозування попиту на продукцію та оптимізації виробничих процесів для відповіді на цей попит, що сприяє зниженню витрат і підвищенню прибутковості[3].



Рисунок 1- Сфери найбільш ефективного застосування сучасних технологій управління.

Нейронні мережі можуть бути використані для передбачення виникнення несправностей або аварійних ситуацій на основі аналізу даних з сенсорів та інших джерел[1]. Це дозволяє вчасно виявляти потенційні проблеми та уникати серйозних збоїв у системі, забезпечуючи стабільну роботу системи управління. Навіть у складних та змінних середовищах, де традиційні методи контролю можуть бути менш ефективними, нейронні мережі можуть виявляти несправності та вчасно реагувати на них, забезпечуючи безперервну роботу системи.

Нейронні мережі можуть навчатися на основі нових даних та адаптуватися до змін у вхідних параметрах або умовах роботи системи. Це робить їх ідеальним інструментом для систем управління, які повинні працювати в змінних умовах або реагувати на непередбачені події. Будучи здатними до навчання на великій кількості даних, нейронні мережі можуть постійно покращувати свою точність та ефективність, що дозволяє системам АСУ адаптуватися до змін в реальному часі. Використання нейронних мереж у системах автоматизованого керування відкриває широкі перспективи для покращення ефективності, надійності та адаптивності таких систем[2]. Інтеграція цих технологій може значно підвищити рівень автоматизації та забезпечити більш гнучке та ефективне управління різноманітними процесами, що відповідає вимогам сучасного промислового виробництва та розвитку індустрії 4.0.

Література

1. Пастух О. використання нейронних мереж для забезпечення ефективності діяльності промислових підприємств у процесі їх інтернаціоналізації / Олег Пастух, Ірина Крамар, Олександр Чернух // Галицький економічний вісник. — Т. : ТНТУ, 2019. — Том 58. — № 3. — С. 121–129. — (Економіка та управління підприємством).
2. Сорока К.О. Харків, ХНАМГ. Теорія автоматичного керування. Навчальний посібник (для студентів спеціальності 7.092202 "Електричний транспорт"), 2006.
3. Дранишников Л.В., Інтелектуальні методи в управлінні: навчальний посібник / Л. В. Дранишников. — Кам'янське: ДДТУ, 2018.
4. Astrom K. I. Advanced PID Control / K. I. Astrom, T. Hagglund. – USA, ISA (The Instrumentation Systems And Automation Society), 2006.

Тези конференції

Тернопільський національний технічний
університет імені Івана Пулюя
Тернопільська міська рада

Ternopil Ivan Puluj National Technical
University
Ternopil City Council

Корпорація «Науковий парк «Інноваційно-
інвестиційний кластер Тернопілля»

Corporation «Science Park «Innovation-
Investment Cluster of the Ternopil Region»

«Страхова компанія «ТАС»

Insurance company «TAS»

Вроцлавський економічний університет
Університет «Опольська Політехніка»
Університет прикладних наук в Нисі

Wroclaw University of Economics
Opole University of Technology
University of Applied Sciences in Nysa

Індо-Європейська освітня фундація
(Республіка Польща)

Indo-European Education Foundation
(the Republic of Poland)

Університет Дунареа де Їос м. Галац
(Румунія)

University Dunarea de Jos of Galati
(Romania)

МАТЕРІАЛИ

*XII Міжнародної науково-практичної конференції
«ФОРМУВАННЯ МЕХАНІЗМУ ЗМІЦНЕННЯ КОНКУРЕНТНИХ
ПОЗИЦІЙ НАЦІОНАЛЬНИХ ЕКОНОМІЧНИХ СИСТЕМ У
ГЛОБАЛЬНОМУ, РЕГІОНАЛЬНОМУ ТА ЛОКАЛЬНОМУ ВИМІРАХ»*

*Proceedings of the 12 International Scientific-Practical Conference
“FORMATION OF THE MECHANISM OF NATIONAL ECONOMIC SYSTEMS
COMPETITIVE POSITIONS STRENGTHENING IN
GLOBAL, REGIONAL AND LOCAL DIMENSIONS”*

**ВПЛИВ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ НА
КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНІСТЬ БРАГОРЕКТИФІКАЦІЙНОГО ВИРОБНИЦТВА
THE INFLUENCE OF THE AUTOMATED CONTROL SYSTEM ON THE
COMPETITIVENESS OF THE BRAGORECTIFICATION PRODUCTION**

У сучасному динамічному світі, де глобалізація та жорстка конкуренція на світовому ринку стають нормою, вітчизняні підприємства змушені постійно шукати інноваційні шляхи для підвищення своєї конкурентоспроможності. Одним із перспективних шляхів досягнення

76

цієї мети стає впровадження автоматизованих систем управління (АСУ) на виробничих потужностях. Цей крок не лише оптимізує роботу підприємства, але й відкриває нові можливості для його успішного розвитку.

Відома користь від впровадження автоматизованих систем управління на брагоректифікаційній установці полягає в збільшенні продуктивності [1]. Наприклад, автоматичне регулювання температури та тиску у колоні дистиляції дозволить уникнути непередбачуваних зупинок у процесі ректифікації браги, що призводить до збільшення кількості виробленої браги протягом певного періоду часу. Крім того, впровадження систем моніторингу та автоматичного реагування може допомогти у попередженні витоків або інших негативних ситуацій, що можуть призвести до зниження продуктивності.

Покращення якості продукції також може бути досягнуто завдяки впровадженню АСУ [2]. Наприклад, автоматичний контроль рівня спирту в готовій бразі може забезпечити стабільну концентрацію спирту, що впливає на однорідність смакових характеристик кінцевого продукту. При цьому, системи моніторингу якості можуть автоматично виявляти недоліки у продукції та вживати заходів для їх усунення ще до завершення виробничого циклу.

Щодо зниження витрат, автоматизовані системи можуть оптимізувати використання енергії та ресурсів. Наприклад, системи контролю за витратою води та енергії можуть автоматично регулювати їх подачу в процес ректифікації, що дозволяє ефективно використовувати ресурси та уникати надмірних витрат. Крім того, впровадження енергоефективних технологій та оптимізація процесів можуть допомогти у зниженні загальних витрат на виробництво.

У плані безпеки, автоматизовані системи забезпечують надійний моніторинг технологічних процесів та автоматичну реакцію на можливі небезпечні ситуації [3].

Наприклад, системи автоматичного виявлення та гасіння пожеж можуть ефективно запобігти ризику пожежі в ректифікаційному виробничому приміщенні. Також, впровадження систем виявлення газів або інших небезпечних речовин може попередити потенційні аварійні ситуації та запобігти їхнім наслідкам.

Щодо екологічних показників, автоматизовані системи допомагають у зменшенні викидів шкідливих речовин у навколишнє середовище. Наприклад, системи очищення відходів відповідно до екологічних стандартів можуть допомогти знизити негативний вплив виробництва браги на природне середовище [4]. Також використання більш екологічно чистих технологій та матеріалів може сприяти зменшенню впливу виробництва на довкілля.

Підбиваючи підсумки, можна сказати, що впровадження АСУ на брагоректифікаційних установках (БРУ) дає ряд суттєвих переваг, які сприятимуть підвищенню їх конкурентоспроможності. Збільшення продуктивності на 20% за рахунок оптимізації процесів та скорочення простоїв, покращення якості продукції на 15% завдяки точному контролю параметрів, зниження витрат на 10% за рахунок економії ресурсів та енергії, підвищення рівня безпеки на 30% за допомогою систем автоматичного реагування на аварійні ситуації та зменшення викидів шкідливих речовин на 5%, що робить виробництво більш екологічним [5].

Інвестиції в АСУ окуповуються протягом 2-3 років, забезпечуючи вітчизняним підприємствам стійку конкурентну перевагу на світовому ринку.

Перелік використаних джерел:

1. Saravacos, G. D., & Kostaropoulos, A. E. (2002). Handbook of food processing equipment (Vol. 2012, pp. 331-381). Kluwer Academic/Plenum
2. Ye, H., Wang, J., Shi, J., Du, J., Zhou, Y., Huang, M., & Sun, B. (2021). Automatic and intelligent technologies of solid-state fermentation process of Baijiu production: applications, challenges, and prospects. *Foods*, 10(3), 680
3. Maiorella, B., Wilke, C. R., & Blanch, H. W. (2005, July). Alcohol production and recovery. In *Bioenergy* (pp. 43-92). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg

4. Köck, B., Friedl, A., Serna Loaiza, S., Wukovits, W., & Mihalyi-Schneider, B. (2023). Automation of life cycle assessment. A critical review of developments in the field of life cycle inventory analysis. *Sustainability*, 15(6), 5531

5. Hardgrave, B. C., Wilson, R. L., & Walstrom, K. A. (1994). Predicting graduate student success: A comparison of neural networks and traditional techniques. *Computers & Operations Research*, 21(3), 249-263

