

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

магістр

Освітній рівень

Метод автоматизованого керування виробництвом ацетилену

Назва теми

КВРАКІТР.2023187.01.21 ПЗ

Галузь знань 17 «Електроніка, автоматизація та електронні комунікації»

Шифр, назва

Спеціальність 174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та
робототехніка»

Шифр, назва

Освітня програма «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та
робототехніка»

Назва

Виконав:

студент II курсу, група АКІТРм-23-1



Підпис

Олександр ПИЛИПЧУК

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник



Підпис, дата

Ірина ФОРКУН

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Нормоконтролер




Підпис, дата

Людмила КОРЕЦЬКА

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

До захисту допускаю:
зав. кафедри АКІТтаР



Підпис, дата

Валерій МАРТИНЮК

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

«20» грудня 2024 р.

Хмельницький 2024

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інформаційних технологій

Кафедра автоматизації, комп'ютерно-інтегрованих технологій та робототехніки

Рівень вищої освіти другий (магістерський)

Галузь знань 17 – Електроніка, автоматизація та електронні комунікації

Спеціальність 174 – Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка

Освітня програма Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри АКІТтаР

Валерій МАРТИНЮК

01 вересня 2024р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Пилипчуку Олександр Сергійовичу

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1 Тема роботи Метод автоматизованого керування виробництвом ацетилену

Керівник роботи Форкун Ірина Валеріївна, к.т.н., доцент

Прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, учене звання

Затверджено наказом ректора університету від 26.08.2024 р. №60

2 Строк подання студентом роботи на кафедру 02.12.2024р.





3 Вихідні дані до роботи Аналіз сучасного стану автоматизованих систем керування виробництвом ацетилену

4 Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

Вступ. Аналіз технології процесу виробництва ацетилену. Автоматизація технологічного процесу виробництва ацетилену. Створення нечіткої системи керування. Розробка Web-сервісу для контролю, керування та сигналізації параметрів об'єкта. Висновки.

5 Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень)
презентаційні матеріали (слайди)

6 Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Антиплагіат	Федула М.В., доцент кафедри АКІТтаР		
Нормоконтроль	Корецька Л.О., доцент кафедри АКІТтаР		

7 Дата видачі завдання 01 вересня 2024р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва розділу кваліфікаційної роботи	Строк виконання	Примітка
1 Вступ	10.09.2024р.	Виконано
2 Огляд літературних джерел та патентних даних	25.09.2024р.	Виконано
3 Огляд існуючих моделей	15.10.2024р.	Виконано
4 Створення нечіткої системи керування	30.10.2024р.	Виконано
5 Розробка програмного забезпечення	10.11.2024р.	Виконано
6 Висновки	15.11.2024р.	Виконано
7 Оформлення пояснювальної записки до кваліфікаційної роботи	20.11.2024р.	Виконано
8 Оформлення презентаційних матеріалів	1.12.2024р.	Виконано

Студент



Підпис

Олександр ПИЛИПЧУК

Ім'я, прізвище

Керівник роботи



Підпис

Ірина ФОРКУН

Ім'я, прізвище

АНОТАЦІЯ

Тема кваліфікаційної роботи: «Метод автоматизованого керування виробництвом ацетилену».

Автор роботи: Пилипчук Олександр Сергійович.

Керівник роботи: Форкун Ірина Валеріївна, к.т.н., доцент

Пояснювальна записка: 86 с., 54 рис., 1 табл., 1 дод., 71 джерело.

Графічна частина: 13 презентаційних слайдів.

АЦЕТИЛЕН, МОДЕЛЮВАННЯ, СХЕМА АВТОМАТИЗАЦІЇ, ВЕБ-СЕРВІС, АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА.

Мета роботи: розробити метод автоматизованого керування виробництвом ацетилену.

Виконані етапи аналізу та опису технологічного процесу виробництва ацетилену. Наведена розробка математичної моделі вапнякової печі, включаючи визначення її статичних і динамічних характеристик. Зроблено синтез системи керування для отримання налаштувань регуляторів. Розроблена технологічна схема автоматизації та схема дистанційного керування роботою електродвигунів. Приведена розробка принципової електричної схеми роботи технічного блокування. Виконане проектування системи управління на основі веб-сервісів.



Підпис студента

02.12.24

Дата

ЗМІСТ

ЗМІСТ	2
ВСТУП.....	4
1 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЇ ПРОЦЕСУ ВИРОБНИЦТВА АЦЕТИЛЕНУ.....	6
1.1 Основні експлуатаційні властивості ацетилену	6
1.2 Задача автоматизації устаткування	10
1.3 Задача програмування устаткування.....	12
1.4 Висновки до першого розділу	19
2 АВТОМАТИЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИРОБНИЦТВА АЦЕТИЛЕНУ	20
2.1 Аналіз основ технологічного процесу з точки зору автоматичного контролю виробництва	20
2.2 Розробка схеми автоматизації	23
2.3 Розробка схеми управління електричним двигуном	27
2.4 Розробка схеми технологічного блокування	28
2.5 Математичне моделювання печі випалу вапна	29
2.6 Моделювання статичного режиму	32
2.7 Моделювання динамічного режиму	36
2.8 Синтез та дослідження системи керування.....	39
2.9 Висновки до другого розділу.....	45
3 СТВОРЕННЯ НЕЧІТКОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ	46
3.1 Створення системи нечіткого керування	46
3.2 Обрання та описування лінгвістичних змінних.....	47
3.3 Створення нечіткої математичної моделі об'єкта керування	47
3.3 Розробка правил продукційних для системи нечіткого керування	51
3.4 Результати реалізації засобами MatLab	57
3.5 Висновки до третього розділу	61
4 РОЗРОБКА WEB-СЕРВІСУ ДЛЯ КОНТРОЛЮ, КЕРУВАННЯ ТА СИГНАЛІЗАЦІЇ ПАРАМЕТРІВ ОБ'ЄКТА	62
4.1 Визначення ролі веб-сервісів у сучасних АСК ТП.....	63

4.3 Мікросервісна архітектура.....	68
4.4 Взаємодія з об'єктом керування.....	75
4.5 Висновки до четвертого розділу.....	77
ВИСНОВКИ	78
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	80
ДОДАТОК А Стаття у фаховому журналі.....	87

ВСТУП

Оскільки ацетилен в основному використовується в хімічному синтезі хімічних речовин, він використовується для виробництва різних органічних сполук, у тому числі фармацевтичних препаратів, таких як вітамін А, В та інших хімічних речовин. Газ використовується у виробництві оцтової кислоти, 1,4-бутандіолу, спирту та ін., які виготовляються на основі ацетилену. Обидва ацетилени використовуються у виробництві пластикових матеріалів, таких як поліетилен, полівінілідендифторид, полівінілхлорид, а також метан і етилен.

Ацетилен розчинний у воді, тому його змішування з киснем утворює вибухонебезпечну суміш різної концентрації, яку не можна вловлювати газовими лічильниками. Хімічна активність компонентів газу більша, тому при контакті з сріблом або міддю він утворює сполуки типу ацетиленідів, які вибухонебезпечні під тиском або при підвищенні температури. З цієї причини використання матеріалів, що містять мідь або срібло, для зберігання або транспортування ацетилену є неекономічним. Замість них використовуються латунні вентиля.

Розробка автоматизованої системи управління виробництвом ацетилену, яка б відповідала всім умовам безпеки для цієї хімічної речовини, є важливою передумовою успішного впровадження всіх технічних стандартів безпеки.

Мета роботи: розробити метод автоматизованого керування виробництвом ацетилену.

Об'єкт дослідження: процеси автоматизованого керування устаткуванням виробництва ацетилену.

Предмет дослідження: система автоматизованого керування устаткуванням виробництва ацетилену.

Завдання поставлені на виконання роботи:

- виконати аналіз та опис технологічного процесу виробництва ацетилену;
- розробити математичну модель печі;
- синтезувати систему керування для отримання налаштувань

регуляторів;

– розробити технологічну схема автоматизації та схема дистанційного керування роботою електродвигунів;

– розробити принципової електричної схеми роботи технічного блокування;

– виконати проектування системи управління на основі веб-сервісів.

Наукова новизна полягає у розробці методу автоматизованого керування виробництвом ацетилену, для покращення характеристик технологічного процесу.

1 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЇ ПРОЦЕСУ ВИРОБНИЦТВА АЦЕТИЛЕНУ

1.1 Основні експлуатаційні властивості ацетилену

C_2H_2 — газ із молярною масою, нижчою за атмосферне повітря, без запаху й кольору. Як рекомендація, газ не стискається. Ці надзвичайно високі швидкості розкладання при стисненні газу інакше призвели б до вибуху. Зазвичай він поміщається в резервуари для зберігання цього продукту як речовина в добре розчиненій суміші з діатомовою землею та активованим вугіллям, крім заповнення ацетоном (у стані стиснення ацетилен є чистим). До ацетилену додаються нові домішки, які неминуче утворюють газоподібний ацетилен. Він не повинен контактувати з повітрям, оскільки він утворює композит, який може раптово спалахнути, що призведе до вибуху. Зазвичай температура кипіння газу становить близько $83,6^{\circ}C$. При $961,5$ мм рт. тиск і $80,55^{\circ}C$. температури створюється потрійна точка системи. Газ має точну температуру $35,18^{\circ}C$ і критичну температуру $36,23^{\circ}C$ при тиску $61,1$ атм.

Він є дуже летючим, і контакт з ним може підвищити температуру не більше ніж на 50 градусів за Цельсієм і тиск не більше ніж на $0,2$ МПа в нормальному середовищі. Його можна запалити від іскри, яка може утворитися через статичну напругу, що виходить з тіла людини.

Він має дуже високу енергію завдяки потрійному зв'язку, який він містить. Газ має інші властивості, такі як теплоємність $14\ 000$ ккал/кг, додана до дуже високої температури у верхній частині, іноді дає температуру $3000^{\circ}C$ у полум'я ацетилену. Він перетворюється разом з іншими газами в хімічні речовини, такі як вінілацетилен, поліацетилен, бензол та інші органічні речовини.

Це означало б, що 1 кг чистого карбїду кальцію потрібно було б розкласти $0,562$ кг води, і було б зібрано 380 л ацетилену. Вихід знижується до 230300 л/кг із чистого хімічно підготовленого карбїду, оскільки карбїд складається майже з 30% домішок. Швидкість розкладання також залежить від чистоти карбїду, його форми та розміру, періоду реакції та температури.

Спочатку розкладання відбувається дуже бурхливо, а потім повільно зникає, оскільки на шматках карбїду утворюється вапняна кірка, яка перекриває вільний доступ водї. Цю скоринку потрібно буде зняти, щоб подальша реакція тривала, наприклад, шляхом перемїшування. Щоб прискорити розкладання, карбїд можна спочатку розбити на дрібні шматочки. Виробництво ацетилену з карбїду кальцію може бути реалізовано за допомогою трьох комплектів генераторів ацетилену. По-перше, існують генератори системи «карбїд у водї» — пристрої безперервної дії, що розкладають карбїд кальцію у великому надлишку водї (10-20 л/кг). Тепло, що виділяється, виводиться шляхом нагрівання водї до 50–60°C. Гїдроксид кальцію, який утворився, осаджують разом з водєю у водному вапняному молоці. Це так звані генератори «мокрого типу». Перевагами генераторів системи «карбїд на водї» є отримання більш чистого ацетилену, ніж в генераторах інших систем, і більш висока безпека в експлуатації (оскїльки на виходї генератора йде охолоджений газ). Недолїки включають надмірне виробництво вапняного молока, яке має обмежений ринок і використання, а також надлишок утворених рїдких стоків. Далї йдуть генератори системи «вода на карбїдї», генератори «сухого типу». Невеликі кількостї водї (1 л/кг) живлять рухомї маси карбїду кальцію. Вироблене тепло використовується для випаровування водї. Отримують сухий гїдроксид кальцію (вапняний пух). Цї генератори виробляють ацетилен з великою кількїстю водяної пари, що певною мїрою знижує його вибуховїсть. Сухий гїдроксид кальцію є чудовим будївельним матеріалом; 14 зручно транспортувати. Генератори водї на карбїдї досить поширенї в промисловостї. Контактні генератори: взаємодїя карбїду кальцію з водєю є перїодичною, оскїльки ацетилен, що утворюється, витрачається. Зазвичай цї генератори не такї ефективнї. Ацетилен з карбїду кальцію: чистота 99,5% (об.) домїшки NH₃, PH₃, H₂S, CH₄ тощо. Вмїст домїшок в ацетиленї істотно залежить від якостї домїшок, пов'язаних з вихїдним карбїдом, і процесу їх розкладання. Всї цї домїшки неочищений ацетилен взагалї не можна використовувати в хїмїчній обробцї, для усунення найбільш шкїдливих компонентів використовуються миючі склади, а потїм ацетилен вимивається водєю і лужними розчинами.

Ацетилен має тенденцію втрачати атоми водню і вступає в кислій реакції. Таким чином, у присутності ефірного розчину, реагуючи з ацетиленід-іонами, утвореними шляхом заміни атомів метану в розчині на метилмагній бромід. Реагує з солями срібла та одновалентної міді з утворенням легкозаймистих речовин.

«Мокрий метод» є подальшою обробкою методу «карбіду у воді». Він полягає в завантаженні карбіду в надлишкову воду, яка вже міститься в реакторі (понад 10 м³/т карбіду). Реакція дуже екзотермічна, і тепло видаляється шляхом підвищення температури води в реакторі до 50-60 °С. Ця форма виробництва враховує кінцевий продукт, тобто гідроксид кальцію, який виробляється у вигляді 30% суспензії твердих речовин, а решта становить вода. Транспортування та подальша обробка суспензії дуже складні; таким чином, цей метод є дуже дорогим і непрактичним. Оскільки цей метод вважається непрактичним, його використання не повинно бути обґрунтованим.

Сухий метод є еволюцією водно-карбідного методу. Він передбачає подачу в реактор певної кількості карбіду, а потім його гідратацію шляхом додавання води. Велика частина тепла відводиться під час цього випаровування доданої води, яка надходить у ядерний реактор. Вихід цієї технології виводиться з апарату у вигляді порошку, об'єм якого не перевищує 5% від загального об'єму. Відходи виробничого процесу (пушонка) використовуються повторно, а також багаторазово вдосконалюються. Крім того, пух можна використовувати в будівництві. Гашене вапно, вироблене масово, становить дві третини всього вапна, що використовується загалом, завдяки його численним потенційним використанням; підхід досить економічний і широко використовується.

У процесі «вода на карбіді» утворюється ацетилен високої концентрації (до 99,5% чистого газу), що призводить до утворення великої кількості пилу, сірководню, фосфіну та амікових домішок. Щоб видалити ці домішки, ацетилен очищають із системи в скруберах шляхом промивання води розчином хлориду натрію та хлору. Цей процес призначений для усунення процесів

оксиду хлору.

Установки «вода на карбіді» працюють тільки з високою продуктивністю в діапазоні до 2000 м³/год, а також потребують небагато електроенергії: до 104 кВт/год на 1 т готової продукції.

Інноваційне виробництво об'єднує цілий спектр етапів від отримання сировини до виготовлення кінцевої продукції. Основними етапами є кальцинація вапна, виробництво карбіду вапна, регенерація вапна та очищення ацетиленового вапна.

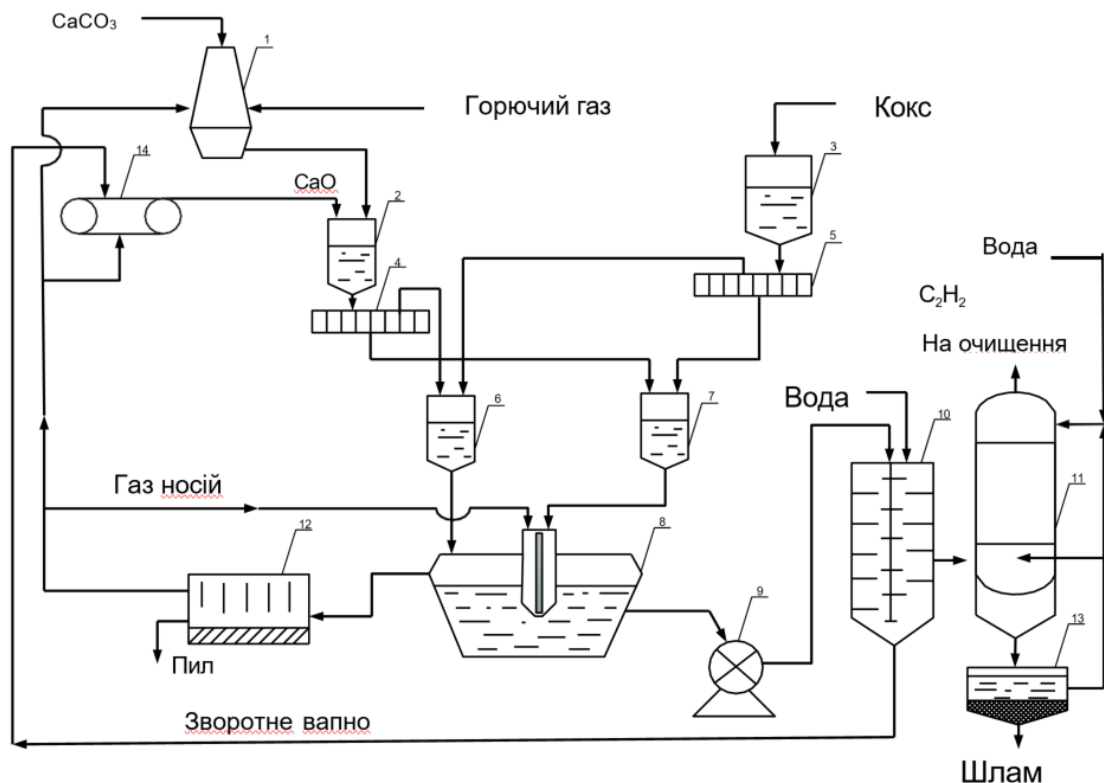


Рисунок 1.1 - Технологічна схема процесу виробництва ацетилену:

1 – випалювальна піч; 2 – бункер оксиду кальцію; 3 – бункер коксу; 4, 5 – грохоти для калібрування; 6 – завантажувальний бункер рядового заряду; 7 – завантажувальний бункер дрібної зарядки; 8 – порожнистий електрод печі; 9 – карбідна піч; 10 – дробарка; 11 – сухий генератор; 12 – скруббер очищення; 13 – установка сухого газоочистки; 14 – машина зворотного випалу вапна; 15 – відстійник вапнякового шламу

Концентрація ацетилену в робочих газах коливається від 8 до 30% (об.) Залежно від способу виробництва. Крім ацетилену, до складу газів входять

водень, оксид і вуглекислий газ, метан, етилен і невеликі кількості ацетилену та інших ненасичених вуглеводнів. А-рідинний метод використовується для відділення та очищення ацетилену, який використовує його властивість розчинятися в різних рідинах. Відомо і використовується на практиці багато методів сорбції, наприклад водопоглинання, селективними розчинниками (диметилформамід, N-метилпіролідон), метанолом, аміаком, гасом або ацетоном при низьких температурах; адсорбція активованим вугіллям і т. д. В даний час для цієї мети найчастіше використовуються селективні розчинники. Вони повинні бути високоселективними по відношенню до ацетилену і з хорошою поглинальною здатністю, нетоксичними і недорогими.

1.2 Задача автоматизації устаткування

Процес виробництва ацетилену методом «вода на карбіді» включає кілька етапів, які залежать від сировини. Кожен етап виробництва слід контролювати з огляду на зміни в кількох змінних процесу після проведення детальної оцінки та експертизи. Дані, отримані при дослідженні значень параметрів, повинні бути використані для схеми регулювання процедури, що підтримує належний стан вимірюваних параметрів на заданому рівні. Це робиться шляхом розробки служби контролю для моніторингу та маніпулювання процесами. З іншого боку, система, як мінімум, повинна бути оснащена датчиками, інструментами, контролерами та станціями, які підтримують, у відповідних обмеженнях, усі змінні процесу, зазначені в завданні.

Магістерська робота спрямована на створення системи управління виробництвом ацетилену, яка буде здійснювати регулювання поведінки вмісту вапна в печі для підтримки виробничого ланцюга, створення та проектування схеми автоматизації зазначеного процесу.

Функції управління системою:

- збільшена кількість автоматизованих процесів;
- зниження залучення персоналу до процесу виробництва;
- підвищена економічна доцільність виробництва;

- помітне підвищення надійності та нагляду за виробництвом;
- через складну систему веб-сервісів.

Наступним кроком на черзі буде — налаштування параметрів режиму введення та виведення «якщо ні» буде втрачено спосіб технологічної операції, і підхід «Вода на карбід» не може бути реалізований. Наступне, що потрібно було б зробити, це визначити технологічні пороги, які потребують контролю, сигналізації та блокування.

На наступному етапі розробимо системи управління, які використовують веб-сервіси для контролю всіх виробничих процесів. Процес вирішення проблем програмування розглядається в наступному розділі.

Основною метою автоматизації тунельної печі випалу є забезпечення безперервної досконалості процесу випалу шляхом регулювання технологічних параметрів підігріву шарів. Система контролю повинна бути додатково оптимізована в напрямку підвищення якості та економічної життєздатності. Цей автоматичний контроль тунельної печі для випалу цегли має містити два рівні. Нижній рівень представляє реалізацію рішень, тобто засоби автоматизації, включаючи контролери, датчики, кінцеві елементи керування, приводи тощо. Верхній рівень представлений SCADA [Диспетчерський контроль та збір даних]: система, яка може контролювати, архівувати та показувати сигнали тривоги або винятки, поточний робочий стан і процеси системи тощо. Автоматичний контроль повинен виконувати наступні функції:

1. Інформаційну: вимірювання поточних технологічних параметрів і показників характеристика стану процесу, а також комунікаційних можливостей;
2. Захисна: сигналізація про значення параметрів, які перевищують або не відповідають необхідним для технологічного процесу: температура в секціях випалу, тиск розрідження в печі, тиск у трубі подачі природного газу тощо.
3. Керівний: безперервно контроль температури в зоні випалу, потоку повітря в печі, для охолодження цегли, а також для природного газу з додаванням кисню для окислення.

Враховуючи абсолютизовані похибки вимірювальних каналів, при цьому для каналу вимірювання температури $\Delta T T m = \pm 20^{\circ}\text{C}$, для тиску $\Delta P P m = \pm 0,1\text{кПа}$. Найбільш жорсткими вимогами є вимоги до захисної функції; ця функція все ще повинна працювати в разі виникнення аварії. Таким чином, захисну функцію можна охарактеризувати середнім часом відмови T_{ser} і коефіцієнтом готовності K_{got} або ймовірністю безвідмовної роботи $P(\tau)$. Менш жорсткі вимоги стосуються функції контролю; отже, його надійність можна охарактеризувати середнім часом відмови T_{ser} , часом відновлення, середнім T_v , а також ймовірністю безвідмовної роботи $P(\tau)$. Що стосується інформаційної функції (з посиланням на п. 2.2), то показником надійності є середній час роботи до відмови T_{ser} або ймовірність безвідмовної роботи. Ця вимога є дуже суворою, оскільки якщо інформаційна функція відхиляється, інформація втрачається і не може бути відновлена навіть після відновлення функції.

Це означає, що рівень надійності АСУ має характеризуватися таким чином, щоб відповідали наступним вимогам:

- $K_{got} > 0,998$ для захисних функцій;
- $T_v < 4$ годин для функцій керування;
- $T_{ser} > 1000$ годин для всіх функцій.

Щодо якісних показників SAR по каналу збурення-вихід, то:

- час налаштування < 500 с;
- статична помилка = 0;
- динамічна похибка $< 0,45$;
- індекс ослаблення $> 0,9$;
- блукання $< 7\%$.

1.3 Задача програмування устаткування

Було виявлено, що більшість вітчизняних компаній, що виробляють ацетилен, мають контроль старіння, а також деякі функції, які можна покращити в цих системах:

Перевантажена, застаріла панель керування з безліччю датчиків і пристроїв у полі зору оператора.

Пульти керування величезний і займає багато вільного простору в кімнаті, де знаходиться оператор — його можна використовувати для інших цілей, наприклад, для зберігання паперу.

Велика кількість ланцюгів і вузлів, схильних до корозії, складних у обслуговуванні та дуже важких у встановленні, оскільки легко зробити помилки.

В результаті може статися збій обладнання. Також може виникнути втрата контролю та можливості керувати технологічним процесом. Серед наслідків також перевантаження оператора та отримання йому травми. Використання таких систем у сучасних організаціях не санкціоновано через вартість безпеки та дуже дороге обслуговування через масштабованість.

Негативні сторони, окреслені раніше, вилилися в багато проблем, які потребують вирішення за допомогою сучасних методологій. Одним із ультрасучасних підходів є використання АСК ТП для моніторингу, аналізу, регулювання та контролю технологічних аспектів виробництва.

Для розробки сучасної автоматизованої системи управління можна використовувати одну з новітніх і найкращих технологій — веб-сервіси. За допомогою веб-сервісів можна побудувати дуже складну та відмовостійку систему. Буде легко додати більше обладнання для збору даних для будь-якої іншої частини виробництва, контролювати кожну частину окремо, і контролер для частини контролюватиме свій окремий контролер, щоб дії також можна було відстежувати та примусово виконувати деякі з них оператор.

Система управління процесом виробництва ацетилену є ризикованим виробництвом, яке вимагає виконання кількох функцій на основі веб-сервісів:

- швидкість дії;
- безпека;
- розподіл;
- масштабованість;

Залежно від розподілу та якщо синхронізація відсутня, її швидкість

залежить лише від швидкості баз даних. Він обробляє всі запити паралельно і майже одночасно передає інформацію операторам. Оскільки такі індикатори безпеки вимагають, щоб система мала локальні обмеження, дані в цей момент будуть надіслані через мережу.

Щоб запобігти можливим перешкодам, компоненти використовуються між собою за допомогою мідного кабелю, що дозволяється на максимальній відстані 100 м, і бездротової мережі на більшій відстані, але з'єднання має здійснюватися в режимі екранованої локальної мережі. Дозволяється підключати лише обладнання. Крім того, відключені вузли використовуються для збільшення відстані до 100 м і більше для зв'язку з контролерами. Локальна мережа працює зі швидкістю передачі даних 1 Гбіт/с. Для повідомлень користувачам система спілкується з ними за допомогою лише закритого API та надає кожному з користувачів обліковий запис. «Ролі» пов'язані з усіма (кожен має роль), завдяки чому їм надаються різні права доступу щодо окремих частин системи.

Це вимагатиме, щоб кожен окремий компонент системи був відтворений для забезпечення доступності та надійності реагування, а також для досягнення розподілу таким чином, щоб, наприклад, якщо збій будь-якого окремого компонента системи призводив до збою всієї системи, тоді відповідальність була б бути перенесений на інший компонент.

Крім того, масштабувати систему легко. Оскільки кожен системний компонент є самостійним веб-сервісом, подвоєння кількості екземплярів кожного програмного продукту подвоїть загальну пропускну здатність системи. Також можна подвоїти окремі програмні вузли, якщо вони дуже заповнені; це зменшить коефіцієнт навантаження та розподілить його між ними більш рівномірно.

SCADA — це програмний пакет, який забезпечує операційну систему в режимі реального часу для збору, обробки, відображення та архівування інформації про об'єкт моніторингу або керування. SCADA може застосовуватись у складі АСУ ТП, АСКОЕ, систем екологічного моніторингу, наукових досліджень, автоматизації будівель та ін.

Системи диспетчерського контролю та збору даних застосовуються у всіх галузях промисловості, що потребують оперативного операторського контролю технологічних процесів. Це програмне забезпечення встановлюється на комп'ютерах і зв'язується з об'єктом за допомогою драйверів введення/виведення або серверів OPC/DDE. Програмний код може бути написаний на одній із мов програмування або згенерований у середовищі проектування.

Системи SCADA іноді передбачають програмування промислових контролерів з додатковим програмним забезпеченням; їх називають інтегрованими системами SCADA, і до них додається термін SoftLogic.

SCADA має подвійне тлумачення. Перше і найбільш загальне тлумачення поняття SCADA – це засіб реалізації певних функцій, а також інструмент розробки такого засобу. Але частіше SCADA відноситься до системи SCADA в цілому. Таке трактування терміну SCADA більш характерно для телеметрії.

Основні цілі

Системи SCADA призначені для виконання наступних функцій:

- передача даних у режимі реального часу через драйвери з «об'єктними комунікаційними пристроями» (промислові контролери та плати введення/виведення);
- обробка інформації в режимі реального часу;
- логічний контроль;
- зрозуміле для людини представлення інформації на екрані монітора;
- оновлення бази даних інформації про технології в реальному часі;
- управління аварійними сигналами та повідомленнями тривоги онлайн;
- складання та відображення звіту про хід технологічного процесу;
- мережевий зв'язок між ПК SCADA;
- зв'язок із зовнішніми програмами, такими як СУБД, електронні

таблиці та текстові процесори тощо.

У системах управління підприємствами такі програми зазвичай представляють програми рівня MES.

Системи SCADA дозволяють розробляти ASK TP як автономні програми в клієнт-серверній або розподіленій архітектурі.

Основні компоненти SCADA.

Система SCADA зазвичай включає наступні підсистеми:

- драйвери або сервери вводу/виводу, які є програмами, які дозволяють SCADA спілкуватися з промисловими контролерами, лічильниками, АЦП та іншими пристроями введення/виведення;
- диспетчерська система (головний термінал) (MTU англ. Master Terminal Unit) — збирає дані про процес і видає команди процесору (керування);
- польовий пристрій – промисловий контролер «PLC» («Programmable Logic Controller») більш економічний і універсальний, гнучкий пристрій, ніж RTU спеціального призначення;
- комунікаційна інфраструктура (CS English Communication System) для реалізації промислової мережі.

Система реального часу - це програма, яка забезпечує обробку даних протягом заздалегідь визначеного циклу, заснована на часі та може працювати відповідно до пріоритету.

НМІ — це інструмент, який надає людині-оператору інформацію про стан і перебіг процесу, щоб процес можна було адекватно контролювати та контролювати.

Абонентський кінцевий пристрій (дистанційний термінал) (RTU— Remote Terminal Unit), підключений до датчиків процесу, перетворює сигнал від датчика в цифрові дані та надсилає їх до системи SCADA.

Програма-редактор для створення людино-машинного інтерфейсу.

Логічне керування — це керування, яке дозволяє запускати визначені користувачем набори інструкцій (логічних програм) у системі SCADA.

Редакторський набір для їх розвитку

Історична база даних — це програма, яка зберігає онлайн-інформацію про минулу роботу процесу

Програма керування сигналізацією, яка підтримує автоматичну роботу промислових процесів, включаючи їх ступінь нормального, попереджувального, аварійного тощо та керування оператором або комп'ютером.

Генератор звітів – програма, що дозволяє формувати користувацькі звіти про технічні події. Набір редакторів для їх розробки.

Зовнішні інтерфейси – стандартні інтерфейси обміну даними між SCADA та іншими додатками OPC, DDE, ODBC, DLL тощо.

Концепції систем. Термін система SCADA зазвичай відноситься до централізованих систем для моніторингу та керування всією системою або системами з людиною в циклі. Більша частина керуючих дій виконується автоматично RTU або PLC. Безпосереднє управління процесом зазвичай здійснюється RTU або PLC, тоді як система SCADA встановлює режими роботи. Наприклад, ПЛК може регулювати потік охолоджувальної води в рамках частини виробничого процесу, а система SCADA може дозволити операторам змінювати параметри потоку, по-різному змінювати маршрути потоків рідини, наповнювати контейнери та перевіряти сигнали тривоги, такі як втрата потоку та висока температура, яку необхідно показати, зафіксувати і на яку оператор повинен вчасно відреагувати. Контур керування зворотним зв'язком проходить через RTU або PLC, причому лише частина його спостерігається системою SCADA, переглядаючи всю роботу циклу.

Збір даних починається на рівні RTU або PLC з показань лічильника. Дані потім збираються та формуються таким чином, щоб оператор диспетчерської за допомогою НМІ міг приймати керуючі рішення, щоб змінити або порушити звичайне керування фондами RTU/PLC. Дані також можуть зберігатися для створення трендів і будь-якої іншої аналітичної форми накопичення даних.

Архітектура систем SCADA

Залежно від складності керованого технологічного процесу, а також висунутих вимог до надійності, SCADA-системи будуються за однією з наступних архітектур:

При використанні такої архітектури система включає одну або кілька робочих станцій оператора, які «не знають» одна про одну. Всі функції системи виконуються на одній (кількох незалежних) станції. переваги:

- простота.

Недоліки:

- низька відмовостійкість;
- правдивість даних не гарантується - історичні дані можуть відрізнятися на різних станціях.

У цьому випадку система SCADA обслуговує сервер, а моніторинг і управління процесами здійснюються клієнтськими станціями, якими керують оператори. Надійні системи створюються з подвійним або потрійним серверним резервуванням і дублюванням клієнтської станції оператора, дублюванням для підключення до мережі сервер-сервер і клієнт-серверної мережі. Подібна архітектура дозволяє розподіляти функції системи SCADA між серверами. Наприклад, збір даних і керування з ПЛК здійснюються на одному сервері, архівація даних — на іншому, а взаємодія з клієнтом — на третьому.

Розповсюджується завдяки використанню архітектури розподіленої системи управління (DCS) обчислення здійснюються на кількох взаємопов'язаних обчислювальних пристроях, часто із взаємним резервуванням. Розподілені системи SCADA із взаємним резервуванням мають більш високий рівень надійності.

SCADA системи на основі відкритих кодів наразі доступні рішення

1.4 Висновки до першого розділу

В першому розділі розглядаються основи виробництва ацетилену. Наведено опис устаткування для синтезу ацетилену із вказанням усіх етапів виготовлення кінцевого продукту.

Розглянуті питання постановки задачі автоматизації устаткування для виробництва ацетилену. Визначені основні проблеми які можуть виникнути при вирішенні даної задачі.

Приведено опис задачі на програмування устаткування. Визначені усі аспекти які необхідно вирішити.

2 АВТОМАТИЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИРОБНИЦТВА АЦЕТИЛЕНУ

2.1 Аналіз основ технологічного процесу з точки зору автоматичного контролю виробництва

Після аналізу виробничого плану було визнано необхідним забезпечити автоматичний контроль наступних параметрів:

- витрата палива, що надходить в піч спікання 1;
- подача оксиду кальцію з печі випалу-1;
- вміст СаО в силосі № 2;
- рівень коксу в проміжному бункері-3;
- рівень рідини для більшої частини шихти в проміжному силосі-6;
- рівень рідини для невеликої частини шихти в проміжному силосі-7;
- середня температура печі карбонізації 8;
- тиск на виході з установки сухого газу 12.

Як описано у виробничому плані та його характеристиках, задані значення для інших робочих параметрів визначаються на основі їх індивідуальних цілей і необхідності отримання переваг у якості чи вартості. Загальноприйняті інженерні практики також забезпечують необхідні задані значення на основі вхідних даних постачальників обладнання, досвіду та філософії керування, що використовується для пристрою.

Параметри керування та налаштування:

- витрата вапняку на вході топки 1;
- витрата зворотного газу на вході в піч спікання 1;
- середня температура духовки 1;
- споживання часткового завантаження тврдосплавної печі 8;
- тврдосплавна навантаження печі найбільша витрата 8;
- витрата зворотного газу на вході в карбідну піч 8.
- витрата карбїду, що надходить у сушарку 10;
- витрата води, що подається на сушарку 10;

- рівень реакційної суміші в сушарці 10;
- витрата ацетилену на вході скрубера 11;
- витрата води на вході скрубера 11;
- коефіцієнт зворотного потоку скрубера 11;
- рівень води в скрубєрі 11;
- рівень осаду в зумпфі 13;

Технічні сигнали для наступних параметрів:

- температура в печі випалу 1;
- концентрація СаО на виході з печі сгорання 1;
- вміст СаО в кормі 2;
- рівень кокса в бункері № 3;
- рідинний рівень більшої частини карги в силосі 6;
- рівень дрібної завантаження в бункері 7;
- температура внутрішньої карбидної печі 8;
- тиск на виході установки підготовки сухого газу 12;

Основні параметри які необхідно контролювати на виробництві наведено у табл. 2.1.

Таблиця 2.1. Параметри контролю виробництва

№ п/п	Найменування етапу технологічного процесу	Назва параметра	Технічні характеристики системи та допустимі відхилення	Вимоги до рішень автоматизації
1	СаСО ₃ , трубопровід	Витрата	62 400 кг/год	Контролювання, регулювання
2	Зворотній газ, трубопровід	Витрата	25 кг/год	Контролювання, регулювання

Продовження таблиці 2.1. Параметри контролю виробництва

3	Горючий агент, Трубопровід	Витрата	140 кг/год	Контролювання
4	Реакційна суміш, піч випалу 1	Температура	1060...1160°C	Контролювання, сигналізування
5	СаО, трубопровід	Витрата	40 725 кг/год	Контролювання, сигналізування
6	СаО, бункер 2	Рівень	3 м	Контролювання, сигналізування
7	Кокс, т бункер 3	Рівень	3 м	Контролювання, сигналізування
8	Крупна фракція шихти, бункер 6	Рівень	3 м	Контролювання, сигналізування
9	Мала фракція шихти, бункер 7	Рівень	3 м	Контролювання, сигналізування
10	Мала фракція шихти, трубопровід	Витрата	22450 кг/год	Контролювання, регулювання
11	Крупна фракція шихти, трубопровід	Витрата	40 400 кг/год	Контролювання, регулювання
12	Зворотній газ, трубопровід	Витрата	20 кг/год	Контролювання, регулювання
13	Реакційна суміш, карбідна піч 8	Температура	120...450 °C	Контролювання, сигналізування

Кінець таблиці 2.1. Параметри контролю виробництва

14	Зворотній газ, трубопровід	Тиск	—	Контролювання, сигналізування
15	Карбід, трубопровід	Витрата	38 700 кг/год	Контролювання, регулювання
16	Вода, трубопровід	Витрата	23 720 кг/год	Контролювання, регулювання
17	Карбід та вода (реакційна суміш), сухий	Рівень	—	Контролювання, регулювання
18	Ацетилен, трубопровід	Витрата	13 800 кг/год	Контроль, регулювання
19	Вода, трубопровід	Витрата	—	Контроль, регулювання
20	Зворотна вода, трубопровід	Витрата	—	Контроль, регулювання
21	Вода, очисний скрубер 11	Рівень	—	Контроль, регулювання

2.2 Розробка схеми автоматизації

Метод «гідроелектричного каменю» у процесі виробництва ацетилену має багато важливих контурів керування, сигналізації та регулювання змінних процесу.

Вивчивши процес виробництва, потрібно підготувати макет за обраним методом Water on Carbide, який визначає такі важливі профілі, які необхідно контролювати:

Контур 1 необхідний для контролю та регулювання надходження CaCO_3 у вапнякову піч 1. До нього входять: вимірювальна частина витратоміра (1-1); регулятор (1-3); і пристрій ручного керування (1-4).

Електропневматичний перетворювач (1-5); Індикатор положення приводу (1-7).

Контур 2 необхідний для точного контролю зворотного потоку газу назад у піч, де спалюється вапняк 1, і включає в себе: діафрагму камери (2-1); пропорційний регулятор (2-3);

Пристрій ручного керування (2-4), Пристрій виконання (2-7), Індикатор положення.

Контур 3 необхідний для керування надходженням горючого газу у вапнякову піч 1 і містить: камерну діафрагму (3-1);

Контур 4 необхідний для живлення, сигналізації та керування в печі випалювання вапняку 1 та поєднує: регулятор напруги (термопару) (4-1); електропневматичний перетворювач (4-4); виконавчий механізм (4-6);

Контур 5 необхідний для вимірювання потоку CaO до печі, що спалює вапняк 1, і поєднує в собі: датчик витратоміра (5-1); допоміжний пристрій (5-3).

Контур 6 $\text{TTCaOs-IN B2-\&-COMB-}$: (6-1; 6-3).

Контур 7 $\text{TTC COKe-IN B3-\&-COMB-}$: (7-1;7-3).

Контур 8: Контур 8 необхідний для контролю рівня рідини всередині бункера 6 і поєднує в собі: іонізований індикатор рівня рідини (8-1); блок обробки сигнальної інформації (8-2); пристрій (8-3).

Схема 9: Схема 9 необхідна для контролю рівня легкого заряду, розташованого поверх важкого заряду всередині бункера 7, і поєднує в собі: детектор тривоги рівня іонізації (9-1); блок обробки сигнальної інформації (9-2); -3).

Схема 10 узгоджена з частиною подачі матеріалу, що завантажується в піч 8, щоб споживати лише невелику частину шихти, що надходить у піч 8 карбїду кальцію, і охоплює: наступні елементи в серії витратомірів (10-1); обробка інформації для витратомірів серії (10-2); пристрій ручного керування

(10-4); електропневматичний перетворювач (10-5); індикатор положення приводу (10-7).

Контур 11 є керованим, оскільки він є більшою частиною шихти, що надходить у піч карбиду кальцію 8, і поєднує наступне: 1) частину контуру 11-1 вимірювання; Частина обігової інформації в схемі обробки 11-2; 2) регулятор контуру 11-3;

Електропневматичний перетворювач (11-5); Індикатор положення приводу (11-7).

Контур 12 повинен мати наступні додаткові частини, необхідні для перевірки та регулювання зворотного газу, який контактує з піччю через карбід кальцію 8: діафрагма камери (12-1); датчик вимірювання перепаду тиску (12-2); 12-3); ручний контролер (12-4); виконавчий механізм (12-7); індикатор положення.

Контур 13 повинен мати наступні додаткові частини, необхідні для перевірки температури печі 8 карбиду кальцію: теплообмінник (13-1), допоміжний прилад індикації та реєстрації (13-2);

Контур 14 підключається до тиску на виході блоку 12 сухого газоочистки і має бути підведений до: діафрагми камери (14-1); тензорний датчик тиску (14-2); пристрій автоматичної індикації та реєстрації (14-3).

Схема 15 розроблена для контролю та регулювання потоку карбиду кальцію в сушильний генератор 10 і поєднує: вимірювальну частину витратоміра (15-1) частину обробки інформації витратоміра (15-2); регулятор (15-3); пристрій ручного керування (15-4);

Електропневматичний перетворювач (15-5); Індикатор положення приводу (15-7).

Контур 16 регулює та контролює кількість води та карбиду кальцію, що подаються в сушильний генератор 10 наступним чином: Контур 16 складається з наступного: камерна діафрагма (16-1); детектор падіння тиску (16-2); контролер (16-3); ручний контролер (16-4);

Електропневматичний перетворювач (16-5); Індикатор положення приводу (16-7).

Контур 17 розроблений для контролю та регулювання рівня рідини реакційної суміші, що надходить у сухий генератор 10. Контур 17 містить: (17-1) частину для вимірювального витратоміра, частину (17-) для обробки інформації витратоміра; 2) регулятор (17-3); електропневматичний перетворювач (17-5); індикатор положення (17-7).

Контур 18 є контуром, необхідним для автоматичного керування потоком ацетилену, що надходить у скруббер 11, і має бути поданий до: діафрагми камери (18-1); датчик тиску (18-2); кінцевий контрольний елемент (18-3); контролер (18-4); підсумковий контрольний елемент (18-7).

Контур 19 є контуром, необхідним для автоматичного керування потоком води через скруббер 11 і має бути підведений до: діафрагми камери (19-3); ручний контролер (19-7).

Контур 20 є органом балансування для води, що надходить у скруббер 11, і включає в себе: діафрагму камери (20-1), датчик різниці тиску (20-2), допоміжний пристрій певного типу (20-3); Ручна настройка за допомогою електропневматичного перетворювача (20-4, 20-6)

Контур 21 необхідний для регулювання та контролю рівня води, що входить в скруббер 11, і включає: основний вимірювальний датчик шумоміря (21-1); проміжний вимірювальний датчик шумоміря (21-2); допоміжний пристрій (21-3); електропневматичний перетворювач (21-6);

Контур 22 необхідний для регулювання та контролю рівня осадів, що надходить в згущник малу 14, та включає: детектор сигналізації рівня іонізації (22-1)-допоміжний пристрій (22-2); (3); блок ручного керування (22-4);

Електропневматичний перетворювач (22-5); індикатор положення приводу (22-7).

Контур 23 необхідний для дистанційного керування електродвигуном дробарки 9.

Контур 24 необхідний для дистанційного керування двигуном реверсивного кальцинатора 13.

Контур 25 потрібен для дистанційного керування двигуном екрана 4.

Контур 26 необхідний для дистанційного керування двигуном Екран 5.

2.3 Розробка схеми управління електричним двигуном

Задачу керування електродвигуном розглянемо в даній схемі виробництва ацетилену. Розберемо на прикладі принципового електричного розподільного пристрою схеми дистанційного керування двигуном С у технологічному процесі керування роботою двигуна. Для прикладу наведена лише одна схема, а саме для керування першим електродвигуном. Вони обслуговуються двигуном М1, який встановлений на валу дробарки.

Коли відбувається замикання контакту нормально розімкнутої кнопки SB2. Після початкового замикання цих контактів струм надходить до обмотки електромагніту магнітного пускача МП1 і, отже, вмикає та замикає його контакти МР1-4, МР1-5 і МР1-6, що сприяє замиканню трифазного ланцюга живлення двигуна М1. При замкнутому контакті SB2 реле замикає контакти МП1-1 і розмикає контакт МР1-2. Це дозволяє вимкнути індикатор лампи HL1 для нормальної роботи. Замкніть контакт МР1-3 – HL2 світиться, показуючи, що живлення двигуна увімкнено. Після відпускання кнопки SB2 магнітний пускач МП1 отримує власний струм від джерела через замкнутий контакт МП1-2, який знаходиться в паралельній гілці до кнопки HB2.

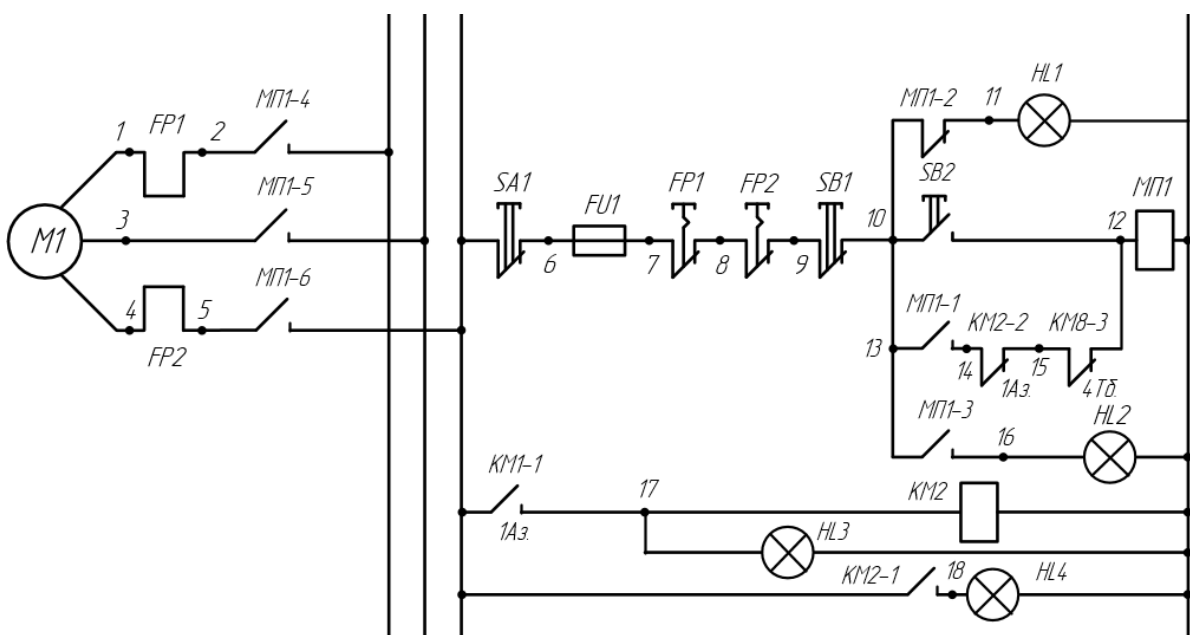


Рисунок 2.1 Принципова електрична схема керування роботою електродвигуна

Схема підключення двигуна також захищає від перегріву двигуна; двигун вимикається при перевищенні допустимого значення температури. Також в ланцюг включений запобіжник, щоб не перевищувати допустиме значення струму.

Схема керування двигуном за принциповою схемою.

Магнітні пускачі для запуску двигуна: MP1, MP2, MP3, MP4

Двигун захищений від перевантажень, коротких замикань і перевищення допустимих температур в ланцюзі живлення автоматичними вимикачами FP1, FP2, FP3, FP4, FP5, FP6, FP7, FP8.

У ланцюзі живлення контактора встановлені запобіжники від перенапруги: FU1, FU2, FU3, FU4.

Натискання наступних кнопок відключає живлення, коли потрібно вимкнути живлення в нормальних або аварійних умовах: SB1, SB3, SB5, SB7. Щоб повернути живлення, використовуйте кнопки на SB2, SB4, SB6, SB8.

Зелені індикатори HL1, HL3, HL5, HL7 показують, що двигун запущений і працює нормально.

Червоні індикатори HL2, HL4, HL6, HL8 свідчать про його вимкненому стані.

2.4 Розробка схеми технологічного блокування

Ефективність технології блокування сигналу від регулятора до клапана 1 ТБ показано на рисунку 2.2 для 1 ТБ першого типу. Контакти реле KM2 допускають фіксацію. Крім того, реле посиляє сигнал, який також викликається з блоку ручного керування (MCU), на землю через резистор обмеження струму 200 Ом на основі інформації в документації виробника MIKROL. Таким чином, цей клапан зазвичай закритий, тобто в статичному положенні, що означає, коли він повертається в закриті положення, оскільки не буде сигналу, щоб тримати його відкритим.

Таким чином, як тільки станеться аварія, технологічний потік буде

зблоковано, а подача сировини припиниться.

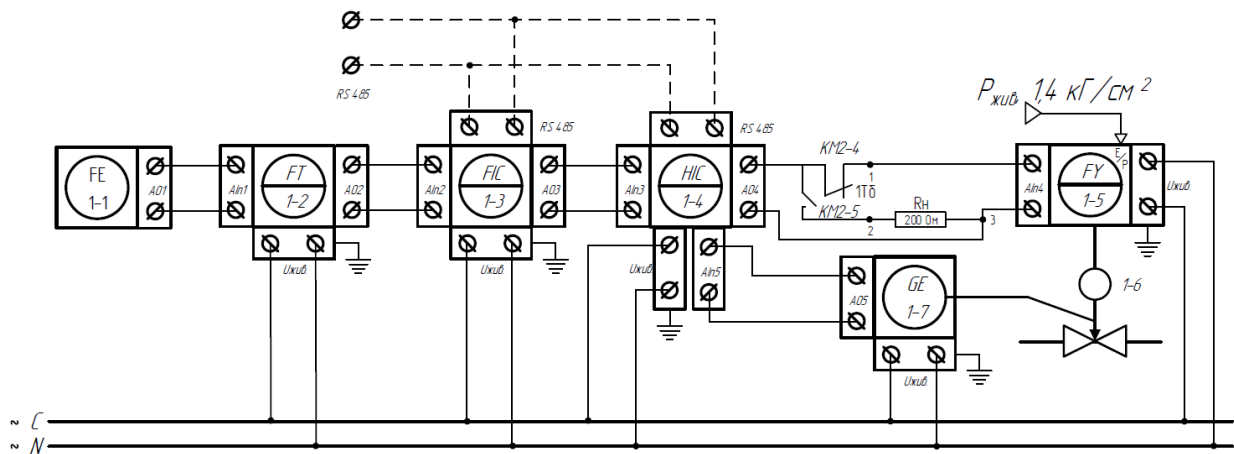


Рисунок 2.2 – Електрична принципова схема блокування сигналу

2.5 Математичне моделювання печі випалу вапна

Піч є важливою частиною обладнання у виробництві ацетилену. По суті, він використовується для підготовки достатньої кількості сировини, необхідної для виробництва карбіду, а потім для перетворення карбіду в ацетилен. Після припинення процесу виробництва вапна виробляти карбід кальцію буде неможливо – отже, виробництво ацетилену припиниться. З цієї причини це обладнання було обрано в якості основного обладнання для моделювання.

У таких металургійних печах вапно можна випалювати на обертових печах, в шахтних печах і т. д. Вапно також випалюють в спеціальних апаратах на спеціальних решітках, в киплячому шарі і в суспензії.

Найпоширенішою доменною піччю в сучасному світі є шахтна піч. Це циліндр, вогнетривка футеровка, яка розміщена по центру, укладена в сталь товщиною до 1 см, і покладена на підставу безперервно працюючих печей сприяє зниженню споживання як палива, так і електроенергії, що витрачається цими установками, а також дозволяє час простою. Крім того, такі установки ще й здешевлюють їх створення.

Теплосилове обладнання з використанням паливом зазвичай ділиться на три основні: твердотопливні, рідкотопливні та газотопливні печі. Якщо

паливо тверде, воно, як правило, дається на горіння разом з матеріалом, який збираються спопелятись. Так як само пічна сировина і пряме паливо заливаються шарами послідовної заливки, такий спосіб називають переливним, а само сировина, що піддається обжигу, — переливною. Одним із способів подачі в камеру горіння є передача продуктів горіння, при якому паливо горить у віддаленій від камери горіння спеціальної камери.

Крім того, їх можна поєднати, щоб побудувати зручну піч, у якій паливо підпалюється, а паливо швидкого згоряння поєднується з топковою камерою. Це називається методом комбінування.

Альтернативне паливо — газ замість твердого: у топці газової шахти паливо збігає по вертикальній камері згоряння печі під кутом 90 градусів до подачі сировини. Це призводить до того, що форма упаковки витягнута у формі прямокутника. Горілчана насадка через більшу грань прямокутника вставляється в топку, куди надходить суміш палива з повітрям. Якщо вхідні розміри вапна (3-5 см) розраховувати на параметри процесу, то корисний об'єм печі дорівнює 1 м³, а добова продуктивність може досягати 15-20 тонн кінцевої продукції.

Існують три категорії печей, класифікованих за інтенсивністю розпалювання; це низьке, середнє та високе займання. Особливістю першої буде те, що вона не перегрівається. Надмірно розпалені печі можуть загрузнути в проблемі перепалювання, де їх полум'я буде гаснути досить повільно. Залежно від швидкості та ступеня запалювання шахтні печі поділяються на три категорії: сильне запалювання, середнє займання та слабке запалювання.

Продукти можуть легко згоріти в швидких печах, які є одними з найефективніших, тому використовують печі повільного гасіння. Печі з повільним випалюванням не розпалюють повторно, але мають найнижчу швидкість випалу.

Піч для випалу можна додатково розділити на три зони залежно від виконуваних операцій, тобто зону нагріву, зону випалу та зону охолодження.

Перша зона - це зона нагріву з температурою сировини, що не перевищує 850 °С, потім вона висушує матеріал і нагріває його до робочої температури

нагріву за допомогою підвищених продуктів згорання з проміжної зони. На цій стадії сировина спочатку звільнений від різних органічних домішок. Звичайні теплові навантаження обмінюються з ними теплом, ведуть нормальний теплообмін із завантаженням і переміщуються в саму верхню зону печі продуктами згорання, які піднімаються через теплообмін із завантаженням, отримують з ними нормальний теплообмін і викидаються в верхня зона топки.

Піч розділена на дві зони – основну зону та зону попереднього нагріву. Сировина проходить через зону попереднього підігріву, перш ніж досягти основної зони для прямого випалу. У зоні попереднього підігріву відпрацьовані гази виводяться назовні, а волога виділяється із сировини. Потім необхідно дати сировині охолонути перед тим, як потрапити в основну зону випалу. У головній зоні спалювання залишок вуглекислого газу у вапняку відганяється, і він ефективно гаситься. Тимчасово ця піч працює у двох окремих категоріях, оскільки 850 °C до 1200 °C є прийнятною температурою для спалювання, тоді як ближче до кінця виходу із зони повертається до 900 °C.

Днище печі містить зону охолодження, яка виходить із зони при температурі 900°C, потім поступово охолоджується до 50-100°C, а потім переходить у зону випалу для спалювання.

Транспортування та переміщення газоподібних середовищ до печі та з неї здійснюється вентиляторами постійного струму, які створюють позитивний тиск надлишкового повітря в нижній частині печі, направляють його в зону охолодження та конденсують у верхній частині. для видалення диму з духовки. Частина духовки знаходиться над отвором духовки. Особливістю, яка характеризує піч як економічну, є те, що тепло найбільш ефективно використовується в середній частині печі. Повітря досягає найвищої температури при цій найвищій насиченості після входу з одного боку печі та додатково надає тепло сировині, яка подається в піч на нижньому рівні. Звичайне паливо з піччю зазвичай споживає близько 13-16% від маси спаленої сировини, але в перерахунку на кг це в реальних одиницях становить 3800-4700 кДж на кг.

Вони мають місткість 50, 100, 200 тонн і більше залежно від типу,

конструкції та призначення. Щоденне утворення або видалення вапна буде активним на 93% із корисним внутрішнім об'ємом 1 м³. При вхідних пелетах розміром 80-120 мм можна досягти продуктивності 700-900 кг/м³. Корисний об'єм печі зазвичай розраховується як розмір рудної бочки від нижньої точки входу повітря.

2.6 Моделювання статичного режиму

У виробництві ацетилену вапняна піч повинна бути пристосована для ефективної переробки до 150 тонн вапна на день. Таким чином, необхідно мати запас сировини в розмірі 6,25 т/год, щоб цей пристрій міг працювати безперебійно, як це потрібно. Виконати завдання

Автоматика використовує наступні технічні засоби: датчик 1-1 та виконавчий механізм 1-6, що обмежує подачу сировини на обладнання. Система керування передбачає індикацію та реєстрацію всіх встановлених параметрів, за якими обробляються відповідні пристрої з можливістю індикації та реєстрації. Загальний вигляд показаний на рис. 2.3.

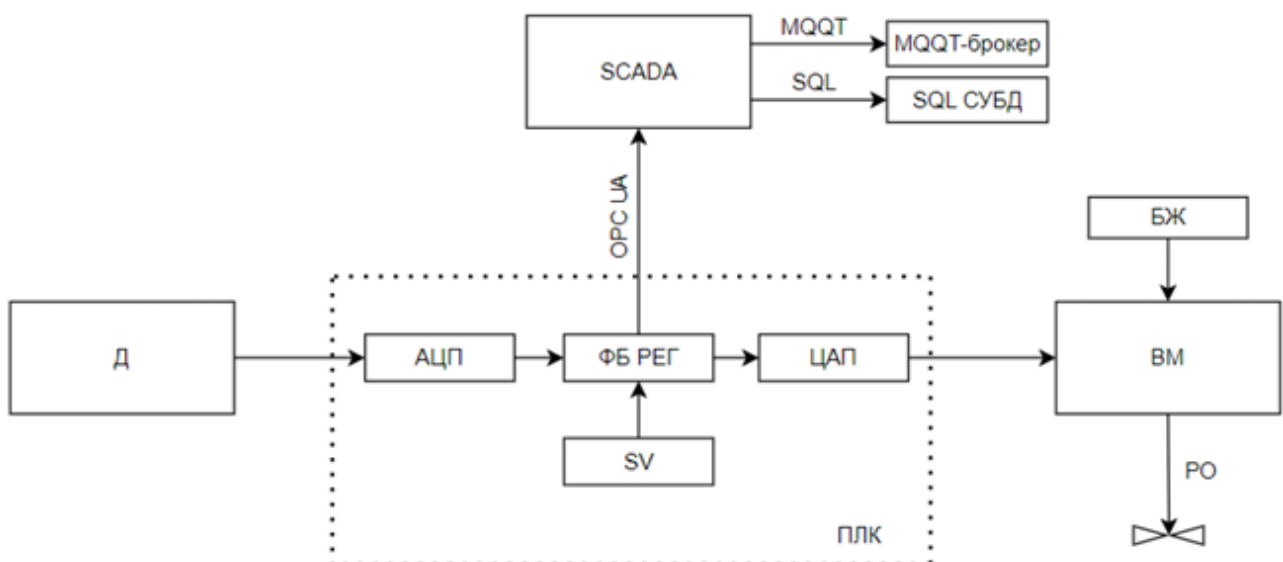


Рисунок 2.3. Схема автоматизації печі випалу

Випалювання вапняку в печі, згідно з технічним регламентом виробництва ацетилену, вимагає дотримання температури від 1050°C до

1150°C, при якій значно прискорюється процес розкладання карбонату кальцію. Однією з головних причин є те, що підвищення температури понад 1200°C збільшує не тільки швидкість горіння, але й схильність до горіння вапна до такого ступеня, коли досягти цієї температури було б неприйнятно. План структурних параметрів зображено на рис. 2.4.

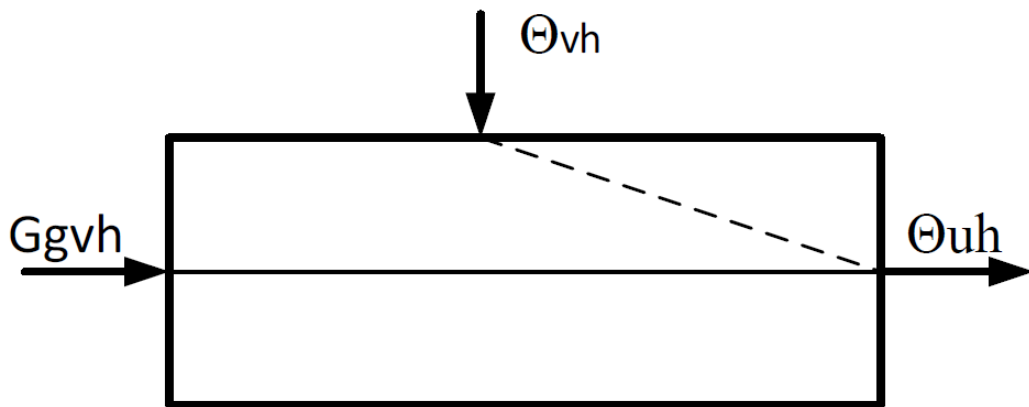


Рисунок 2.4. Схема структурно-параметрична печі для випалу

Температуру всередині печі контролюють шляхом регулювання споживання реагентів згорання. Для регулювання витрати палива на трубопроводі встановлений двонастроюваний витратомір 2-1 з приводом типу витратоміра 2-6. Крім того, разом з контролером термопар 3-1, він поставляється з індикатором, який виводить температуру в зоні полум'я.

Потрібно ввімкнути термопар 4-1 і 5-1, щоб змінити математичну модель робочого процесу, щоб врахувати похибки в температурі сировини, що надходить в реактор, і врахувати це в аналізі теплового балансу.

Для об'єкта печі добре б скласти тепловий баланс; Таким чином, дізнаємося, які параметри надходять в пристрій, а які виходять з нього.

Досить гарною ідеєю є проведення термобалансування, як зазначено, оскільки ефективність печі пов'язана з інтенсивністю тепла в зоні випалу.

Для спрощення моделювання процесів, що відбуваються в центрі вапнякової печі, необхідно ввести наступні припущення:

1. Відсутність втрат тепла в навколишнє середовище;
2. Враховуватиметься лише розділ стрільби;

3. Температура навколишнього середовища впливає лише на температуру САСОЗ ;
4. Нехтування накопиченням тепла в стіні;
5. Розгляд стрілецької ділянки як ділянки матерії з розподіленими параметрами

Змоделюємо тепловий баланс для вапнякової печі на початку моделювання. У цьому випадку рівняння буде записане так: вихідні параметри з пристрою знаходяться праворуч, а вхідні параметри до пристрою – зліва.

З урахуванням усіх факторів формулу теплового балансу можна записати так:

$$G_{vh} \cdot C_{vh} \cdot \theta_{vh} + G_{gvh} \cdot C_{gvh} = G_{uh} \cdot C_{uh} \cdot \theta_{uh} + G_{guh} \cdot C_{guh} \cdot \theta_{guh}$$

З теплового балансу можна розрахувати необхідну вихідну температуру.

Контроль температури матеріалу на основі витрати горючого газу на виході з каналу:

$$\theta_{uh}(G_{gvh}) = \frac{G_{vh} \cdot C_{vh} \cdot \theta_{vh} + G_{gvh} \cdot C_{gvh} - G_{guh} \cdot C_{guh} \cdot \theta_{guh}}{G_{uh} \cdot C_{uh}}$$

За формою рівняння статичного теплового балансу виглядатиме так само, як воно було на останньому шляху «збурення – температура на виході».

$$\theta_{uh}(\theta_{vh}) = \frac{G_{vh} \cdot C_{vh} \cdot \theta_{vh} + G_{gvh} \cdot C_{gvh} - G_{guh} \cdot C_{guh} \cdot \theta_{guh}}{G_{uh} \cdot C_{uh}}$$

Модуляція потоку газу на вході, коректне відображення статичних характеристик: $\pm 10\%$, зміна температури навколишнього середовища сировини на вході в обладнання: $\pm 10\%$ від -20°C до 40°C . Статичні характеристики за заданих умов отримують як поступову зміну характеристик у заданому

діапазоні. Статичні характеристики представлені на рис. 2.5. та 2.6.

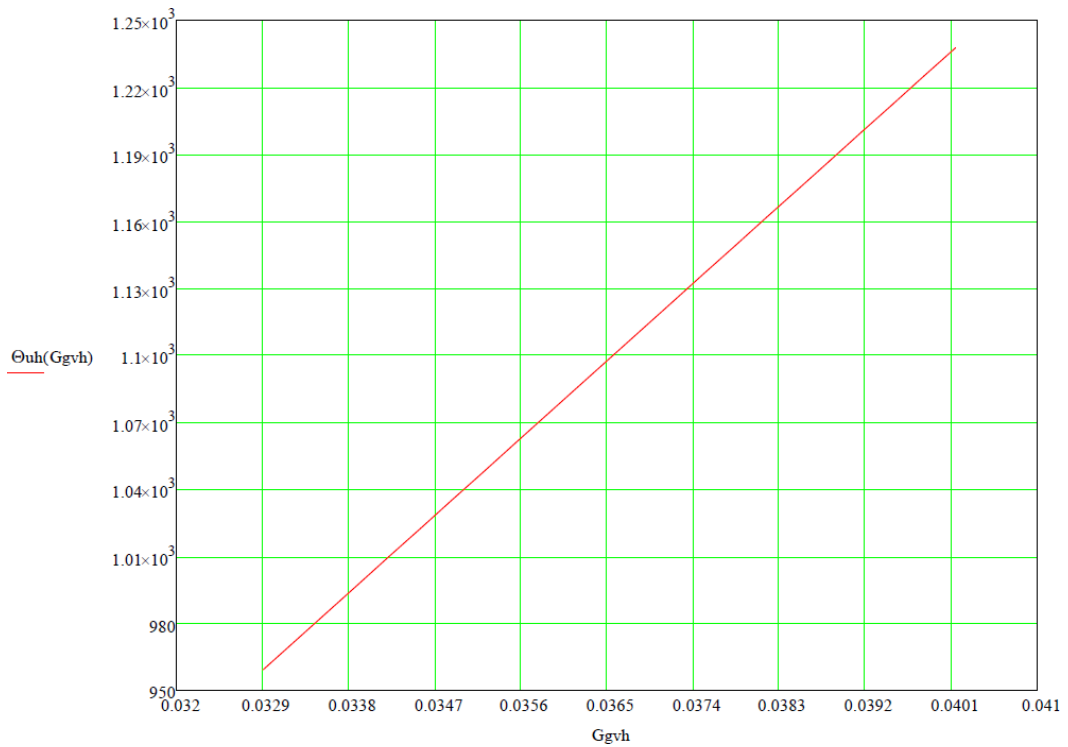


Рисунок 2.5 – Статичні характеристики по керуючому каналу «розхід горючого газу – температура речовини на виході»

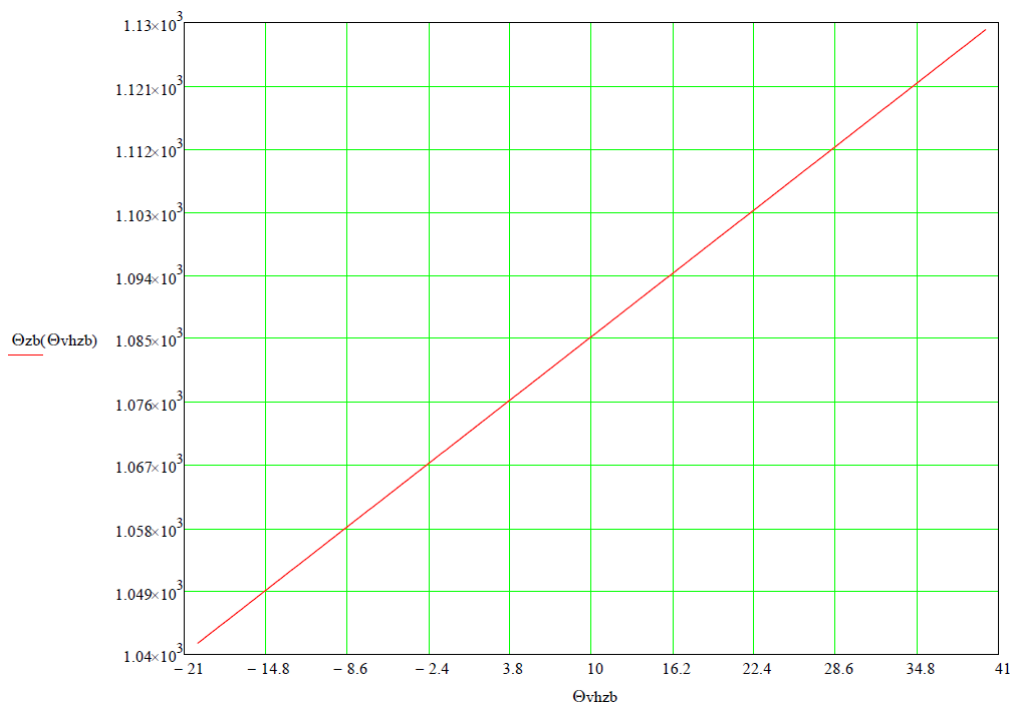


Рисунок 2.5 – Статична характеристика по керуючому каналу «воздействие – температура речовини на виході»

2.7 Моделювання динамічного режиму

Перетворення статичної моделі на динамічну потребує деяких обов'язкових змін у першій статичній структурі. В першу чергу записують тепловий баланс.

Для каналів управління:

$$G_{vh} \cdot C_{vh} \cdot \Theta_{vh} + \Delta G_{gvh} \cdot C_{gvh} = G_{uh} \cdot C_{uh} \cdot \Theta_{uh} + G_{guh} \cdot C_{guh} \cdot \Delta \Theta_{guh}$$

Для каналу збурення:

$$G_{vh} \cdot C_{vh} \cdot \Delta \Theta_{vh} + G_{gvh} \cdot C_{gvh} = G_{uh} \cdot C_{uh} \cdot \Theta_{uh} + G_{guh} \cdot C_{guh} \cdot \Delta \Theta_{guh}$$

Внутрішні параметри пристрою, які обговорюватимуться далі, такі як об'єм речовини об'єкта тощо. Рівняння записується з вхідними параметрами, показаними праворуч, і вихідними параметрами зліва.

Для каналів управління:

$$\begin{aligned} C_v \cdot V \cdot \rho_{CaCO_3} \cdot \frac{d\Delta \Theta_{uh}}{dt} + G_{uh} \cdot C_{uh} \cdot \Delta \Theta_{uh} + G_{guh} \cdot C_{guh} \cdot \Theta_{guh} \\ = G_{vh} \cdot C_{vh} \cdot \Theta_{vh} + \Delta G_{gvh} \cdot C_{gvh} \end{aligned}$$

Для каналу збурення:

$$\begin{aligned} C_v \cdot V \cdot \rho_{CaCO_3} \cdot \frac{d\Delta \Theta_{uh}}{dt} + G_{uh} \cdot C_{uh} \cdot \Delta \Theta_{uh} + G_{guh} \cdot C_{guh} \cdot \Theta_{guh} \\ = G_{vh} \cdot C_{vh} \cdot \Delta \Theta_{vh} + G_{gvh} \cdot C_{gvh} \end{aligned}$$

Ці рівняння мають бути лінеаризовані та зроблене перетворення Лапласа.

Для каналів управління:

$$Cv \cdot V \cdot \rho_{CaCO_3} \cdot p \cdot \Theta_{uh}(p) + Guh \cdot Cuh \cdot \Theta_{uh}(p) + Gguh \cdot Cguh \cdot \Theta_{guh} \\ = Gvh \cdot Cvh \cdot \Theta_{vh} + Ggvh(p) \cdot Cgvh$$

Для каналу збурення:

$$Cv \cdot V \cdot \rho_{CaCO_3} \cdot p \cdot \Theta_{uh}(p) + Guh \cdot Cuh \cdot \Theta_{uh}(p) + Gguh \cdot Cguh \cdot \Theta_{guh} \\ = Gvh \cdot Cvh \cdot \Theta_{vh}(p) + Ggvh \cdot Cgvh$$

Виразимо з формули константи відповідно до виразу:

$$\Theta_{uh}(p) \cdot (T \cdot p + 1) = Gr(p) \cdot k$$

Для каналу керування:

$$K = Cgvh = 38500$$

$$T = \frac{Cv \cdot V \cdot \rho_{CaCO_3}}{Guh \cdot Cuh} = 7,863 \cdot 10^4$$

Для каналу збурення:

$$K = Gvh \cdot Cvh = 1,458$$

$$T = \frac{Cv \cdot V \cdot \rho_{CaCO_3}}{Guh \cdot Cuh} = 7,863 \cdot 10^4$$

Функція передачі за каналом «Завдання - Вихід» (розхід газу - температура газу на виході) має вид:

$$W(p) = \frac{38500 \cdot e^{-p \cdot 0.6}}{7,863 \cdot 10^4 \cdot p + 1} \qquad Wzb(p) = \frac{1,458 \cdot e^{-p \cdot 0.6}}{7,863 \cdot 10^4 \cdot p + 1}$$

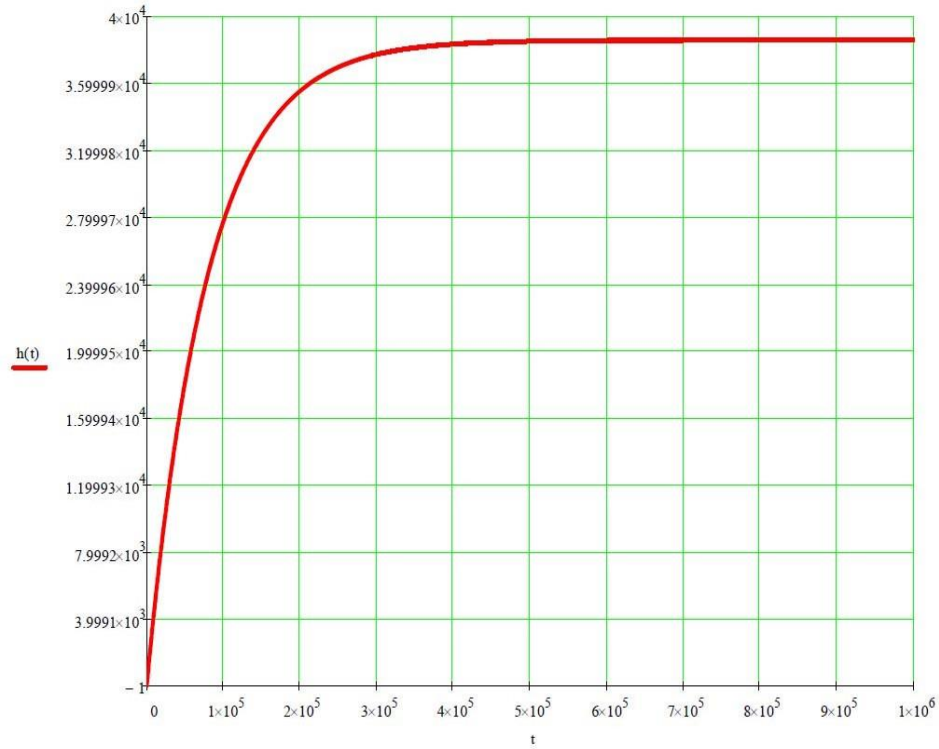


Рисунок 2.7 – Перехідна характеристика по каналу керування

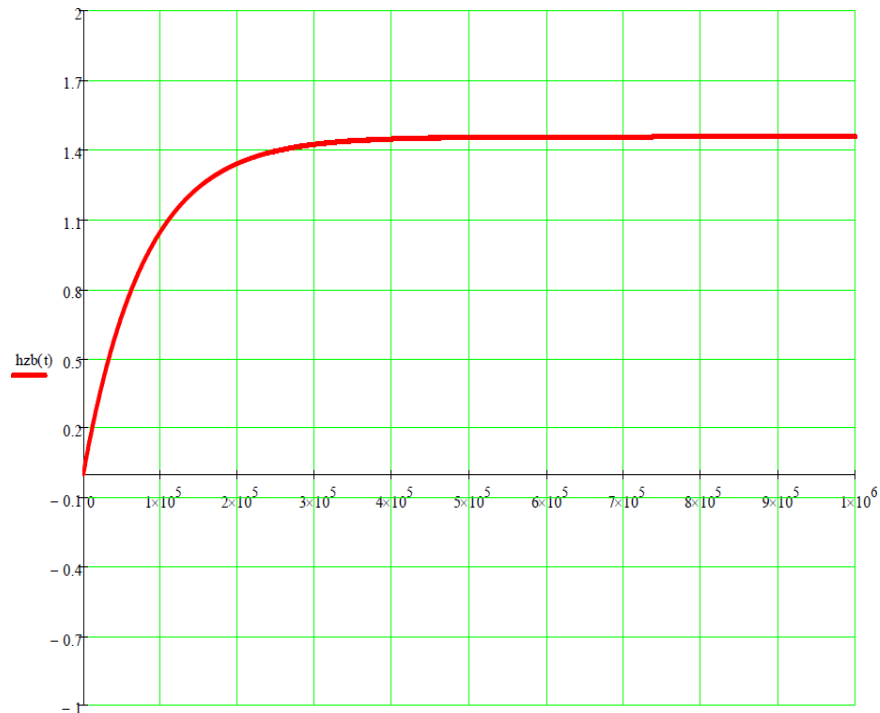


Рисунок 2.7 – Передавальна характеристика по каналу збурення

З каналу керування та каналу перешкод отримують математичну модель об'єкта, як показано на рис. 2.6 та рис. 2.7. Тепер можна приступати до вибору і розрахунку параметрів регулятора.

Об'єкти, що існують у реальному житті, мають невелику затримку передачі, навіть якщо вони реагують досить швидко. Це викликано декількома факторами в цілому; тобто розміщення запірної арматури та інструментів на трубах на деякій відстані від об'єкта та час, витрачений на роботу приводних механізмів і досягнення сигналу щодо цих механізмів, якщо це пневматична система. Усі ці суми дають загальне значення часу затримки передачі, а саме час роботи приводних механізмів і досягнення сигналу на цих механізмах, якщо це пневматична система. Щоб це врахувати, у всіх подальших розрахунках було встановлено час затримки передачі 0,6 секунди.

2.8 Синтез та дослідження системи керування

Зробивши вивчення та провівши подальший розвиток математичної моделі у попередньому розділі, можна записати її у виді передавальної функції:

$$W(p) = \frac{38500 \cdot e^{-p \cdot 0.6}}{7,863 \cdot 10^4 \cdot p + 1}$$

З моделі зрозуміло, що необхідно вказати набір параметрів керування, щоб система досягла бажаної продуктивності протягом бажаного часу. Існує кілька методів керування регулятором напруги, деякі з яких розглядаються в цьому розділі.

Отже, одним із основних методів визначення параметрів регулятора реального об'єкта є пробний розрахунок, для якого не обов'язково враховувати всі фактори, він дуже примітивний. Фактичні об'єкти часто зводяться простими обчисленнями до аперіодичних співвідношень першого або другого порядку.

У наших подальших розрахунках приймемо це як аперіодичну систему першого порядку, а транспортний лаг, доданий як апроксимант Паде.

$$\tau = 0.6 \quad T = 7,863 \cdot 10^4 \quad K = 38500$$

$$W_{zp}(p) = \frac{1 - \frac{\tau}{2} \cdot p + \frac{\tau^2}{12} \cdot p^2}{1 + \frac{\tau}{2} \cdot p + \frac{\tau^2}{12} \cdot p^2}$$

$$W_{ok}(p) = \frac{K}{T \cdot p + 1}$$

$$W_{ob}(p) = W_{ok}(p) \cdot W_{zp}(p)$$

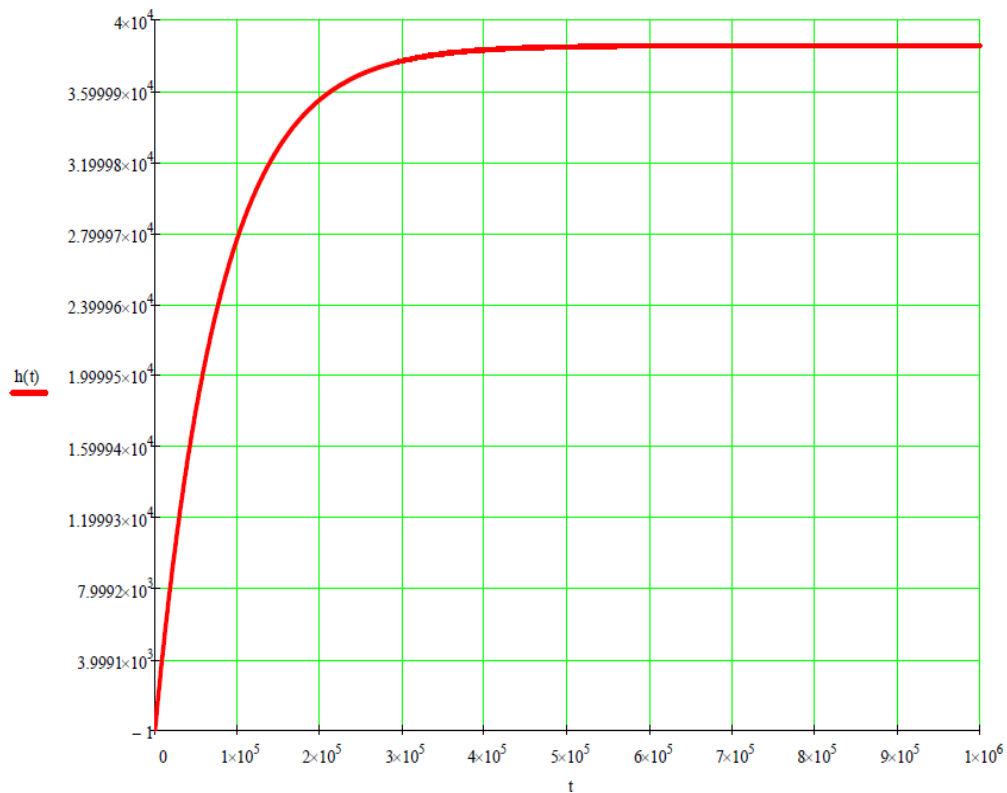


Рисунок 2.8 – Передавальна характеристика об'єкту керування

При подальших розрахунках параметрів регулятора застосовуються коефіцієнти, запропоновані Зіглером і Нікольсом.

Параметри за методом, запропонованим Зіглером і Нікольсом, визначаються з умов параметрів регулювання критичних систем K_r і T_{K_r} .

Потрібно привести систему до межі стійкості з постійною амплітудою, щоб знайти ключові параметри системи. Для досягнення цієї умови до системи необхідно підключити експериментальний Р-регулятор.

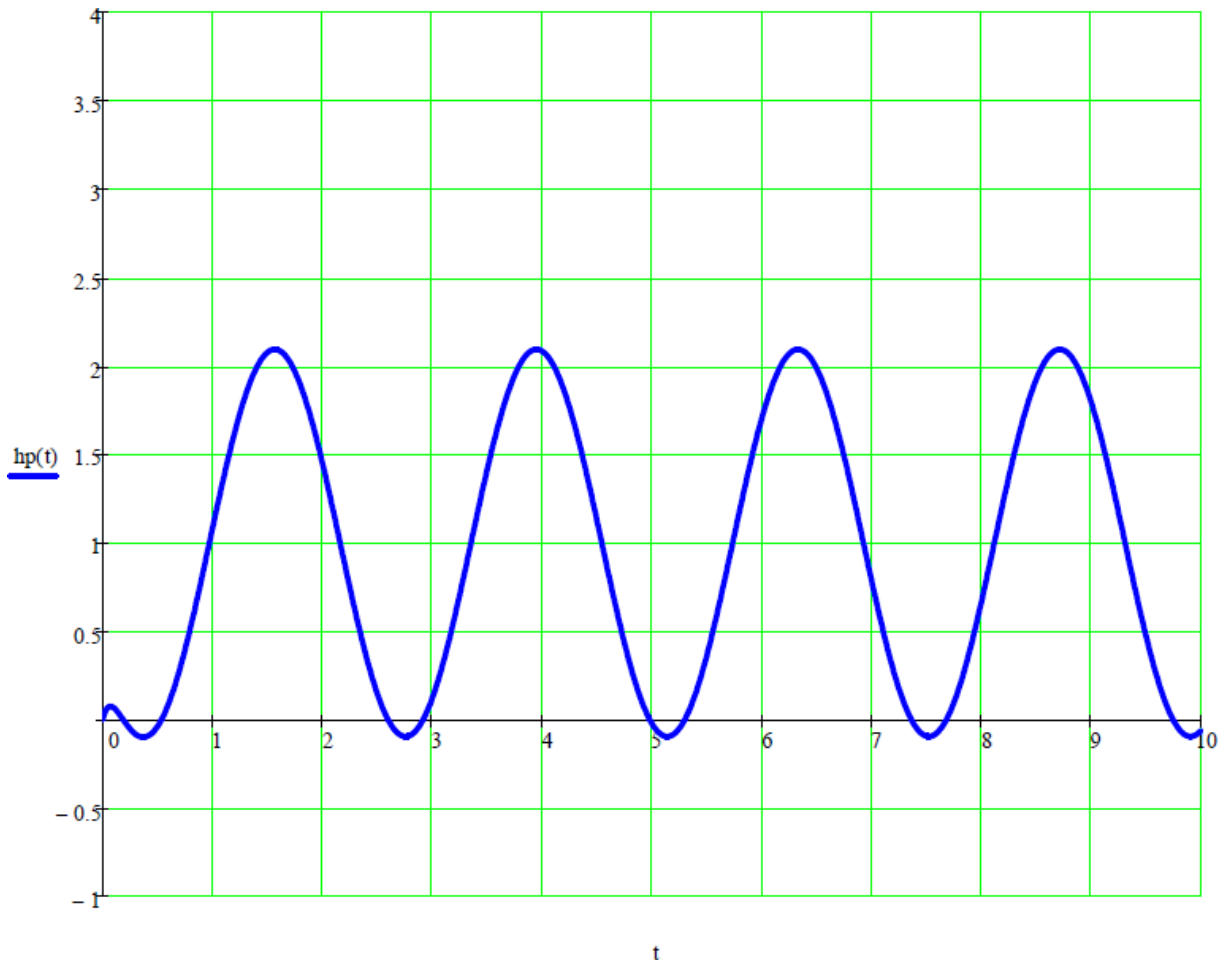


Рисунок 2.9 – Експериментальний ОК в околі границі стійкості

З рисунка 2.9 видно, що при $K_r = 5,38755$ система досягла стабільної амплітуди та гармонійного, незатухаючого автоколивання. З цього малюнка графічно буде визначено значення змінної $T_{кр}$ (яке в даному випадку дорівнює 2,3).

Найчастіше в системах керування використовуються П і ПІ регулятори, тому після отримання всіх початкових параметрів можна приступати до розрахунку параметрів цих регуляторів.

Для П-регулятора:

$$K_p = 0,5 \cdot K_{kr} = 2,694$$

Для ПІ-регулятора:

$$K_p = 0,45 \cdot K_{kr} = 2,424 \quad T_i = 1,25 \cdot T_{kr} = 2,875$$

Отже, отримано наступний вираз регуляторів:

$$W_p(p) = K_p \quad W_{pi}(p) = K_p \cdot \left(1 + \frac{1}{T_i \cdot p}\right)$$

Можна побачити на рисунку 2.10, регулятор Р набуває статистичну похибку, якої в регуляторі ПІ немає.

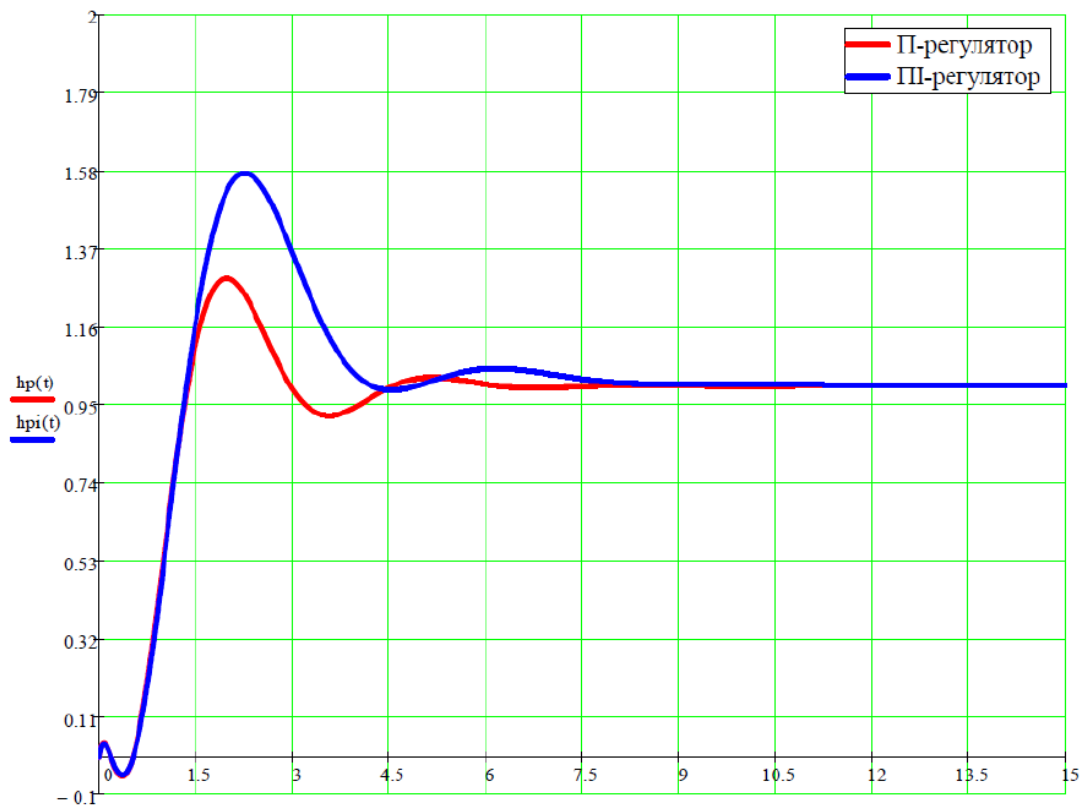


Рисунок 2.10 – Результати налаштування регуляторів методом Циглера-Нікольса

Підсумовуючи, зробили наступні висновки із застосування методу Циглера-Ніколса для синтезу системи керування: а саме, що ПІ-регулятор обслуговує систему найбільш вигідно щодо статичної похибки.

Це пояснюється індексом коливань, вбудованої системи веломерного АПС на кордоні у відкритій системі. Графік траєкторії не повинен знаходитися в середині території, обмеженої кругом M з центром у координатах $(-x_m, 0)$ і радіусом r_m . Для подальших розрахунків будемо використовувати наступну формулу:

$$x_i = \frac{M^2}{M^2 - 1}; \quad r_i = \frac{M}{M^2 - 1};$$

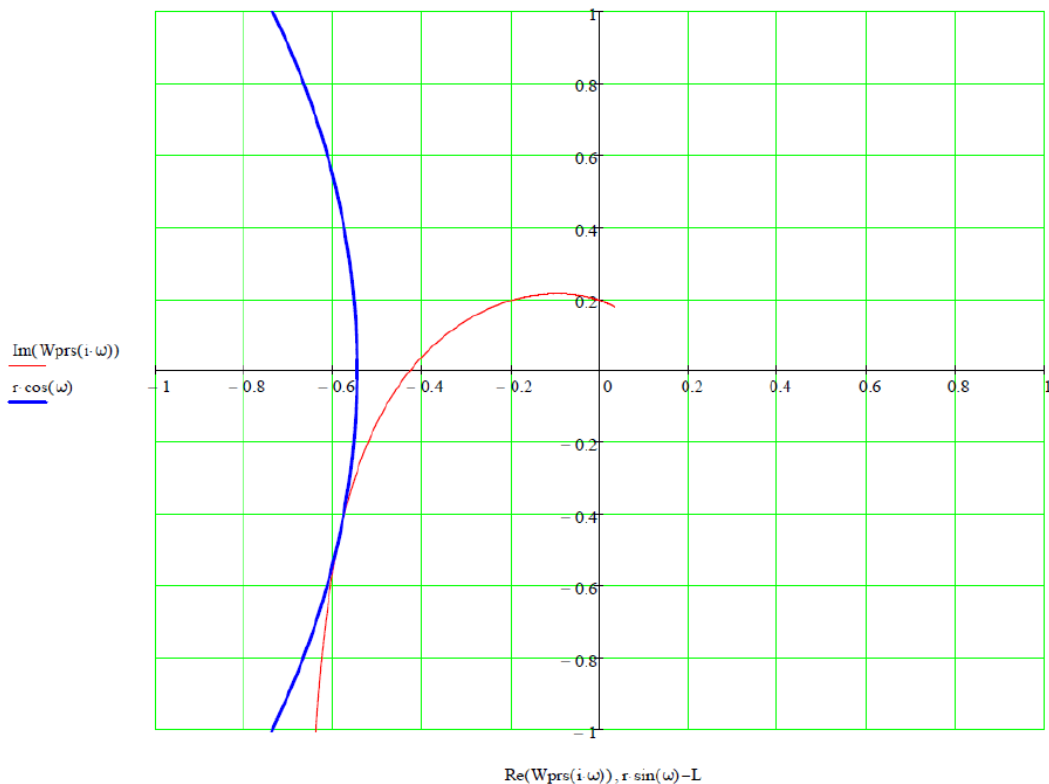


Рисунок 2.11– Налаштування П-регулятора за показником коливання 1.2

Таким чином, значення регулятора було встановлено на $K_p=2,29$, і за цієї частотної характеристики об'єкт просто торкався геометричної точки, форма якої була обмежена колом. Це позитивний висновок.

Отже, спочатку потрібно вибрати два параметри для налаштування РІ-контролера.

Як добре видно з рис. 2.12, при $K_r = 2,2$, $T_i = 20$ результати такі ж, як і для Р-регулятора. Після визначення оптимального значення для налаштування регулятора, перераховуємо його під визначені параметри.

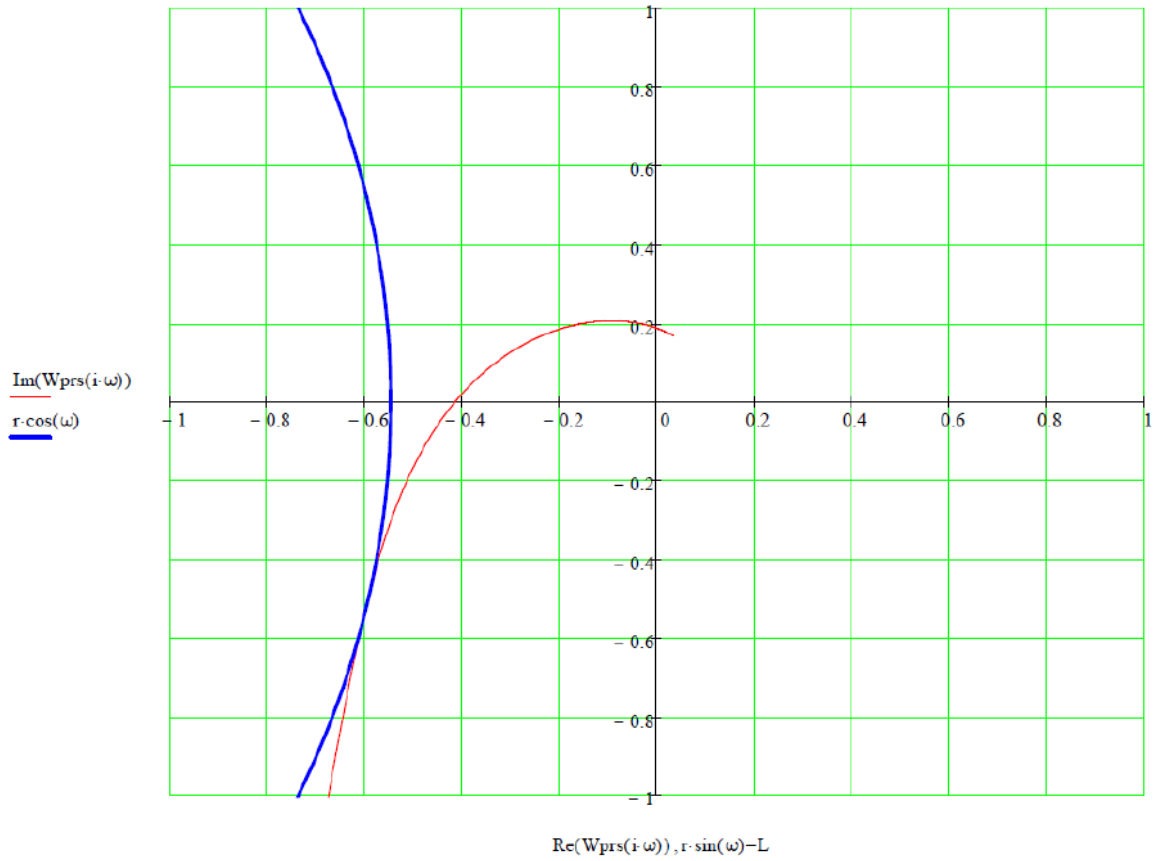


Рисунок 2.12 – Налаштування ПІ-регулятора за показником коливання 1.2

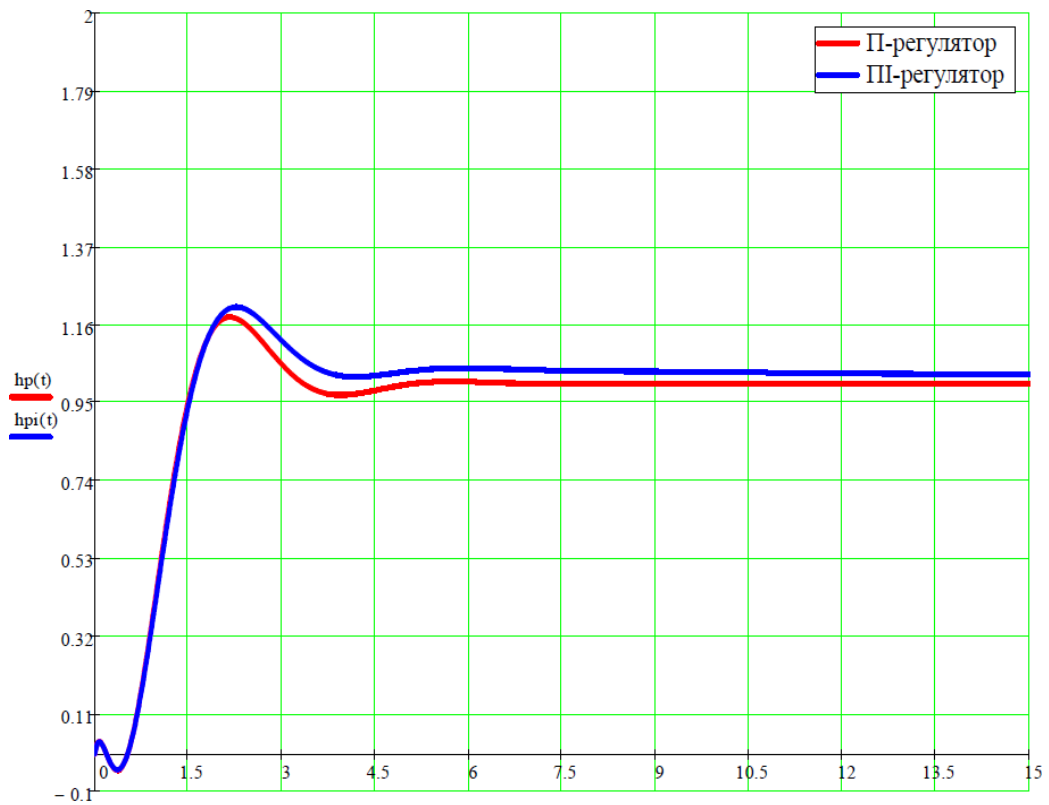


Рисунок 2.13 – Передавальні характеристики П і ПІ-регуляторів настроєними на показник коливання 1.2

З дослідження можна зробити висновок, що Р-регулятор не може бути застосований у нашому випадку, оскільки він демонструє статичну похибку, яка в цьому випадку є неприпустимою.

Отже, можна сказати, що в цьому відношенні ПІ-регулятор є найкращим.

2.9 Висновки до другого розділу

У другому розділі проведено опис технологічних параметрів які необхідно контролювати, регулювати та сигналізувати. Наведена розробка схем керування електродвигуном, блокування устаткування технологічного.

Проведено математичне моделювання печі випалу вапна. Виконане математичне моделювання статичного режиму та моделювання динамічного режиму. Виконано синтез та дослідження системи керування устаткуванням виробництва ацетилену.

3 СТВОРЕННЯ НЕЧІТКОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ

3.1 Створення системи нечіткого керування

У цьому розділі буде представлено розробку нечіткого логічного контролера для регулювання вапнякової печі 1 у процесі виробництва ацетилену. У наступних розрахунках цей контролер буде позначено як «ТП1», топка спалювання, тоді як контрольований вплив буде виражено споживанням горючого газу, позначеним як «Х1».

На рисунку 3.1 показано частину схеми керування, там також видно схему керування температурою.

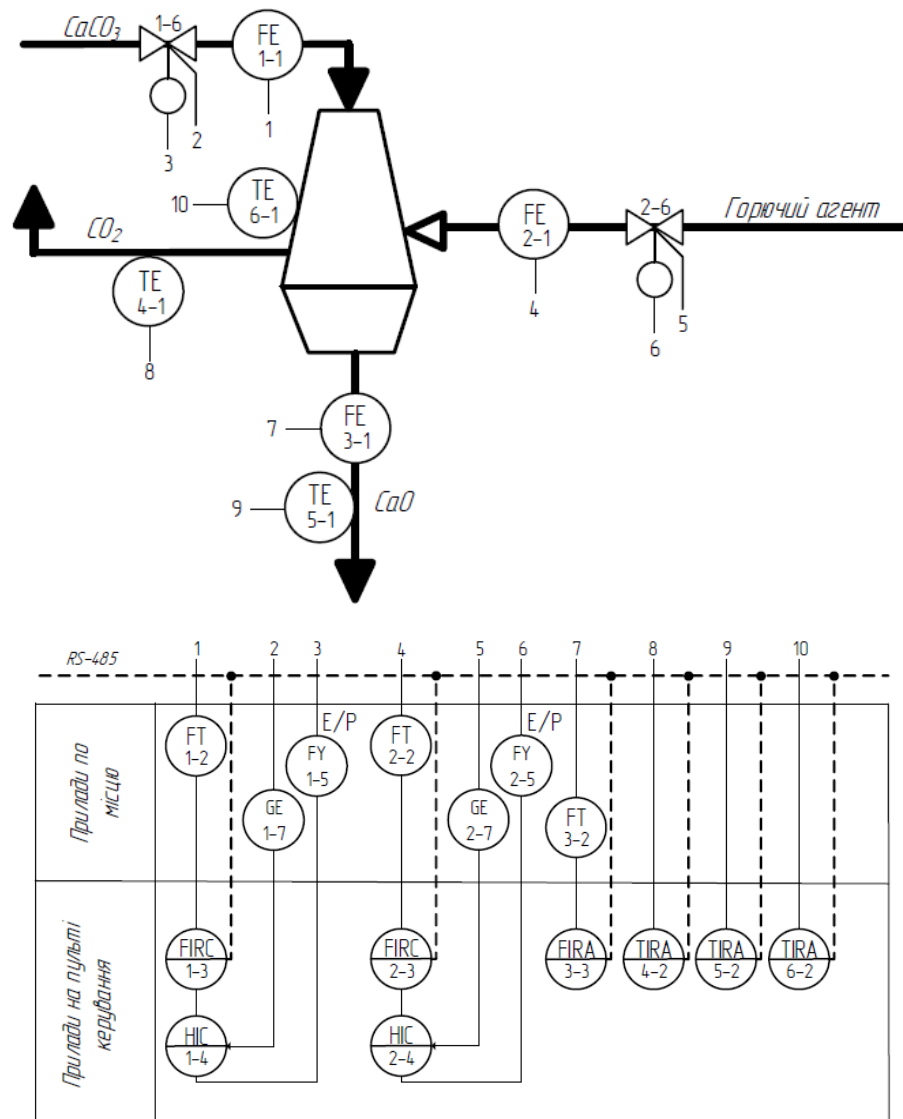


Рисунок 3.1 – Фрагмент схеми автоматизації з контуром керування температурою

3.2 Обрання та описування лінгвістичних змінних

Обрано такі параметри як мовні змінні для циклу регулювання температури:

- температура в приладі TP3;
- споживання газу FG1.

Щоб почати розробку контролера нечіткої логіки, необхідно сформулювати умови у вигляді функцій приналежності для температурних параметрів в пристрої TP1 і встановити їх значення. Змінна має діапазон значень 1050...1150 °C (дозволене значення 1100 °C).

Для лінгвістичної змінної температури в пристрої TP1 було обрано три елементи:

«Низький», «Нормальний», «Високий».

Опишемо змінні за допомогою вказаних термінів наступним чином:

низька

Лінгвістична змінна: $\langle \text{Температура}; \text{нормальна}; 1050 < T_{TP1} \leq 1150 \rangle$

висока

Так само визначимо доданок для споживання горючого газу змінної FG1:

«Низький», «Нормальний», «Високий». Давайте опишемо цю змінну:

мала

Лінгвістична змінна: $\langle \text{Витрата}; \text{нормальна}; 130 < F_{G1} \leq 150 \rangle$

велика

3.3 Створення нечіткої математичної моделі об'єкта керування

Математичну модель для графічного представлення було побудовано для кожної зі змінних температур у реакторі, наведених на рис. 3.2- 3.4 показують графіки функцій належності, що стосуються відображення термінів усередині

Відбувається зниження температури в реакторі.

$$T_m(y) := \begin{cases} \text{res} \leftarrow 1 \\ 1 \text{ if } y < 1070 \\ \text{res} \leftarrow -0.03333333 \cdot y + \frac{110}{3} \text{ if } y \geq 1070 \\ 0 \text{ if } y > 1100 \end{cases}$$

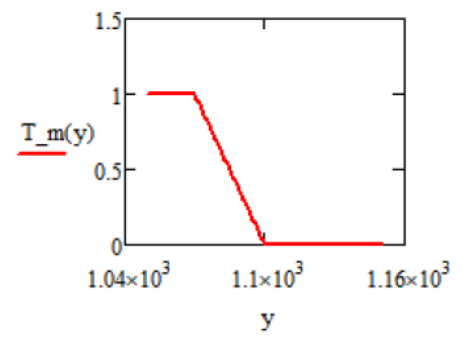


Рисунок 3.2 – Функція належності змінної Температура низька

Нормальна температура – функції приналежності проілюстровано термінами, як показано на рис. 3.3, а опис приналежності змінної – «Температура в реакторі».

$$T_n(y) := \begin{cases} \text{res} \leftarrow 0 \\ 0 \text{ if } y < 1080 \\ \text{res} \leftarrow 0.0333333 \cdot y - 36 \text{ if } y \geq 1080 \\ \text{res} \leftarrow -0.05 \cdot y + \frac{113}{2} \text{ if } y \geq 1110 \\ 0 \text{ if } y > 1130 \end{cases}$$

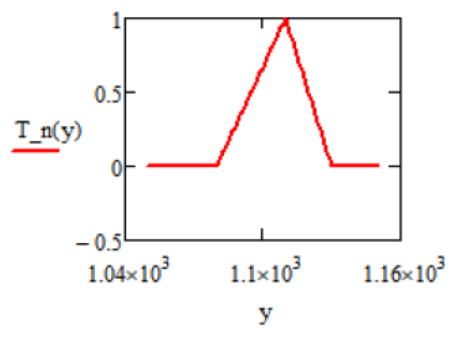


Рисунок 3.3 – Функція належності змінної Температура нормальна

На рисунку 3.4 показано функцію приналежності для відображення термінів

Гіпертермія Температура всередині реактора.

$$T_v(y) := \begin{cases} \text{res} \leftarrow 0 \\ 0 \text{ if } y < 1120 \\ 0.05 \cdot y - 56 \text{ if } y \geq 1120 \\ 1 \text{ if } y > 1140 \end{cases}$$

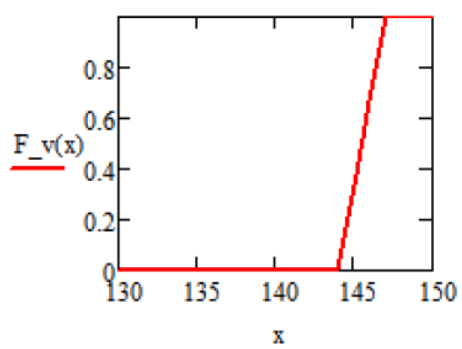


Рисунок 3.4 – Функція належності змінної Температура висока

Щоб краще зрозуміти усі терміни змінної температури у реакторі, накладемо їх на залежність, як показано на рисунку 3.5.

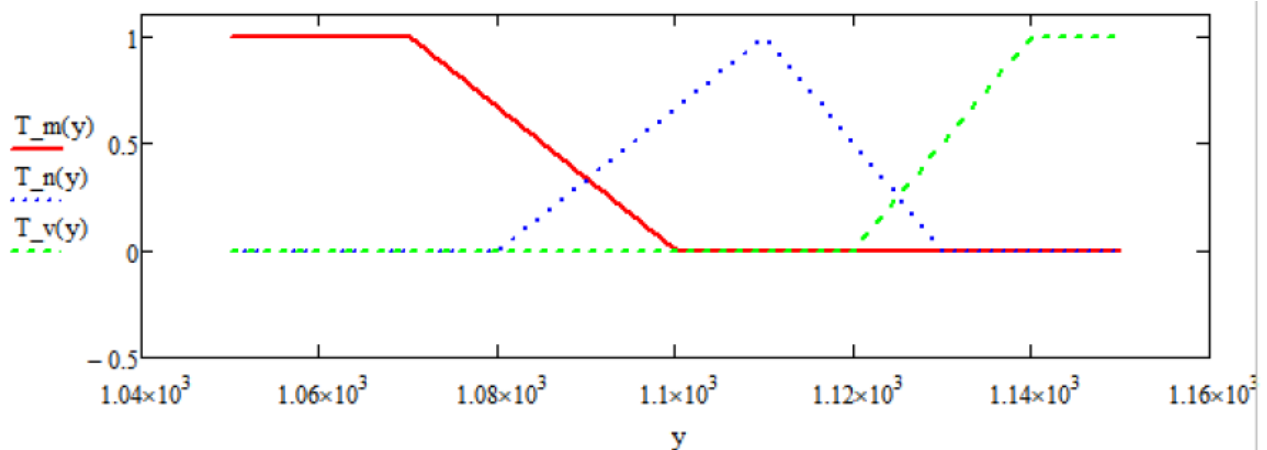


Рисунок 3.5 – Графіки всіх функцій належності для змінної Температура в реакторі

Кожен нечіткий набір представлено в математичній моделі на рис. для візуального представлення змінної «споживання горючого газу», як показано на рис. 5,6-5,8.

Терміни для відображення споживання змінної Горючий газ є невеликими змінними.

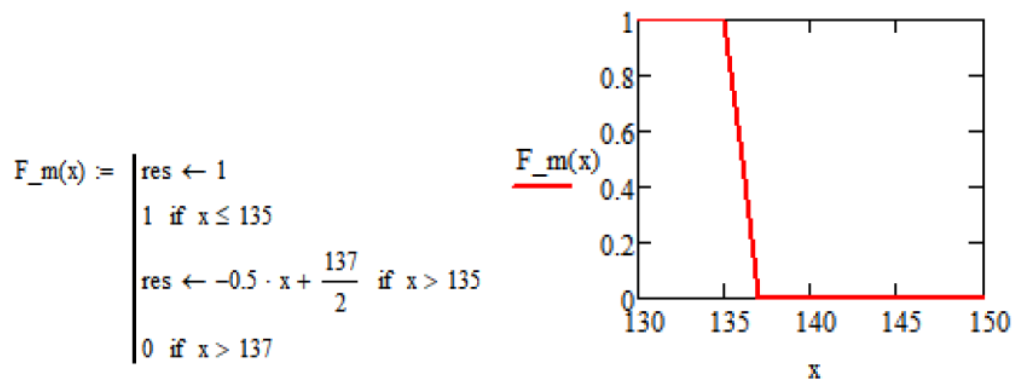


Рисунок 3.6 – Функція належності змінної Витрата мала

На рисунку 3.7 представлено функцію належності що відображає терми. Нормальне змінне споживання змінна Споживання горючого газу.

$$F_n(x) := \begin{cases} \text{res} \leftarrow 0 & \\ 0 \text{ if } x \leq 136 & \\ \text{res} \leftarrow 0.25 \cdot x - 34 \text{ if } x \geq 136 & \\ \text{res} \leftarrow -0.1666666 \cdot x + \frac{73}{3} \text{ if } x \geq 140 & \\ 0 \text{ if } x > 146 & \end{cases}$$

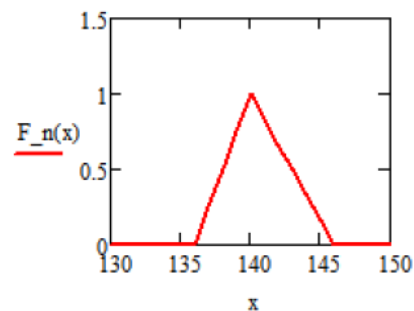


Рисунок 3.7 – Функція належності змінної Витрата нормальна

На рисунку 3.8 представлено залежність приналежності для відображення термів.

Споживання горючого газу діже сильно змінюється.

$$F_v(x) := \begin{cases} \text{res} \leftarrow 0 & \\ 0 \text{ if } x \leq 144 & \\ 0.33333 \cdot x - 48 \text{ if } x > 144 & \\ 1 \text{ if } x \geq 147 & \end{cases}$$

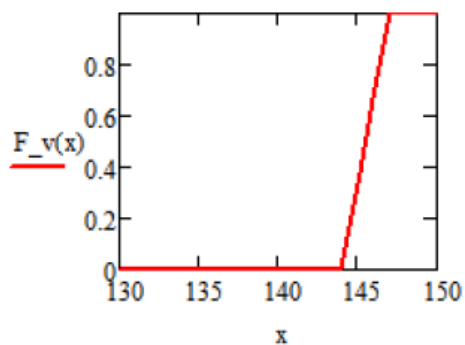


Рисунок 3.8 – Функція належності змінної Витрата велика

Щоб краще зрозуміти усі терміни для змінної споживання газу, вони мають накладатися на залежності, як показано на рисунку 3.9.



Рисунок 3.9 – Залежності всіх функцій належності змінної Витрата горючого газу

3.3 Розробка правил продукційних для системи нечіткого керування

Саме тому одним із ключових етапів формування нечіткої системи автоматичного керування є вибір і формулювання нечітких правил для їх реалізації в регуляторі. Сформулюємо ці правила: якщо «низька» температура в реакторі P1, то «висока» витрата горючого газу G1. Якщо «нормальна» температура в реакторі P1, то «нормальне» споживання горючого газу G1.

Покажемо одну з них. Наприклад, температура P1 в центрі вапнякової печі становить 1091°C. Тепер необхідно з'ясувати ступінь настання для кожної умови сутності TP1: Низький = 0,3; Середній = 0,366; Високий = 0. І це можна обчислити за допомогою формули, поданої як:

$$Y_{vh} := 1091$$

$$\mu_m := T_m(Y_{vh}) = 0.3$$

$$\mu_n := T_n(Y_{vh}) = 0.366$$

$$\mu_v := T_v(Y_{vh}) = 0$$

Для подальших розрахунків отримані нечіткі множини необхідно модифікувати. Функції належності для кожного температурного елемента газової суміші необхідно помножити на вхідний коефіцієнт для вхідної температури.

Показане перетворення було виконано для кожного члена контрольної змінної температури «мала», «нормальна», «велика» в реакторі P1, які представлені в правій частині формули, і результати можна спостерігати на рисунках 3.10 – 3.12.

На рис. 3.10 показано перетворення «малого» члена.

$$F_{m1}(x) := F_m(x) \cdot \mu_v$$

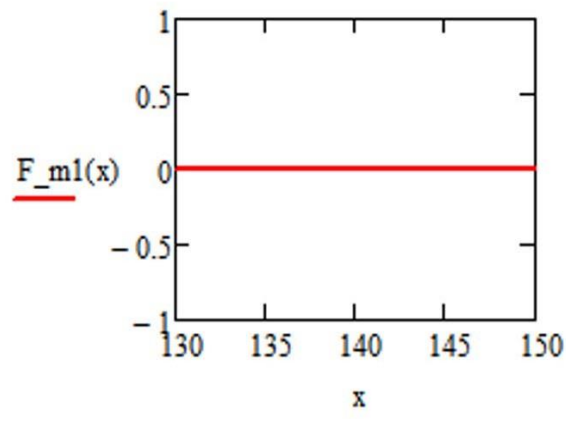


Рисунок 3.10 – Перетворення функції належності для правих частин правил за методом добутку для терми «мала»

На рисунку 3.11 представлено перетворення для терма «нормальна»

$$F_{n1}(x) := F_n(x) \cdot \mu_n$$

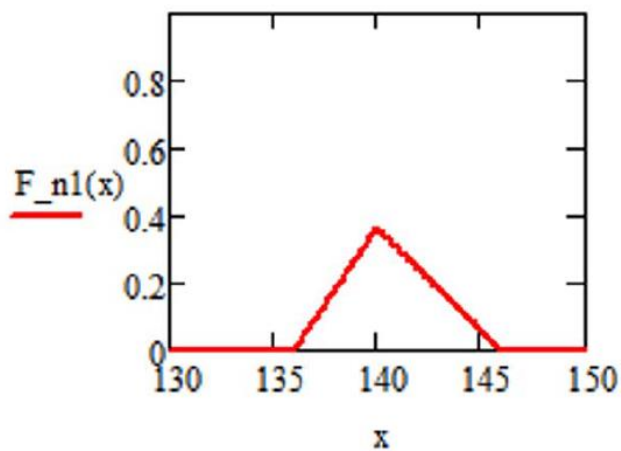


Рисунок 3.11 – Перетворення функції належності для правих частин правил за методом добутку для терма «нормальна»

На рисунку 3.12 показані перетворення для терма «велика»

$$F_{v1}(x) := F_v(x) \cdot \mu_m$$

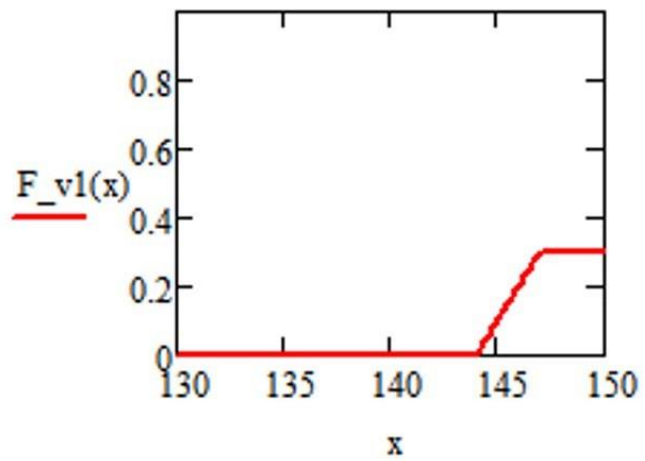


Рисунок 3.12 – Перетворення функції належності для правих частин правил за методом добутку для терма «велика»

На цьому етапі можна взяти до уваги всі встановлені правила. Для того, щоб усі встановлені правила були взяті до уваги, правила об'єднані за допомогою принципу суперпозиції на основі нечітких множин, а також за допомогою операцій підсумовування та максимуму. Результати підсумовування такі, як на рисунках 3.13, 3.14.

$$F_{sum_dobl}(x) := \max(F_{m1}(x), F_{n1}(x), F_{v1}(x))$$

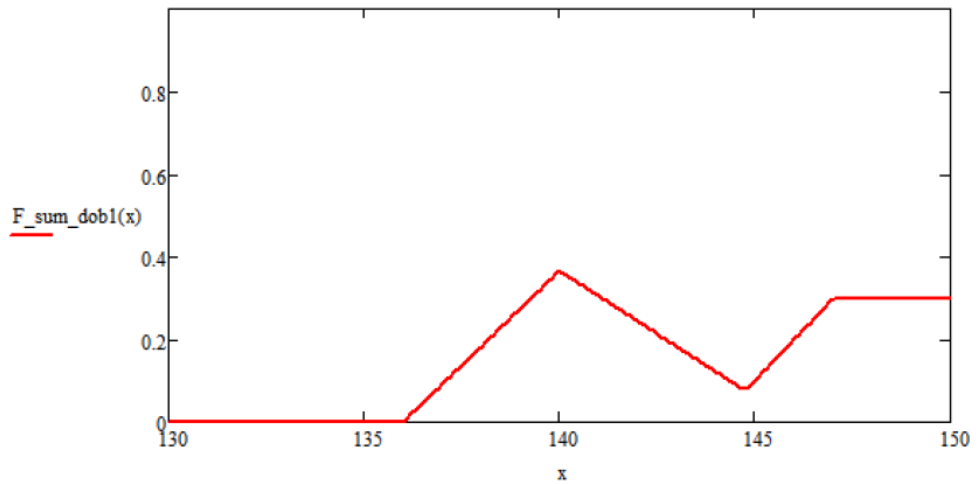


Рисунок 3.13 – Об'єднання за методом максимуму

Перейшовши до числових значень отримуємо:

$$F_dob_res1 := \frac{\int_{130}^{150} x \cdot F_sum_dob1(x) dx}{\int_{130}^{150} F_sum_dob1(x) dx} = 143.605$$

$$F_sum_dob2(x) := F_m1(x) + F_n1(x) + F_v1(x)$$

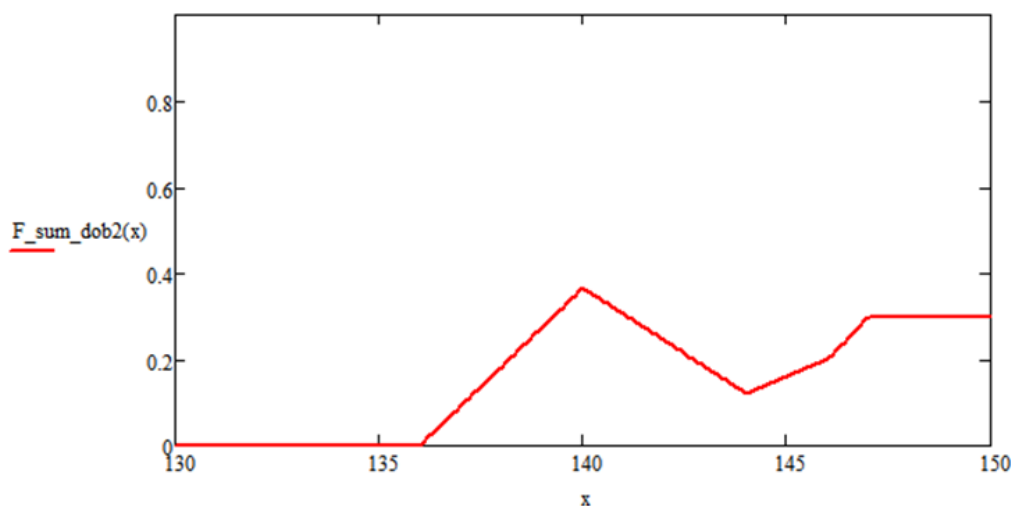


Рисунок 3.14 – Об’єднання за методом підсумовування

Перейшовши до числових значень отримаємо:

$$F_dob_res2 := \frac{\int_{130}^{150} x \cdot F_sum_dob2(x) dx}{\int_{130}^{150} F_sum_dob2(x) dx} = 143.637$$

Застосовуємо встановлену зміну до кожної контрольної змінної P1 для «малого», «нормального», «великого» споживання горючого газу відповідно до формули праворуч, і результати будуть наведені на рис. 3.15-3.17

Перетворення для «малого» члена показано на рис. 3.15

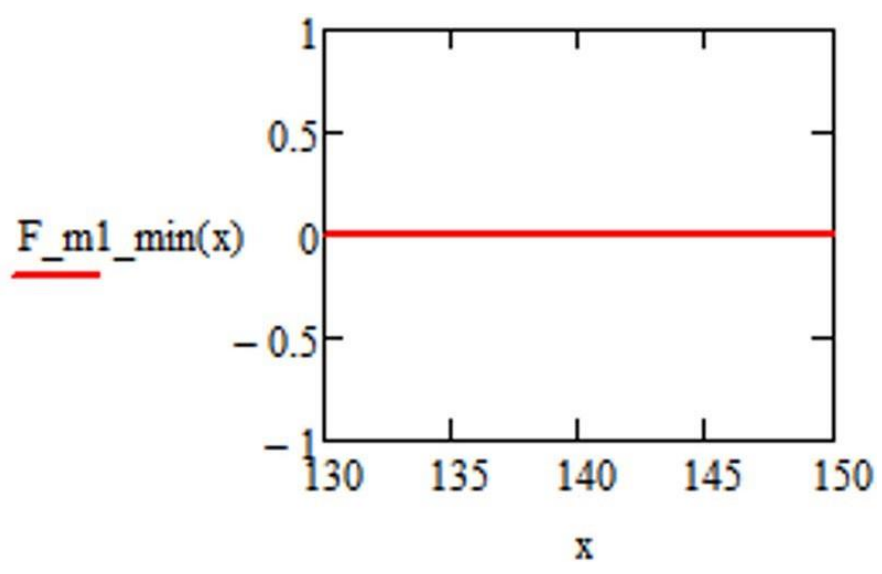


Рисунок 3.15 – Перетворення функції належності для правих частин правил за методом добутку для терма «мала»

На рисунку 3.16 представлені перетворення для терми «нормальна»

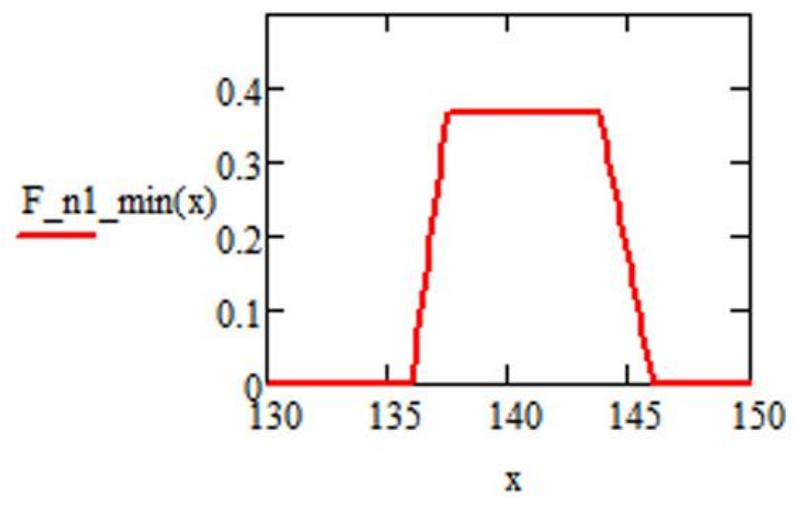


Рисунок 3.16 – Перетворення функції належності для правих частин правил за методом добутку для терма «нормальна»

На рисунку 3.17 показані перетворення для терми «Велика».

Усі зазначені правила необхідно врахувати в нечіткій множині, об'єднавши їх за принципом суперпозиції нечітких множин. Поєднання їх методами підсумовування та максимуму дозволить врахувати дію всіх зазначених правил. 3.18 і 3.19 наведено результати підсумовування.

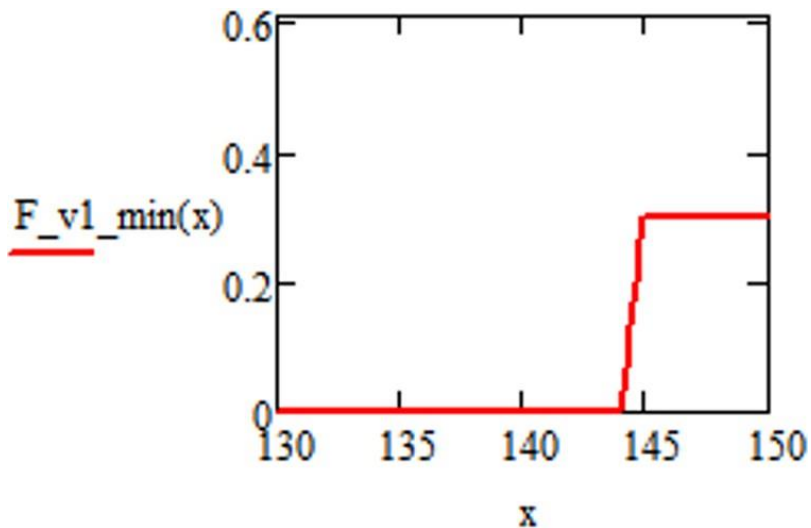


Рисунок 3.17 – Перетворення функції належності для правих частин правил за методом добутку для терма «велика»

$$F_{sum_min1}(x) := \max(F_{m1_min}(x), F_{n1_min}(x), F_{v1_min}(x))$$

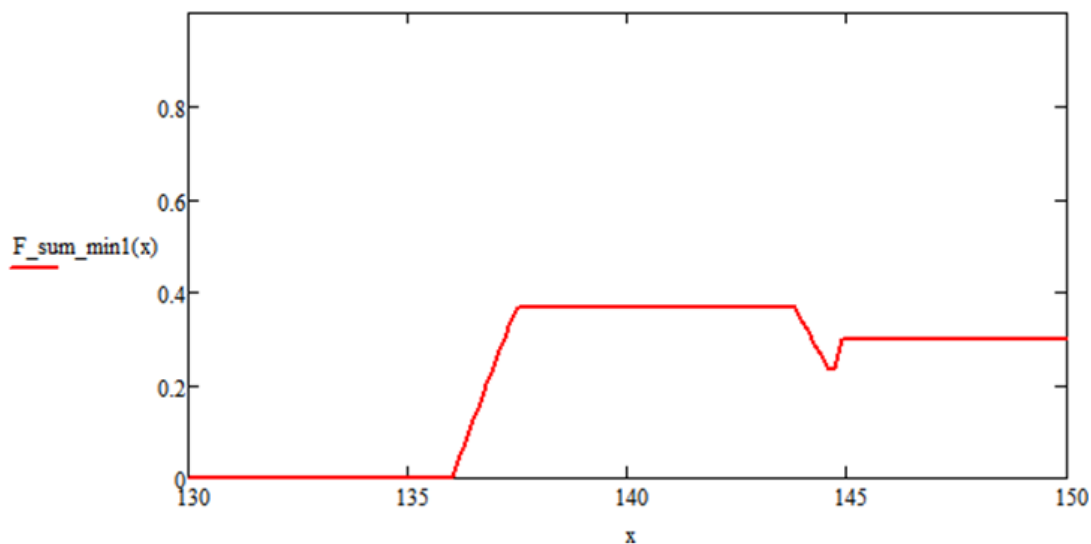


Рисунок 3.18 – Об'єднання за методом максимуму

Перейшовши до числових значень, будемо мати:

$$F_{min_res1} := \frac{\int_{130}^{150} x \cdot F_{sum_min1}(x) dx}{\int_{130}^{150} F_{sum_min1}(x) dx} = 143.026$$

$$F_sum_min2(x) := F_m1_min(x) + F_n1_min(x) + F_v1_min(x)$$

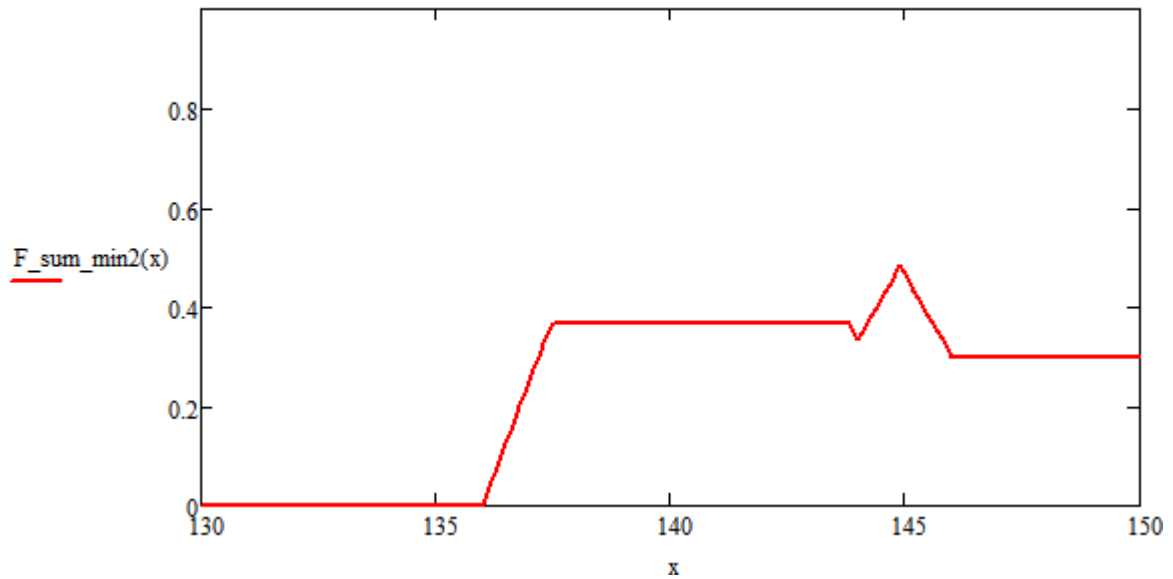


Рисунок 3.19 – Об’єднання за методом сумування

Перейшовши до числових значень маємо:

$$F_min_res2 := \frac{\int_{130}^{150} x \cdot F_sum_min2(x) \, dx}{\int_{130}^{150} F_sum_min2(x) \, dx} = 143.114$$

3.4 Результати реалізації засобами MatLab

Вбудована допоміжна бібліотека нечіткої логіки для реалізації функцій нечіткої логіки в прикладному програмному середовищі MATLAB. Деякі з результатів змодельованої системи такі:

- схема нечіткої системи автоматичного керування на рис. 3.20,
- вікно для редагування функцій власності на включені змінні та керування змінами на рисунку 3.21, рис. 3.22,
- вікно для редагування правил продукту після їх визначення на рисунку 3.23.

На рисунку 3.24 показано вікно, у якому показано, як застосовуються правила продукту.

Вікно для візуалізації амбівалентного характеру висновку, отриманого на рисунку 3.25.

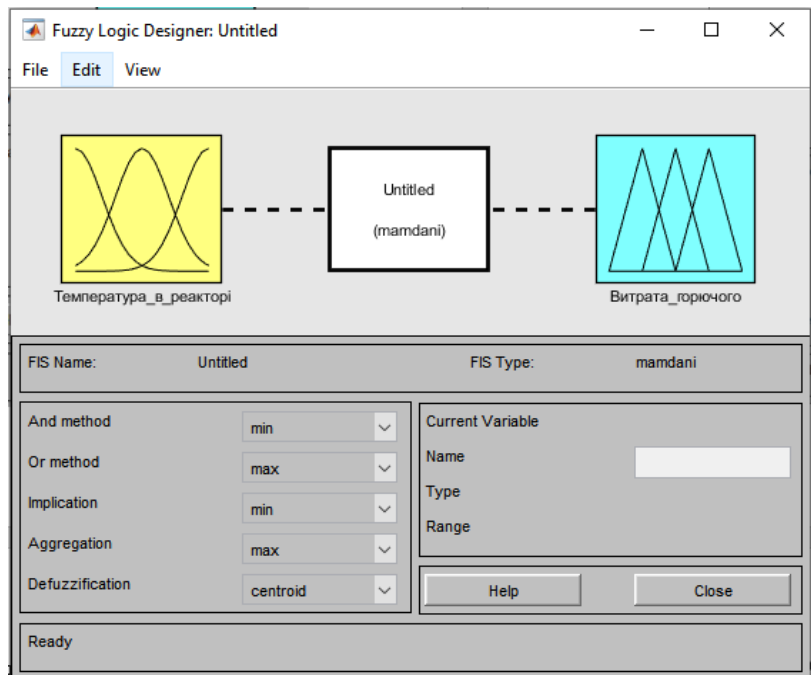


Рисунок 3.20 – Схема автоматичної системи нечіткого керування

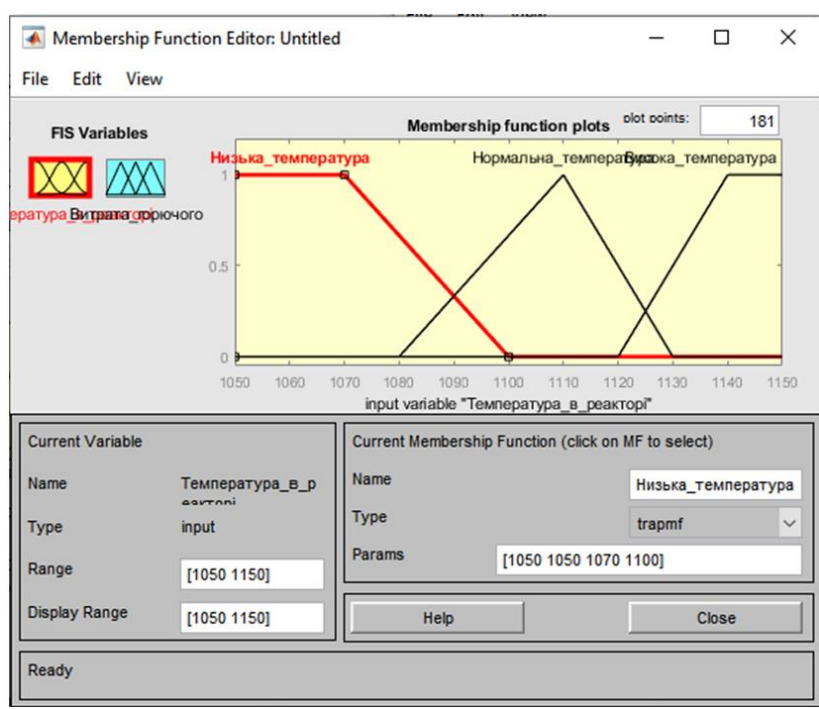


Рисунок 3.21 – Вікно для редагування функції належності для вхідних і керуючих змінних

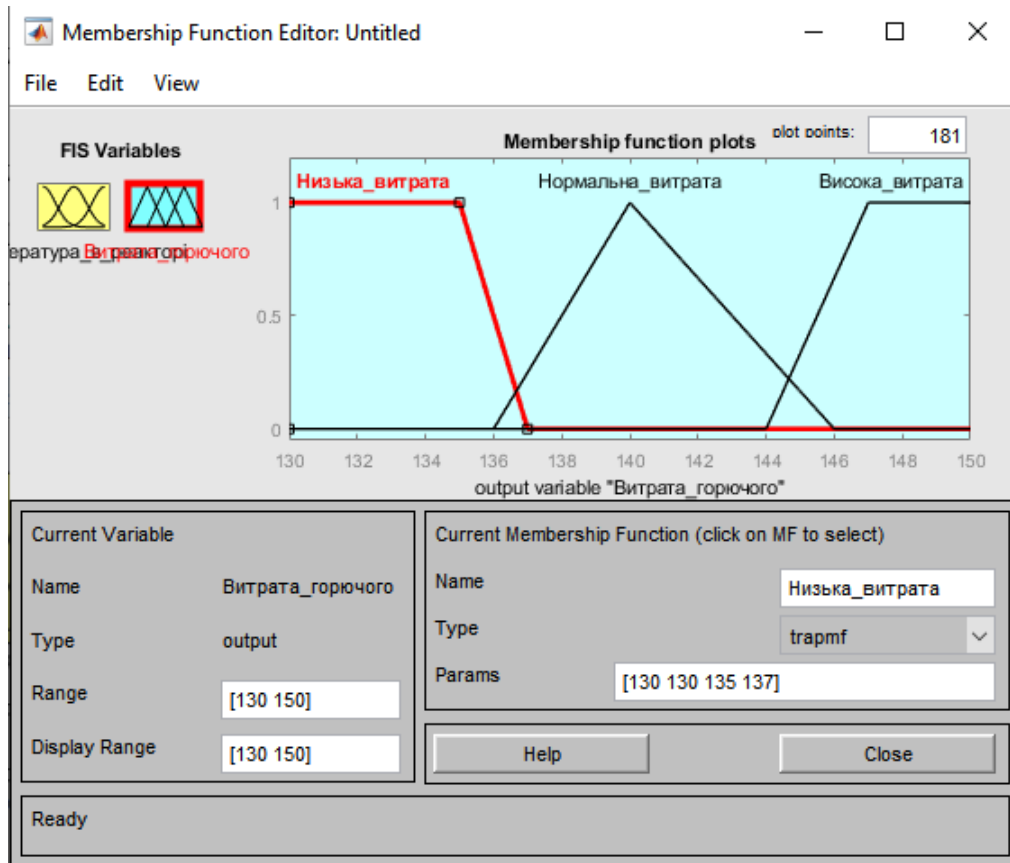


Рисунок 3.22. Вікно для редагування функції належності для вихідних і керуючих змінних

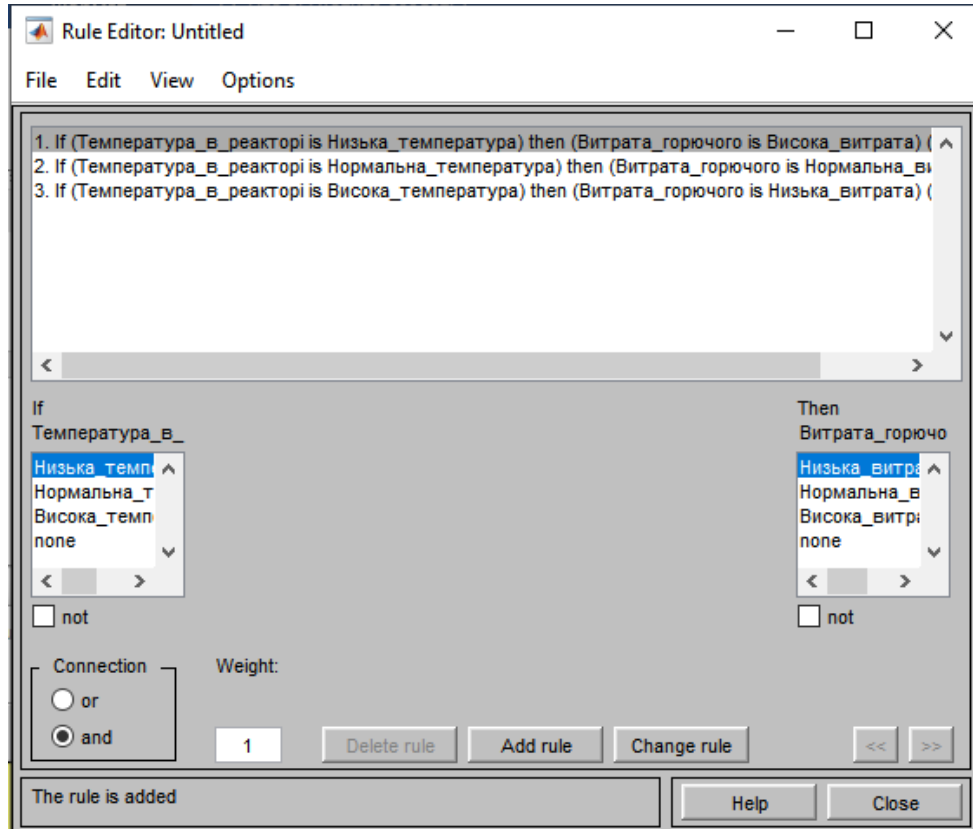


Рисунок 3.23. Вікно для редагування правил для продукції після їх визначення

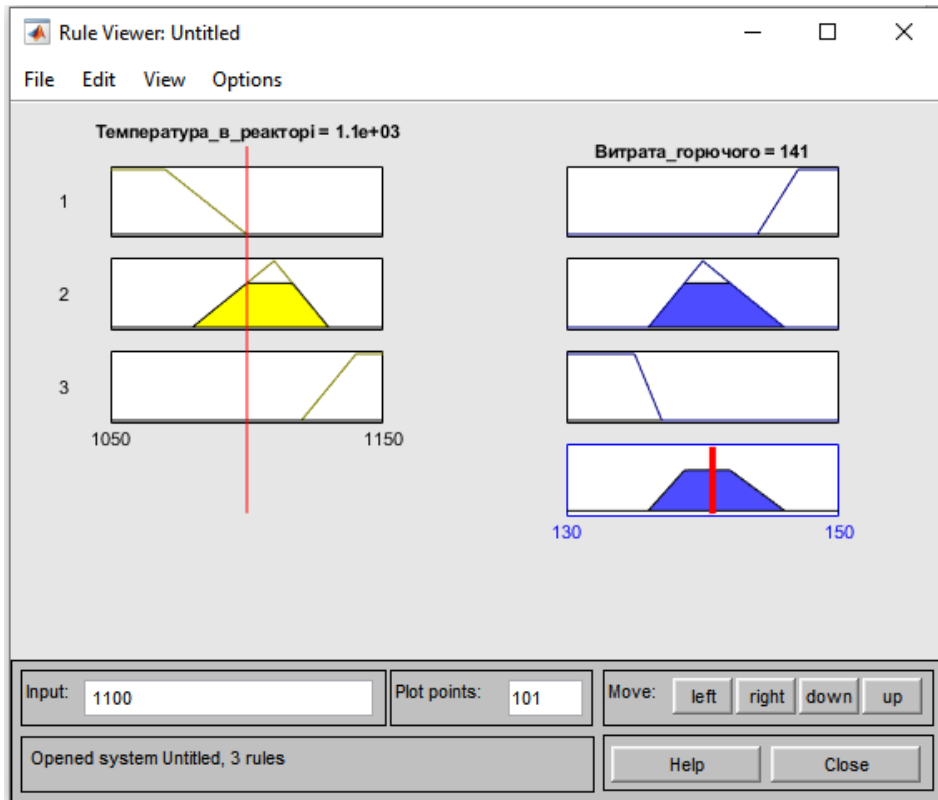


Рисунок 3.24. Вікно перегляду правила продукції

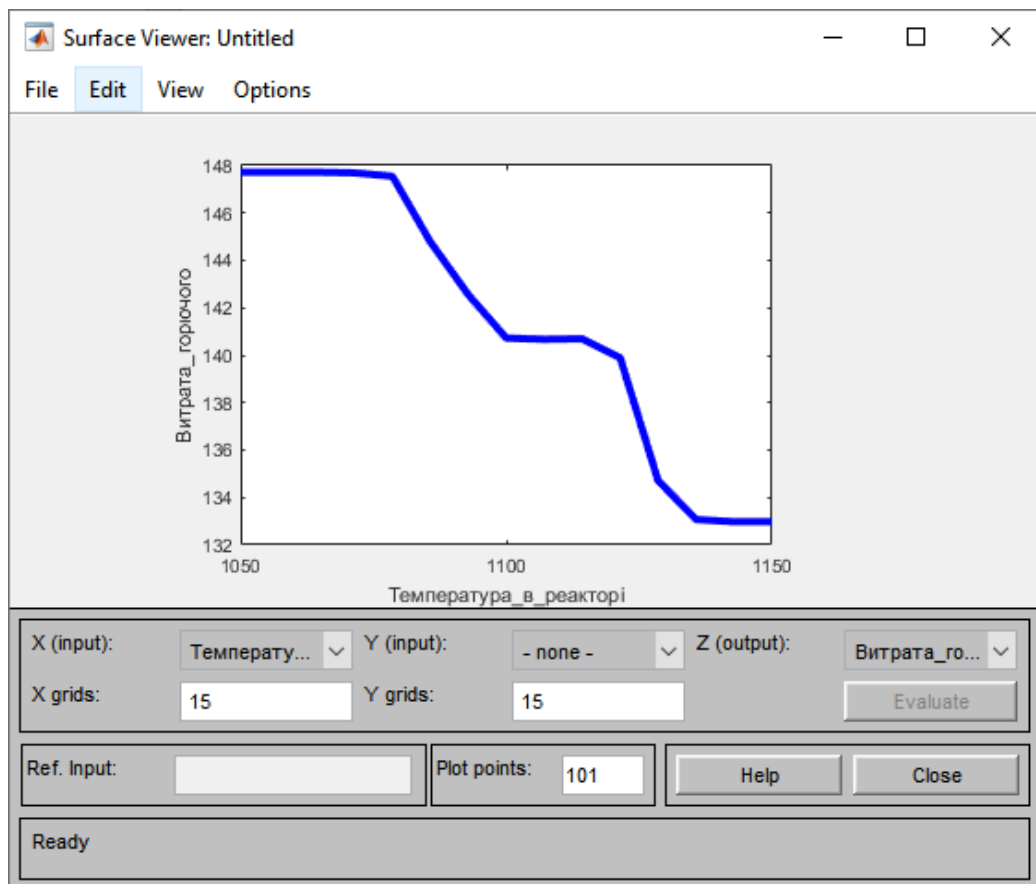


Рисунок 3.25. Вікно перегляду поверхонь нечіткого висновку

3.5 Висновки до третього розділу

У третьому розділі створено систему нечіткого керування виробничим устаткуванням. Для розв'язання цієї задачі було створено системи нечіткого керування. Обрано та описано обрання лінгвістичних змінних. Було зроблено створення нечіткої математичної моделі об'єкта керування. Розроблено продукційні правила для системи нечіткого керування. Результати реалізації засобами MatLab наведено по закінченню роботи по створенню систему нечіткого керування виробничим устаткуванням.

4 РОЗРОБКА WEB-СЕРВІСУ ДЛЯ КОНТРОЛЮ, КЕРУВАННЯ ТА СИГНАЛІЗАЦІЇ ПАРАМЕТРІВ ОБ'ЄКТА

Веб-сервіси – це системи, доступні у просторі Всесвітньої павутини та працюють на основі програм, URL-адреси яких служать для їх ідентифікації. Пошук здійснюється через інші ресурси; головною метою є взаємодія програмного забезпечення між різними платформами, які здебільшого підтримуються відкритими протоколами. Ці рішення включають пошукові системи, хостинг, електронну пошту, віддалений доступ до файлів, ресурси для планування тощо. Взаємодіючи з користувачем, система може діяти у відповідь на набір сторінок на мові гіпертекстової розмітки (HTML). Вони можуть використовувати відкриті або закриті API (інтерфейси прикладного програмування) для режиму зв'язку з іншими програмними ресурсами та онлайн-сервісами мережі.

Найсуттєвіша особливість системи полягає в тому, що вона не пов'язана з якимось конкретним комп'ютером, браузером або характеристиками і статусом провайдера, і тому будь-який користувач може мати доступ до неї в будь-якому статусі. Система вимагає, щоб єдиною умовою роботи послуги була наявність доступу до мережі Інтернет. Такі Інтернет-сервіси сьогодні відповідають таким вимогам, як:

- забезпечення єдиного способу написання та надсилання структурованої інформації – сторінки гарантують можливе створення неструктурованої інформації – XML;
- написання та надсилання повідомлень, що містять структуровану інформацію – сторінки забезпечують подальше надання неструктурованої інформації;
- протокол зв'язку – дозволяє програмам спілкуватися незалежно від місця розташування, внутрішньої технології чи платформи;
- транспортний протокол: передбачає перевизначення запитів і, таким чином, усуває кількість зворотних звернень для підтримки – HTTP/1.1;
- транспортний протокол; визначає, чи повинен мережевий запит

бути на безпечній лінії; мінімізує спроби підключення, перенаправляючи браузері на інші запити – HTTPS;

- WSDL на основі XML – це мова опису інтерфейсу третьої сторони.
- UDDI — такий інтерфейс є універсальним інструментом опису, інтеграції та визначення.

4.1 Визначення ролі веб-сервісів у сучасних АСК ТП

Керівництво по побудові сучасної системи управління здатною конкурувати із західними системами. Необхідно притримуватись тих же принципів. З вивчення робочих методів системи Захід можна зробити висновок про те, що всі вони структурують виробництво за методом піраміди, то є MES (система виконання виробництва).



Рисунок 4.1 – Структура багаторівневої системи керування

Повна піраміда багаторівневої системи управління розбита на кілька рівнів, кожен з яких являє собою якийсь реальний об'єкт АСК ТП у виробництві. Приклади багаторівневих систем управління наведені на рисунку 4.1:

- завод - рівень, на якому встановлені всі виробничі приміщення та обладнання;

- польові прилади;
- нівелір.

Усі вимірювальні прилади розміщені на рівні, що прилягає до виробничих приміщень та обладнання:

- PLC – це панель керування, де розміщені всі плати контролера;
- SCADA/HMI – системний рівень, який збирає деталі з кожного контролера, записує параметри та передає їх для збереження в базі даних;
- MIS/MES – на цьому рівні призначений для обробки та контролю всіх зібраних даних;
- ERP – універсальний рівень розподілу ресурсів «в дії» протягом усього виробничого процесу.

Таким чином, якщо застосуємо прийнятну класифікацію для систем MES, то наша система охоплюватиме два рівні: MIS/MES та SCADA.

Після визначення ролі системи та її певних обов'язків у виробництві можемо приступити до розробки окремих системних моделей.

Можна сформуванати набір функцій для абстрактних веб-сервісів як основні функції, показані на рисунку 4.2:

- збір даних від контролера;
- запис даних в базу даних;
- надання даних оператору на вимогу;
- автоматичне відображення найважливіших даних;
- захист даних;
- сигналізація;
- індикація.

Тоді можемо почати працювати над структурою та зв'язками між цими службами.

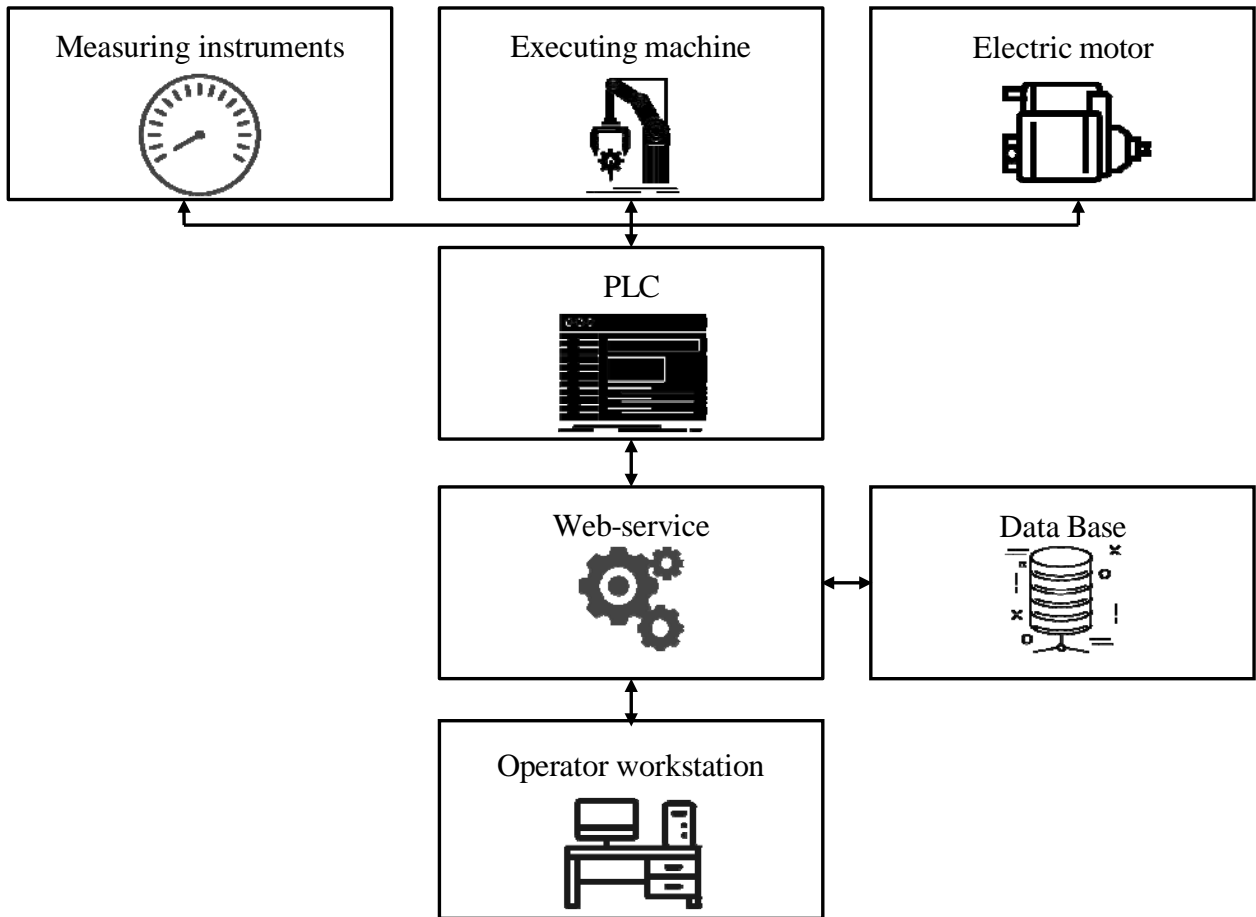


Рисунок 4.2 – Архітектура комп'ютерно інтегрованої системи із застосуванням веб-сервісу

Загальний вигляд архітектури системи

Архітектура Microsoft (MSA – Micro Service Architecture) – це спосіб організації розподілених систем на основі мікросервісів та їхнього зв'язку та взаємодії між собою та світом через мережу. Це також елементарна структура, яка запускає проектування, конструкцію та життєвий цикл мікросервісів. Це означає, що основним елементом цієї моделі програмування є мікросервіси.

Згідно з одним коротким визначенням, мікросервісом може бути єдиний програмний комплекс, який виконує певні функціональні завдання, визначені його господарями. Функції мікросервісів поділяються на такі речі:

- він маленький за розміром;
- незалежність від інших служб;
- використовує обмежений контекст і зосереджується на бізнес-логіці;

- використовує певні шаблони для зв'язку з іншими мікросервісами, напр. розумні кінцеві точки та тупі канали;
- оскільки мікросервіси є розподіленими, цей підхід повинен;
- швидко виходить з ладу.

Автоматизація також здійснюється за допомогою розробки та підтримки мікросервісів.

Необхідно підтримувати автономність сервісу, щоб інші сервіси не змінювали дані. З точки зору сервіс-орієнтованої архітектури, мікросервіси, децентралізоване сховище — це дуже велика справа. Під «децентралізованим сховищем» мається на увазі, що кожна служба матиме свою власну базу даних. Єдиний інший випадок, коли різні служби можуть спільно використовувати репозиторій, це якщо ці різні служби повністю ідентичні одна одній. Взаємодія між базами даних відсутня.

Принцип його побудови зображено на рисунку 4.3.

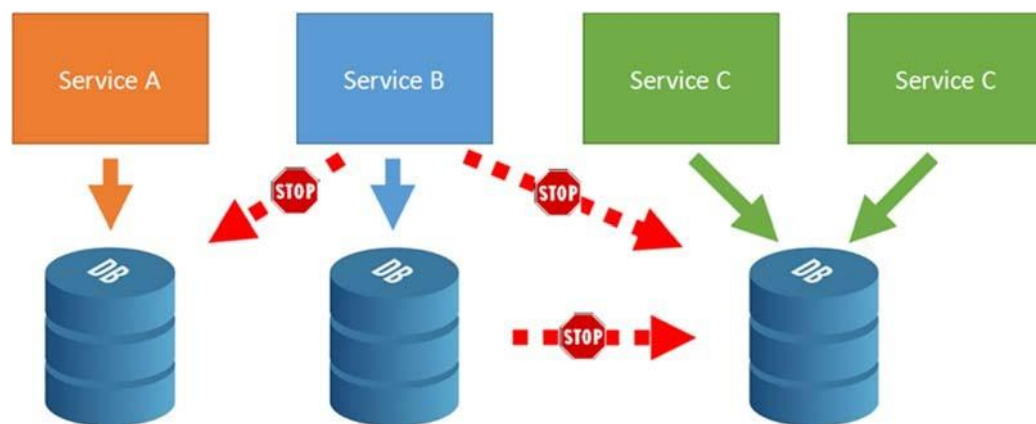


Рисунок 4.3 – Принципу розбудови баз даних у мікро сервісних архітектурах

Єдиним варіантом що можливий у взаємодії є взаємодія сервісів по мережі.

Приклад показано на рисунку 4.4.

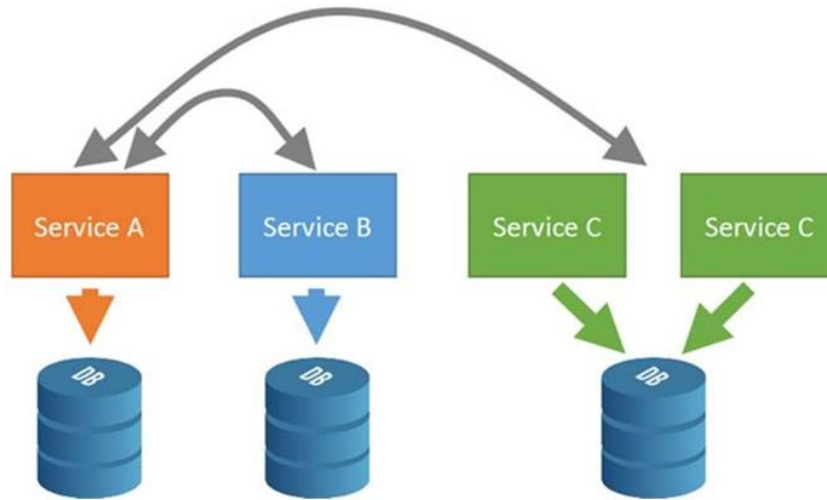


Рисунок 4.4 – Принцип побудови баз даних для мікро сервісної архітектури

Ви повинні припустити, що ваш сервіс не працює, починаючи з першого етапу побудови архітектури мікросервісів. Іншими словами, ваша служба має розуміти, що якщо вона чекає на деякі дані, вона може ніколи не отримати відповіді. Таким чином, варто виключити ситуації, коли у вас може щось не вийти відразу.

Наприклад, Netflix розробив Chaos Monkey, який випадковим чином вимикає служби та розриває з'єднання. Необхідно оцінити надійність системи.

Рисунок 4.5 загалом представляє структуру розподіленої системи. Усі сервіси є окремими компонентами системи, і єдиний доступ до системи для клієнтів здійснюється через рівень API (Gate Away). Кожна служба має власну базу даних разом із власним контекстом ізоляції. Усі служби спілкуються один з одним через єдиний Gate Away.

Іншим елементом у структурі Gate Away є менеджер черги між службами в середині мережі, головним завданням якої є гарантувати, що всі служби отримують кожен запит – жоден запит не буде втрачено. У разі втрати запити потрапляють в окремий потік, де їх може забрати оператор.

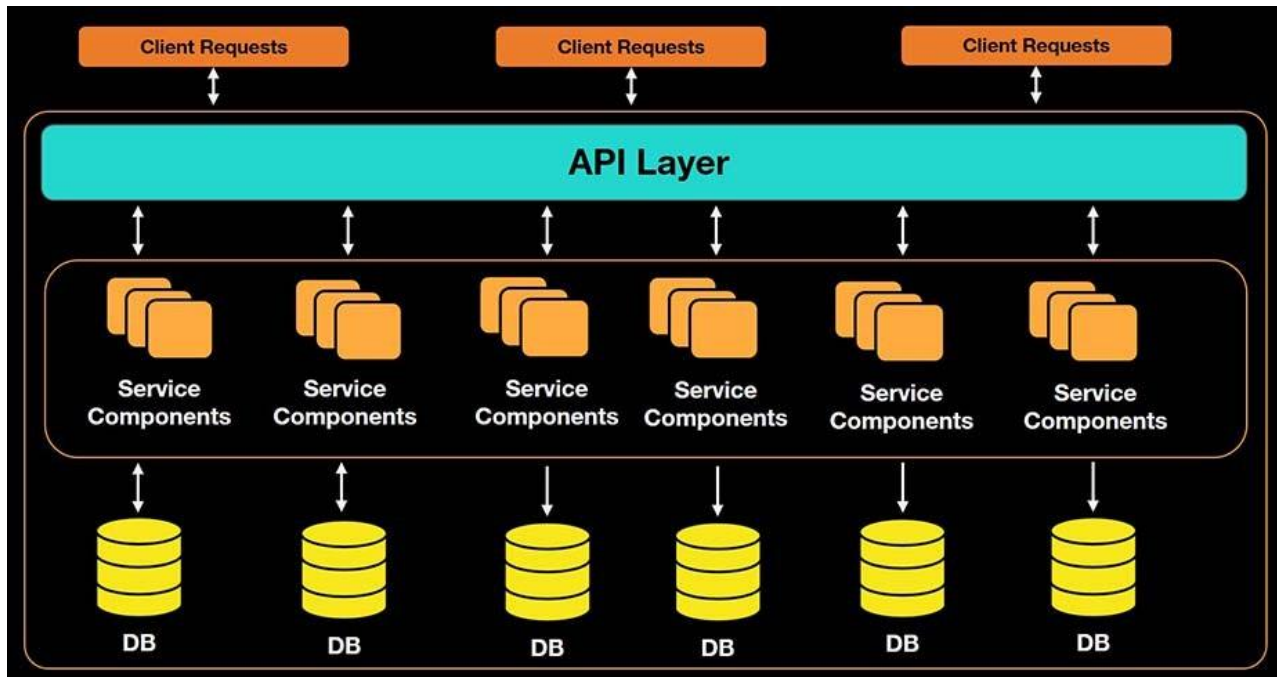


Рисунок 4.5 – Архітектура розподіленої системи

4.3 Мікросервісна архітектура

Кожна служба відобразатиметься як окрема програма, але створена за допомогою сучасної та надійної платформи Microsoft. Надається свого роду SDK, побудований на основі ASP.NET 6, який є надійною та перевіреною зброєю для розробки веб-служб.

Цей набір технологій успадковує перевагу використання багатьох функцій, які вже існують і включені в середовище: інструменти для впровадження залежностей, використання часу функції журналювання тощо. Архітектура та функціональні можливості кожної програми проілюстровані на рисунку 4.6.

ASP.NET 6 покладається на два шаблони проектування: MVC і API. API схеми — це не що інше, як група кінцевих точок. Застосуємо наступні шаблони до веб-сервісів без будь-якого інтерфейсу користувача. Для сервісів з інтерфейсом користувача будемо використовувати шаблон MVC. Ось компоненти шаблону MVC.

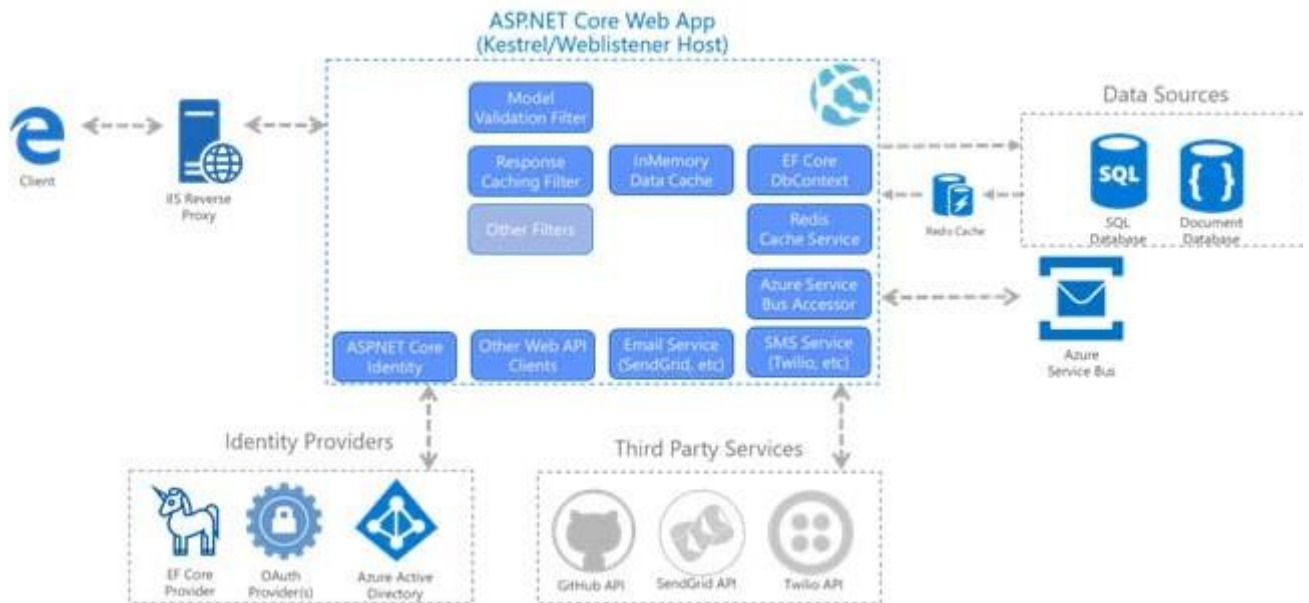


Рисунок 4.6 – Архітектура ASP.NET 6

Контролер — це клас у програмі, який інкапсулює обробку логіки користувача та підключення до бази даних, а також функції відтворення. Саме цей клас приймає «рішення», яку сторінку відправити назад користувачеві.

Презентація насправді є візуальною частиною або інтерфейсом користувача програми. Зазвичай це HTML-сторінка, яку будь-який користувач може переглянути після входу на будь-який веб-сайт.

Представлення — це HTML-інтерфейс користувача для програми. Це те, що повертає контролер. Зазвичай контролер повертає HTML-сторінку для представлення інтерфейсу користувача, однак вона має бути відтворена з об'єкта перегляду.

Модель — це об'єкт, який використовується для транспортування даних і не має спеціального форматування. Він використовується лише для передачі пов'язаних даних до/від клієнта

Умовна структура програми, реалізованої в шаблоні MVC, наведена на рисунок 4.7

ASP.NET 6 орієнтований на сервісні програми; тому структурування файлів має бути максимально зручним для обслуговування. Давайте подивимося на файлову структуру порожнього проекту, створеного за шаблоном MVC.

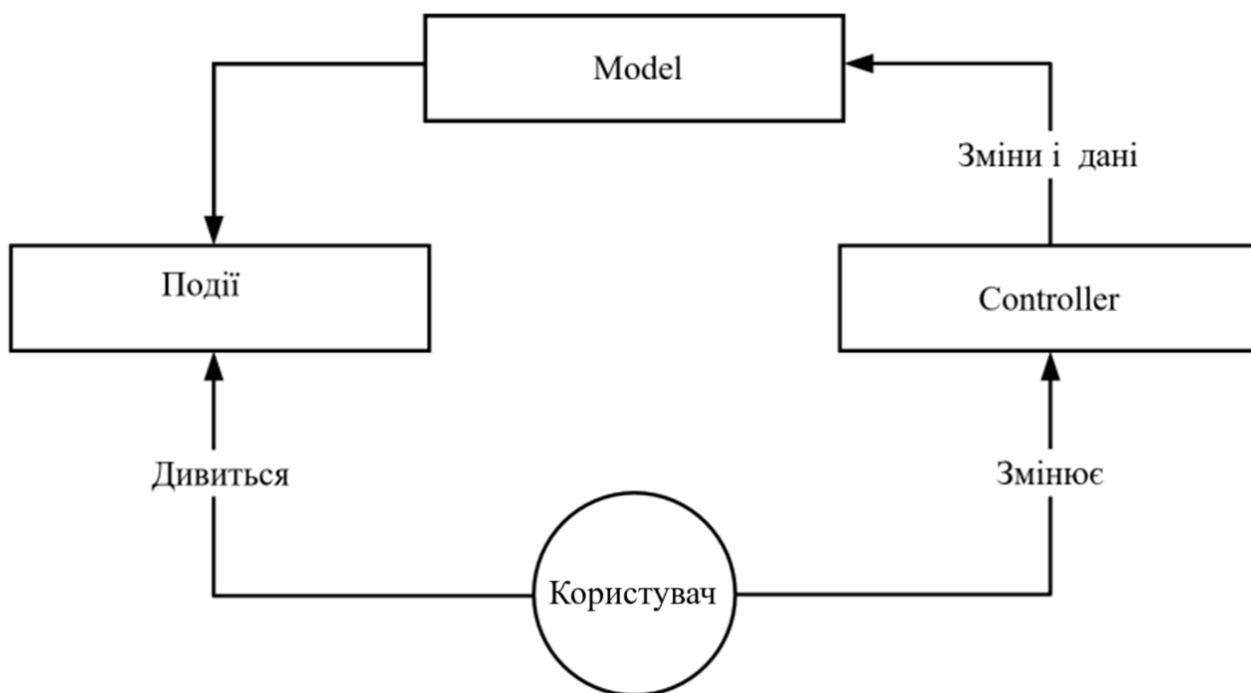


Рисунок 4.7 – Схема роботи шаблону MVC

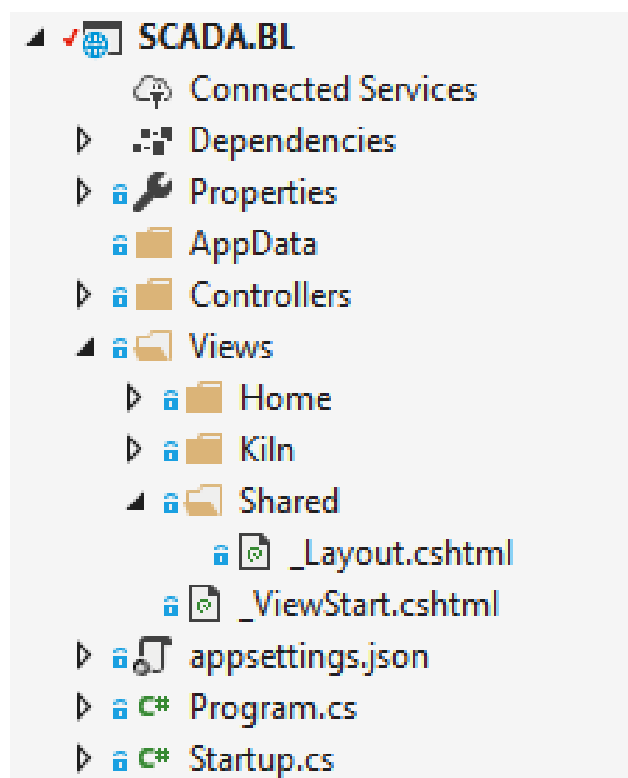


Рисунок 4.8. Структура ASP.NET 6 проекту створеного за шаблоном MVC

Класи поділяються на дві основні категорії в структурі розділів проекту ASP.NET 6, яку можна побачити на рисунку 4.8. З них обговоримо наступне:

Контролери: це каталог, де користувачі визначають свої кінцеві точки.

Усі вони повинні мати суфікс контролера в назві.

Індекс – часткове подання, яке буде включено до центрального подання за допомогою вбудованого методу. Кожне представлення, укладене в розділі, повинно знаходитися в каталозі, що відповідає імені контролера, і мати назву, аналогічну дії в контролері.

Користувачі створюють перегляди в папці переглядів. Ці представлення вже прив'язані до контролера внутрішніми механізмами, що діють на представлення. Подання має бути в папці з тим же ім'ям, що й у контролера та дії в контролері.

Розглянемо приклад використання мікросервісів для запису температури у вапняковій печі. Цей мікросервіс надає два контролери: `Home`, який відображає інформацію оператора на екрані, і `Kiln`, який є відкритим API для реєстрації даних із контролерів.

Давайте детальніше зануримося в аналіз того, що все пропонує контролер `Lime Kiln` щодо API:

- температура – показує необхідні значення температури в даних MNK;
- печі – список інформації для всіх контролерів печей, зареєстрованих у системі;
- температура - POST, за допомогою якого можемо додавати записи до бази даних;
- температура – GET, щоб отримати останнє значення температури, додане до бази даних.

Мабуть, найважливішим у роботі контролера вапнякової печі є зв'язок з базою даних; отже, приклад структури бази даних і трьох основних таблиць показано на рисунку 4.9.

Структура таблиці бази даних містить таблицю під назвою `_EFMigrationsHistory` – ця таблиця фактично додана механізмом міграції `Entity Framework Core (EF)`, `Kilns` – ця таблиця містить усі печі, `Temperatures` – пов'язана таблиця печей, яка містить перелік температур.

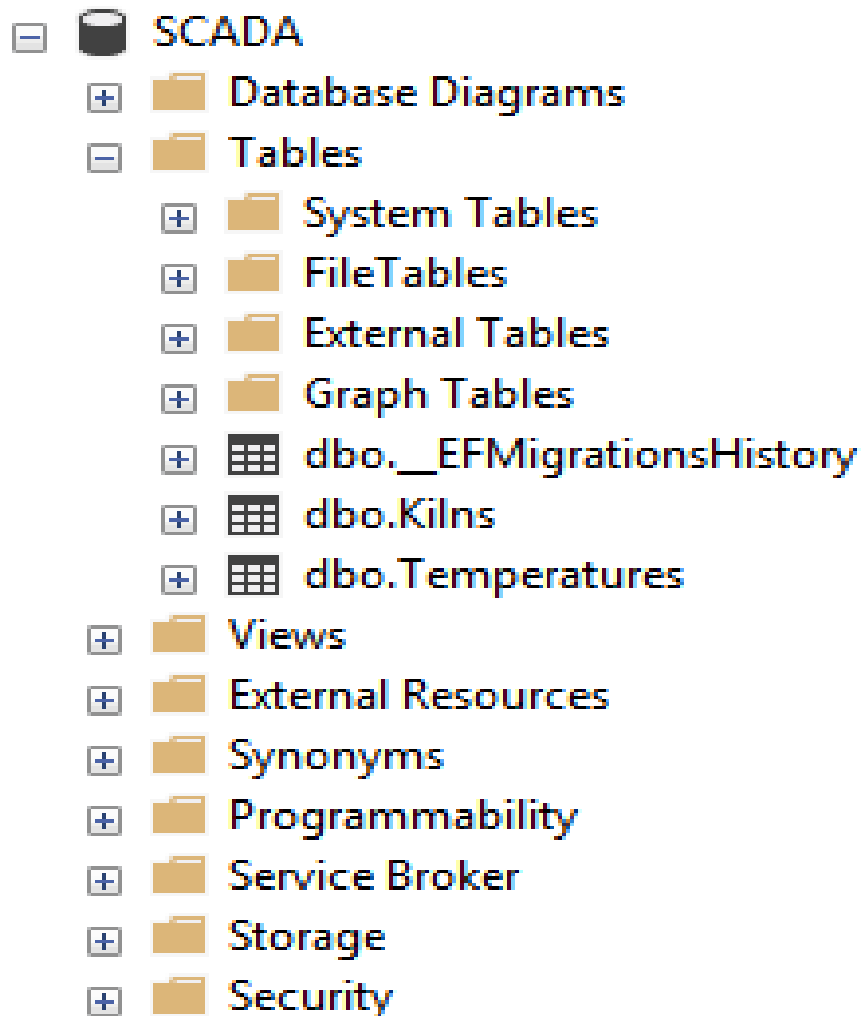


Рисунок 4.9 Структура БД в MS SQLServer Management Studio

Entity Framework — це передова об'єктно-орієнтована технологія з .NET Framework для роботи з даними. Як правило, в інструментах ADO.NET це ручне створення підключень, команд тощо для взаємодії з базою даних. Навпаки, Entity Framework працює на вищому рівні абстракції, працюючи безпосередньо з базою даних. Entity Framework працює безпосередньо незалежно від стратегії зберігання. Можливість робити щось безпосередньо з таблицями, індексами, первинними ключами та зовнішніми ключами, але на рівні Entity Framework все робиться з точки зору об'єктів. Для безпечного використання бази даних, а також щоб уникнути непотрібних повідомлень про помилки внаслідок розвитку бази даних, була розроблена бібліотека доступу до бази даних.

На рисунку 4.10 представлена архітектура реалізації бібліотеки доступу до даних, яка включає два основні інтерфейси: Repository та UnitOfWork.

Одним із найпопулярніших шаблонів проектування в операціях з даними є шаблон репозиторію. Репозиторії допомагають абстрагуватися від конкретного підключення до певного джерела даних, з яким працює програма, діючи як посередник між класами, які безпосередньо взаємодіють з даними, та рештою програми.

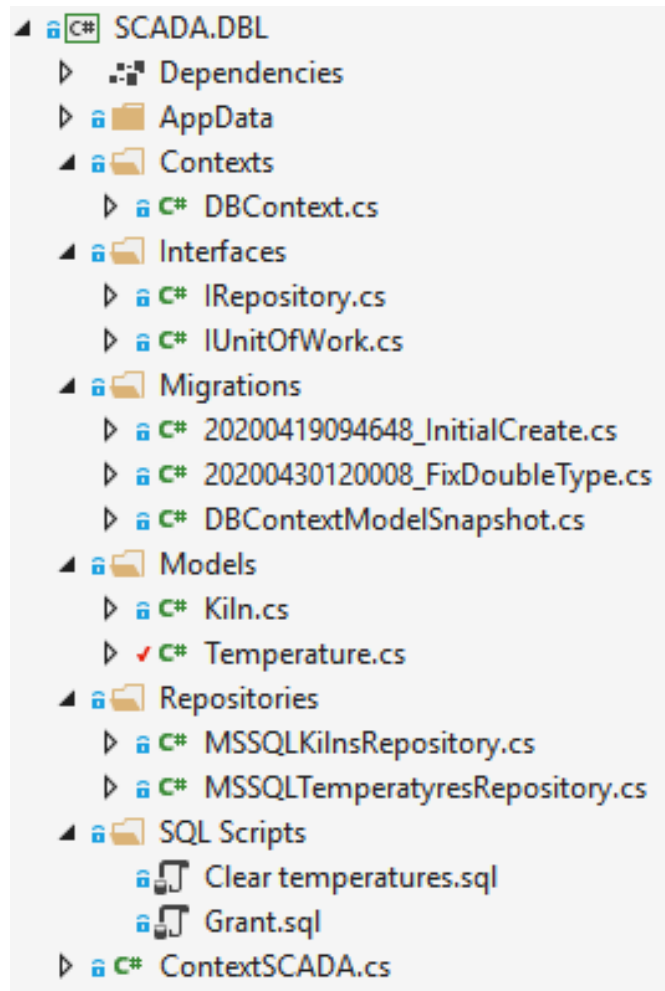


Рисунок 4.10. Структура бібліотеки що взаємодіє з БД

Програми ASP.NET MVC зазвичай використовують шаблон Repository для обгортання логіки використання джерел даних. Часто працюємо з багатьма сутностями та моделями; тому для роботи з цими сутностями та моделями створюється багато класів репозиторіїв. Крім того, він приховує деталі керування цими різними сховищами та гарантує, що всі сховища спільно використовують той самий контекст даних. Конкретна реалізація шаблону одиниці роботи зображена на рисунку 4.11 нижче.

Заміна джерела даних певною реалізацією інтерфейсу не потребує будь-яких радикальних змін програмного коду. Це просто накладає єдиний інтерфейс.

```
public ContextSCADA()
{
    _dB = new DBContext();
    Kilns = new MSSQLKilnsRepository(_dB);
    Temperatures = new MSSQLTemperatyresRepository(_dB);
}
```

5 references

```
public IRepository<Kiln> Kilns { get; }
```

7 references

```
public IRepository<Temperature> Temperatures { get; }
```

Рисунок 4.11 Взаємозв'язок між IRepository та його конкретною реалізацією

```

/***** Script for SelectTopNRows command from SSMS *****/
SELECT TOP (1000) [Id]
    ,[Time]
    ,[Value]
    ,[KilnId]
FROM [SCADA].[dbo].[Temperatures]

```

120 %

Results Messages

	Id	Time	Value	KilnId
1	37685	2020-05-11 20:02:28.0000000	25,75	1
2	37686	2020-05-11 20:02:30.0000000	25,75	1
3	37687	2020-05-11 20:02:33.0000000	25,75	1
4	37688	2020-05-11 20:02:35.0000000	25,75	1
5	37689	2020-05-11 20:02:43.0000000	25,75	1
6	37690	2020-05-11 20:02:45.0000000	25,75	1
7	37691	2020-05-11 20:02:46.0000000	25,25	1

Рисунок 4.12 Результат запиту до БД

У програмі є два основних типи моделей: нагрівальна і температура. У програмі відповідальними є класи Kiln і Temperature.

4.4 Взаємодія з об'єктом керування

Система моделювання була розроблена для моделювання роботи пристрою з використанням наступних модулів, побудованих навколо апаратної програмованої платформи Arduino:

Експертна система була розроблена на апаратній і програмній платформі Arduino для імітації функціонування, дуже схожого на реальний пристрій. Наступні додаткові модулі були включені для використання всіх функцій:

- Arduino Uno – використовується для виконання функцій програмованого логічного контролера;
- MAX6675, аналого-цифровий перетворювач 12 біт, який допомагає перетворювати сигнали типу термопари в цифрову форму;
- використовується термопара типу K;
- ESP8266-01 – модуль для підключення інтерфейсу Wi-Fi;
- DS3132 – годинник реального часу.

Усі компоненти з'єднані відповідно до наведеної схеми на рисунку 4.13.

Апаратне і програмне середовище для мікроконтролерів, заснована на контролерах сімейства Atmel. Дана модель Atmega 328. На платі контролера є вбудовані інтерфейси SPI, I2C, UART, 13 дискретних виводів, 5 аналогових значень і дві лінії подачі живлення: 3,3 В і 5 В.

ESP8266-01 — повний контролер із власним програмним забезпеченням керування. Це інтерфейс до апаратної та програмної платформи Arduino через UART. Інтерфейс Ethernet можна замінити на цей модуль.

DS3132 має реєструвати час, коли беруться зразки індикаторів, і взаємодіє з Arduino через I2C.

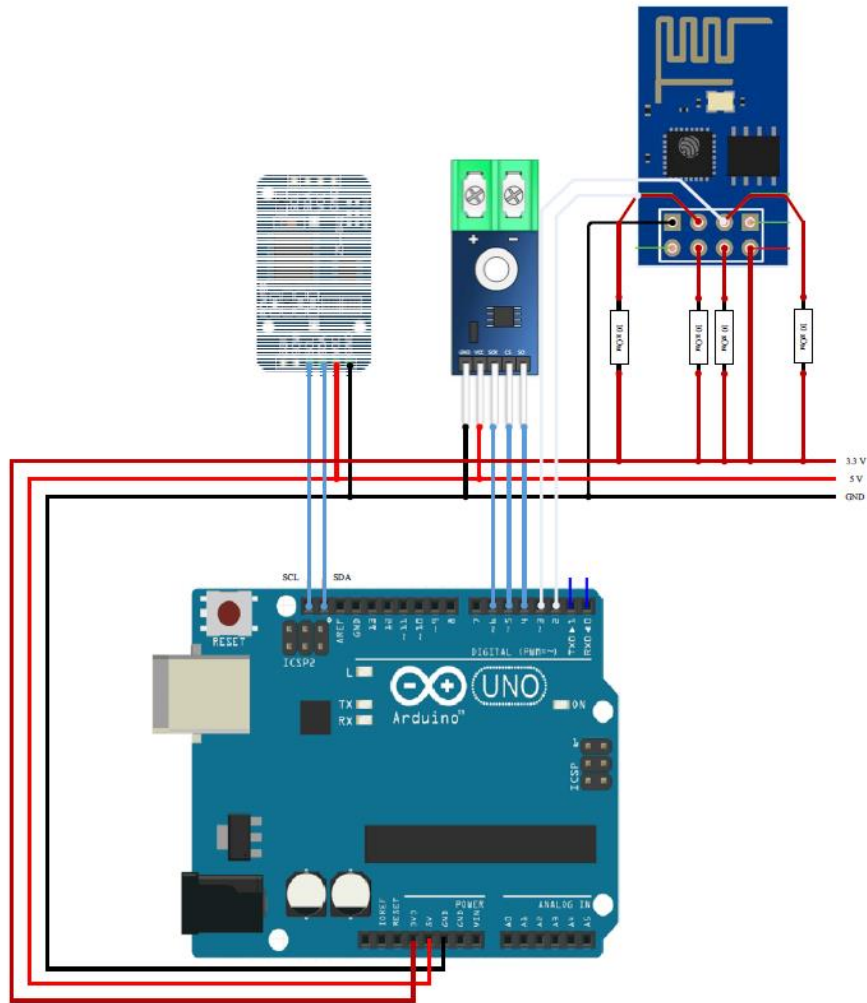


Рисунок 4.13 Схема з'єднань комутації Arduino

Оскільки термопара MAX6675 призначена для зчитування даних із термопари в цифровій формі, вона підключається до мікроконтролера за допомогою трьох комунікаційних контактів, налаштованих як інтерфейс SPI. Підключення термопари безпосередньо до мікропрограми Arduino можливе, але вбудований АЦП тут має лише 10 біт, тоді як вбудований в останньому – 12 біт.

Компанія One розробила систему на програмно-апаратній платформі Arduino для експертів, яка може симулювати роботу контролера в будь-якій ситуації за правилами нечіткої логіки. Програма втілює всі терміни нечіткої логіки для кожної лінгвістичної змінної. Програма динамічно обчислює модифікацію нечіткого набору в правій частині правила, а потім

Значення керуючої змінної отримується контролером за допомогою суперпозиційного підсумовування нечітких множин.

4.5 Висновки до четвертого розділу

Розроблено трирівневу систему SCADA та експертну систему на базі апаратно-програмної платформи Arduino. Дані відображатимуться миттєво, оскільки контролер постійно опитується з окремої сторінки. Колір тексту зміниться на червоний, якщо температурний діапазон виходить за межі вказаного діапазону.

Розроблена система контролю та контролю гарантує забезпечення виробництва ацетилену на необхідному високому рівні. Пропонується, щоб система була налаштована з інтерфейсом «людина-машина» з високим рівнем зручності використання, щоб вона не обтяжувала оператора надто великою кількістю інформації для обробки. Розроблена експертна система на основі нечіткої логіки може дозволити експерту продемонструвати свій досвід у будь-який час, коли він вважає це за потрібне.

ВИСНОВКИ

У роботі представлено проект автоматизації виробництва ацетилену за допомогою процесу «вода на карбіді кальцію». У дипломній роботі також наведено принципову конструкцію керування електродвигуном та пристроєм блокування обладнання регулятора. Основним обладнанням цього виробництва є піч для випалювання вапна, яка розміщена на початку цього виробництва, тому, якщо щось піде не так з піччю для випалювання вапна, це безпосередньо вплине на вихід продукту. Таким чином, розроблено математичну модель з використанням печі як контрольованої установки та каналів збурень, щоб побудувати статичні та динамічні характеристики керованої установки через канали керування.

Це три режими відповідно до математичних моделей, на які повинен бути встановлений регулятор: із заданим показником волатильності, за допомогою методу Циглера-Ніколса. Розроблено експертну систему під мікроконтролер Arduino.

В першому розділі розглядаються основи виробництва ацетилену. Наведено опис устаткування для синтезу ацетилену із вказанням усіх етапів виготовлення кінцевого продукту.

Розглянуті питання постановки задачі автоматизації устаткування для виробництва ацетилену. Визначені основні проблеми які можуть виникнути при вирішенні даної задачі.

Приведено опис задачі на програмування устаткування. Визначені усі аспекти які необхідно вирішити.

У другому розділі проведено опис технологічних параметрів які необхідно контролювати, регулювати та сигналізувати. Наведена розробка схем керування електродвигуном, блокування устаткування технологічного.

Проведено математичне моделювання печі випалу вапна. Виконане математичне моделювання статичного режиму та моделювання динамічного режиму. Виконано синтез та дослідження системи керування устаткуванням виробництва ацетилену.

У третьому розділі створено систему нечіткого керування виробничим устаткуванням. Для розв'язання цієї задачі було створено системи нечіткого керування. Обрано та описано обрання лінгвістичних змінних. Було зроблено створення нечіткої математичної моделі об'єкта керування. Розроблено продукційні правила для системи нечіткого керування. Результати реалізації засобами MatLab наведено по закінченню роботи по створенню систему нечіткого керування виробничим устаткуванням.

У четвертому розділі розроблено трирівневу систему SCADA та експертну систему на базі апаратно-програмної платформи Arduino. Дані відображатимуться миттєво, оскільки контролер постійно опитується з окремої сторінки. Колір тексту зміниться на червоний, якщо температурний діапазон виходить за межі вказаного діапазону.

Розроблена система контролю та контролю гарантує забезпечення виробництва ацетилену на необхідному високому рівні. Пропонується, щоб система була налаштована з інтерфейсом «людина-машина» з високим рівнем зручності використання, щоб вона не обтяжувала оператора надто великою кількістю інформації для обробки. Розроблена експертна система на основі нечіткої логіки може дозволити експерту продемонструвати свій досвід у будь-який час, коли він вважає це за потрібне.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- 1 Лукінюк, М. В., Автоматизація типових технологічних процесів [Текст]: технологічні об'єкти керування та схеми автоматизації: навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл., які навчаються за напрямом «Автоматизація і комп'ют.-інтегр. технології» – К.: НТУУ «КПІ», 2008. – 236 с.
- 2 Лукінюк, М. В., Технологічні вимірювання та прилади [Текст]: Навч. посіб. – К.: ІВЦ “Видавництво «Політехніка»”, 2007. – 436 с.
- 3 К.Н. Ткачук, М.О. Халімовський, В.В. Зацарний, Д.В. Зеркалов, Р.В. Сабарно, О.І. Полукаров, В.С. Коз'яков, Л.О. Мітюк. За ред. К.Н. Ткачука і М.О. Халімовського Основи охорони праці [Текст]: Підручник. 2-ге видання, доповнене та перероблене. / . – К.: Основа, 2006 – 448 с.
- 4 Мікульонок І.О. Поводження з полімер-, скло- і металовмісними побутовими відходами [Електронний ресурс] : монографія / І.О. Мікульонок. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – С. 86–110.
- 5 Жученко А. І., Кваско М.З., Кубрак Н. А. Ідентифікація динамічних характеристик. Комп'ютерні методи. К.:ВІПОЛ, 2000. – 182с., іл.
- 6 Catalytic processing of plastic waste on the rise Antonio. Martín Cecilia Mondelli Shibashish D. Jaydev Javier Pérez-Ramírez. Volume 7, Issue 6, 10 June 2021, Pages 1487-1533. <https://doi.org/10.1016/j.chempr.2020.12.006>.
- 7 Кубрак А.І., Обчислення частотних характеристик за системою звичайних диференціальних рівнянь : А.І. Кубрак, Д.О.Ковалюк, Б.В. Задворний // К.: Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження. – №1(15) .– 2016, ст. 132-135.
- 8 Möllnitz S., Feuchter M., Duretek I., Schmidt G., Pomberger R., Sarc R. Processability of Different Polymer Fractions Recovered from Mixed Wastes and Determination of Material Properties for Recycling. *Polymers*. 2021; 13(3):457. <https://doi.org/10.3390/polym13030457>.
- 9 Miao Y., von Jouanne A., Yokochi A. Current Technologies in Depolymerization Process and the Road Ahead. *Polymers (Basel)*. 2021 Jan

30;13(3):449. doi: 10.3390/polym13030449. PMID: 33573290; PMCID: PMC7866858

10 Паладійчук Ю. Обґрунтування способів переробки полімерних відходів сільськогосподарського виробництва / Ю. Паладійчук, І. Телятчук // Техніка, енергетика, транспорт АПК. – ВНАУ : Вінниця, 2021. – № 4 (115). – С. 97-108.

11 Лекції. Розливка і кристалізація. URL: стали<https://uadoc.zavantag.com/text/26028/index-1.html?page=11> (дата звернення: 01.03.2021).

12 Михайлова Є. О. Аналіз методів перероблення пластикових відходів / Є. О. Михайлова, Д. М. Дейнека, Г. М. Панчева // Вісник Національного технічного університету "ХПІ". Сер.: Нові рішення в сучасних технологіях : зб. наук. пр. – Харків : НТУ "ХПІ", 2021. – № 1 (7). – С. 80-89.

13 Arun Kumar. Awasthi et al. Plastic solid waste utilization technologies: A Review. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. 2017. 263 022024. doi:10.1088/1757-899X/263/2/022024.

14 Mădălina Elena Grigore. Methods of Recycling, Properties and Applications of Recycled Thermoplastic Polymers. Recycling, 2017, Vol. 2, issue 24. doi: 10.3390/recycling 2040024.

15 Плаван В. П. Переробка полімерних відходів: сучасний стан та перспективи розвитку [Електронний ресурс] / В. П. Плаван, Б. М. Савченко, В. В. Денисюк // Київський національний університет технологій і дизайну. – 2020. – Режим доступу : <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/ecology/ecology2021/paper/viewFile/13658/11491>.

16 Zych J., Żyrek A. Vermicular cast iron production in the «Inmold» technology (in the Metalpol casting house) and the assessment of its thermal fatigue resistance. Archives of Foundry Engineering. 2011. Vol.11, Is.3. pp.255–260.

17 Term Paper on Sustainable Plastic Waste Management [Електронний ресурс] / [А. Дхакал, Н. Гурунг, М. Кафле та ін.] // Університет Катманду. – 2021. – Режим доступу :

https://www.researchgate.net/publication/353820805_Term_Paper_on_Sustainable_Plastic_Waste_Management.

18 Автоматизована система керування технологічними процесами в SCADA системі TRACE MODE 6 : навч. посіб. / І. Ш. Невлюдов, А. О. Андрусевич, В. В. Євсєєв, та ін. – Кривий Ріг : Криворізький коледж НАУ, 2018 р. – 320 с.

19 38. Електропривід сільськогосподарських машин, агрегатів та потокових ліній: Підручник / Є.Л. Жулай, Б.В. Зайцев, Ю.М. Лавріненко, О.С. Марченко, Д.Г. Войтюк; За ред. Є.Л. Жулая. – К.: Вища освіта, 2001. – 288 с.

20 Діденко, В. О. Якість функціонування системи керування гідроприводом механізму хитання кристалізатора МБЛЗ [Текст] / В. О. Діденко // НТУ "ХПІ". –2015. – С. 477-480.

21 SIMATIC Automation System S7-300. Fail-Safe Signal Modules. Manual. – Siemens, Edition 04/2006, 236 p.

22 Sio K.C., Lee C.K. Stability of fuzzy PID controllers. – IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, Part A, vol. Issue 4, Jul 1998, p. 490 – 495.

23 Skoczowski S., Domek S., Pietruszewicz, K., Broel-Plater, B. A method for improving the robustness of PID control. – IEEE Transactions on Industrial Electronics, vol. 52, Issue 6, Dec. 2005, p.1669 – 1676.

24 Smit J., Hancke G.P. The design and implementation of a general-purpose, secure, measurement and control network incorporating Internet-based access. – Proceedings of the 20th IEEE Instrumentation and Measurement Technology Conference, 2003. IMTC '03. Vol. 2, May 20-22, 2003, p. 1643 – 1647.

25 Smith O.J.M. Close Control of Loops with Dead Time. – Chemical Engineering Progress, v. 53, 1957, pp. 217-235.

26 Software functional requirements specification. Athena DeviceNet interface module. Rev. 1.40, Feb 2, 2001. – 37 p.

27 Wu S., Watanabe K., Muramatsu E., Ariga Y., Endo S. Robust stability of approximate Smith predictor control systems. – SICE 2004 Annual Conference. vol. 2, 4-6 Aug. 2004, p. 1522 – 1527.

28 Wu H., Ming J., Yang Y., Zhu S. Integrating embedded-Web technology and real-time Ethernet for modern distributed control. – Fifth World Congress on Intelligent Control and Automation, 2004. WCICA 2004. Vol. 2, June 15-19, 2004, p. 1323 – 1325.

29 Xi B., Fang Y., Chen M., Liu J. Use of Ethernet for Industrial Control Networks. – ICIEA – 1st IEEE Conference on Industrial Electronics and Applications, May 2006. – p. 1 – 4.

30 Xia F., Yin H., Wang Z., Sun Y. Function block oriented architecture for open distributed automation. – Fifth World Congress on Intelligent Control and Automation, vol. 3, June 15-19, 2004, p. 2706 – 2710.

31 Xu J., Feng X. Design of adaptive fuzzy PID tuner using optimization method. – Fifth World Congress on Intelligent Control and Automation, 2004. WCICA 2004, vol. 3, 15-19 June 2004, p. 2454 – 2458.

32 Yamamoto T., Kaneda M., Oki T., Watanabe E., Tanaka K. Intelligent tuning PID controllers. – IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics, 1995. ‘Intelligent Systems for the 21st Century’, vol. 3, 22-25 Oct. 1995, p. 2610 – 2615.

33 Yamamoto T., Fujii K., Kaneda M. A self-tuning PID controller and its application for an ethylene cracking furnace. – 2007 IEEE Conference on Emerging Technologies and Factory Automation, EFTA ‘96. Proceedings, vol. 1, 18-21 Nov 2007, p. 275 – 281.

34 Yang T.-M., Xiong S.-B. Neural network based online selflearning adaptive PID control for automatic ranging cutting height of shearer. – Proc. 2002 International Conference on Machine Learning and Cybernetics, vol. 2, 2002, p. 857 – 859.

35 Коруд В.І., Електротехніка: Підручник / В.І. Коруд, О.Є. Гамола, С.М. Малинівський; За заг. ред. В.І. Коруда. – 3-є вид., переробл. і доп. – Львів: Магнолія Плюс, 2006. – 447 с.

36 Михайленко В.Є., Інженерна та комп’ютерна графіка: Підручник / В.Є. Михайленко, В.В. Ванін, С.М. Ковальов; За ред. В.Є. Михайленка. – 6-е вид. – К.: Каравела, 2012. – 368 с.

- 37 Титаренко М.В., Електротехніка: Навчальний посібник/ М.В. Титаренко. – К.: Кондор, 2013. – 240 с.
- 38 Будіщев М. С. Електротехніка, електроніка та мікропроцесорна техніка : Підручник / М. С. Будіщев. – Львів : Афіша, 2001. – 424 с.
- 39 Колонтаєвський Ю. П. Промислова електроніка і мікросхемотехніка / Ю. П. Колонтаєвський, А. Г. Сосков. під ред. А. Г. Соскова. – Вид. 2-ге, виправл. і доповн. – Харків : ХДАМГ, 2003. – 281 с.
- 40 Теорія електропривода : Підручник / [М. Г. Попович, М.Г. Борисик, В.А. Гаврилук та ін.] ; за ред. М. Г. Поповича. – Київ : Вища шк., 1993. – 454 с.
- 41 Автоматизація технологічних процесів і системи автоматичного керування: Навчальний посібник /Барало О.В., Самойленко П.Г.,Гранат С.Є., Ковальов В.О. – К.: Аграрна освіта, 2010. – 557 с.
- 42 Костін М. О. Теоретичні основи електротехніки [Текст]: підручник у 3 т. / М. О. Костін, О. Г. Шейкіна. – Дніпро: Вид-во ДНУЗТ, 2006. – Т. 1. – 336 с; 2007.- Т.2.- 276 с; 2011. – Т.3, Ч.1. – 224 с; 2012.– Т.3, Ч.2. – 352 с.
- 43 Експлуатація машин і обладнання: Навчальний посібник / Ружицький М.А., Рябець В.І., Кіяшко В.М. та ін. – К.: Аграрна освіта, 2010. – 617 с.
- 44 Гуржій А. М. Електротехніка та основи електроніки : підручник для здобувачів професійної (професійно-технічної) освіти / А. М. Гуржій, С. К. Мещанінов, А. Т. Нельга, В. М. Співак. - Київ : Літера ЛТД, 2020. - 288 с.
- 45 Електрика та магнетизм : підручник / Л. Д. Дідух. - Тернопіль : Підручники і посібники, 2020. - 464 с. - Режим доступу : <http://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/31412..>
- 46 Автоматика та електропривод техніки реєстрації інформації [Електронний ресурс] : навч. посіб. / Г. Г. Власюк, В. М. Співак, К. О. Трапезон, В. Б. Швайчен-ко. - Київ : Освіта України, 2010. - 159 с. - Режим доступу: <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/19129>.
- 47 Колонтаєвський Ю. П. Електроніка і мікросхемотехніка : підручник / Ю. П. Колонтаєвський. - Київ : Каравела, 2006. - 384 с.

48 Макаренко В. В. Цифрова та імпульсна схемотехніка. Моделювання та аналіз : навч. посіб. для студентів, які навчаються за напрямом підготовки «Акустотехніка» [Електронний ресурс] / В. В. Макаренко, В. М. Співак ; НТУУ «КПІ». -Київ : НТУУ «КПІ», 2015. - 314 с. - Режим доступу: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/19099>.

49 Панчевний Б. І. Загальна електротехніка: теорія і практика / Б. І. Панчевний, Ю. Ф. Свергун. - 2-ге вид. - Київ : Каравела, 2004. - 440 с.

50 Воробйова О. М. Технічні засоби автоматизації: навч. посіб. / О. М. Воробйова, Ю. В. Флейта. - Одеса : ОНАЗ ім. О. С. Попова, 2018. - 208 с.

51 Бойко В. І. Мікрокомп'ютерна техніка / В. І. Бойко, А. Т. Нельга. - 2-ге вид. - Київ : Науково-методичний центр вищої освіти, 2008. - 254 с.

52 Електропривід сільськогосподарських машин, агрегатів та потокових ліній: Підручник / Є.Л. Жулай, Б.В. Зайцев, Ю.М. Лавріненко, О.С. Марченко, Д.Г. Войтюк; За ред. Є.Л. Жулая. – К.: Вища освіта, 2001. – 288 с.: іл.

53 Автоматизація технологічних процесів і системи автоматичного керування: Навчальний посібник /Барало О.В., Самойленко П.Г.,Гранат С.Є., Ковальов В.О. – К.: Аграрна освіта, 2010. – 557 с.

54 Експлуатація машин і обладнання: Навчальний посібник / Ружицький М.А., Рябець В.І., Кіяшко В.М. та ін. – К.: Аграрна освіта, 2010. – 617 с.

55 Експлуатація машин і обладнання: Навчальний посібник / Ружицький М.А., Рябець В.І., Кіяшко В.М. та ін. – К.: Аграрна освіта, 2010. – 617 с.

56 Загальна електротехніка з основами автоматики: Навчальний посібник / Т.В.Левченко. – К., 2010. – 358 с.

57 Технічний сервіс в агропромисловому комплексі: навчальний посібник / Коновалюк О.В., Кіяшко В.М., Колісник М.В. – К.: Аграрна освіта, 2013. – 404 с.

58 Електричні машини і апарати: навчальний посібник / Ю.М. Куценко,В.Ф. Яковлев та ін. – К.: Аграрна освіта, 2011. – 449 с.

59 Електроніка та мікросхемотехніка: Навчальний посібник / За ред.

проф. В.Ф. Яковлева. – К.: Аграрна освіта, 2010. – 329 с.

60 Експлуатація машин і обладнання: Навчальний посібник / Ружицький М.А., Рябець В.І., Кіяшко В.М. та ін. – К.: Аграрна освіта, 2010. – 617 с.

61 Монтаж електрообладнання і систем керування / За заг. ред. проф. Яковлева В.Ф. – К.: Аграрна освіта, 2009. – 348 с.

62 Довідникова книга з електроенергетики: навчальний посібник/ П.В. Волох, М.П. Цоколенко, Л.В. Ревенко, В.А. Грічаненко та ін. –К. : Аграрна освіта, 2014. – 506 с.

63 Електроніка і мікропроцесорна техніка / Сенько В.І., Лисенко В.П., Юрченко О.М., Лукін В.Є., Руденський А.А. — К. : «Агроосвіта», 2015. — 676 с.

64 Електропостачання агропромислового комплексу :підруч. / Козирський В.В., Каплун В.В., Волошин С.М. – К. : Аграрна освіта, 2011. – 448 с.

65 Ремонт машин та обладнання : підручник / [Сідашенко О.І. та ін.]; за ред. проф. О.І. Сідашенка, О.А. Науменка. – К. : Агроосвіта, 2014. – 665 с.

66 Механізація, електрифікація та автоматизація сільськогосподарського виробництва : підруч. у 2 т : Т 1 / А.В. Рудь, І.М. Бендера, Д.Г. Войтюк та ін. ; за ред. А.В. Рудя. – К. : Агроосвіта, 2012. – 584 с.; іл.

67 Механізація, електрифікація та автоматизація сільськогосподарського виробництва : підруч. у 2 т : Т 2 / А.В. Рудь, І.М. Бендера, Д.Г. Войтюк та ін. ; за ред. А.В. Рудя. – К. : Агроосвіта, 2012. – 434 с.; іл.

68 Комп'ютери та комп'ютерні технології : навч. посіб. Ч. 1. Програмування в математичному пакеті MathCAD / В.П. Лисенко. І.М. Болбот. – К. : Аграрна освіта, 2010. – 229 с.

69 Костинюк Л.Д. Моделювання електроприводів/ Л.Д. Костинюк, В.І. Мороз, Я.С Паранчук.. - Львів: НУ “Львівська політехніка”, 2004. - 404 с.

70 Загальна електротехніка з основами автоматики: Навчальний посібник / Т.В.Левченко. – К., 2010. – 358 с.

71 Ткачук В.І. Електромеханотроніка. Підручник/ В.І. Ткачук. - Львів: НУ “Львівська політехніка”, 2006. - 440 с.

Додаток А
**Стаття у фаховому журналі (подана до редакції журналу «Вісник
Хмельницького національного університету»)**

ФОРКУН Юрій

Хмельницький національний університет

<https://orcid.org/0000-0002-7906-4191>

forkunjuv@khnmu.km.ua

МАКАРИШКІН Денис

Хмельницький національний університет

<https://orcid.org/0000-0003-3447-811X>

makaryshkinde@khnmu.edu.ua

КОСТЮК Юрій

Вінницький технічний фаховий коледж

ПИЛИПЧУК Олександр

Хмельницький національний університет

МЕТОД АВТОМАТИЗОВАНОГО КЕРУВАННЯ ВИРОБНИЦТВОМ АЦЕТИЛЕНУ

В роботі наведено опис технологічного процесу виробництва ацетилену. Встановлено що відомі «мокрый» і «сухий» методи. Визначено, що система керування повинна мати набір датчиків, пристроїв, контролерів і станцій, які підтримують у відповідних межах усі задані у завданні технологічні параметри. Приведено функції управління системою управління, які використовують веб-сервіси для контролю усіх виробничих процесів. Показано, що система контролю за процесом виробництва ацетилену, це ризиковане виробництво, яке вимагає виконання кількох функцій, які базуються на веб-сервісах: швидкодія, захищеність, розподіленість, масштабованість. Після аналізу виробничого процесу описано схему контролю за обраним методом «Вода на карбіді» для якої визначені такі важливі контури, які слід контролювати. Проаналізувавши план виробництва та його характеристики, було вирішено, що необхідно забезпечити автоматичний контроль наступних параметрів.

Ключові слова: ацетилен, схема керування, технологічний процес, виробничий процес.

FORKUN Yuriy, MAKARYSHKIN Denys, Oleksandr PYLIPCHUK

Khmelnitskyi National University

Kostyuk Yuriy

Vinnytsia Technical Professional College

METHOD OF AUTOMATED CONTROL OF ACETYLENE PRODUCTION

The paper describes the technological process of acetylene production. It is established that the "wet" and "dry" methods are known. It is determined that the control system must have a set of sensors, devices, controllers and stations that support all the technological parameters specified in the task within the appropriate limits. The functions of the control system that use web services to control all production processes are given. It is shown that the control system for the acetylene production process is a risky production that requires the performance of several functions based on web services: speed, security, distribution, scalability. After analyzing the production process, a control scheme for the selected method "Water on carbide" is described, for which the following important contours that should be controlled are defined. After analyzing the production plan and its characteristics, it was decided that it was necessary to provide automatic control of the following parameters.

Keywords: acetylene, control scheme, technological process, production process.

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями

Ацетилен - це хімічна речовина, яка в основному бере участь у синтезі хімічних речовин. Він використовується для створення різних органічних речовин, включаючи фармацевтичні препарати, такі як вітаміни А, В та інші хімічні речовини. Газ використовується для виробництва оцтової кислоти, 1,4-бутандіолу, спиртів на основі ацетилену тощо.

У виробництві пластмас, таких як полівініліденфторид, полівінілхлорид, поліетилен, метан і етилен, обидві ці сполуки отримують з ацетилену.

Ацетилен розчинний у воді, тому його поєднання з киснем утворює вибухонебезпечну суміш з різною концентрацією, яку не можна зібрати в газових лічильниках. Газ має підвищену хімічну активність своїх компонентів, в результаті при зустрічі зі сріблом або міддю утворюються сполуки типу ацетиленіду, які вибухонебезпечні при застосуванні тиску або підвищенні температури. Ось чому невигідно використовувати матеріали, що містять мідь або срібло, під час зберігання або транспортування ацетилену. Замість них використовуються латунні клапани.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

C_2H_2 - газ менший за щільність повітря, не має запахів і безбарвний. Газ не може бути ущільнений, це тому, що коли газ ущільнюється, швидко розкладання, яке відбувається, є надто сильним і призводить до вибуху. Цей газ зазвичай зберігається в балонах, наповнених сумішшю речовин, які добре розчиняються під високим тиском, включаючи кизельгур і активоване вугілля, які також заповнені ацетоном (ацетилен є чистим під час стиснення). Під час виробництва до ацетилену додають речовини, які виробляють різкий відчутний газ, який легко вижити. Забороняється контакт газу з повітрям, тому що в цій ситуації утворюється суміш, яка здатна до непередбачуваного самозаймання, що призводить до вибуху. Як правило, температура кипіння газу становить $83,6^{\circ}C$. Стан потрійної точки досягається при тиску $961,5$ мм рт.ст. і температурою $80,55^{\circ}C$. Точна температура газу становить $35,18^{\circ}C$, а його критична температура — $36,23^{\circ}C$ при тиску $61,1$ атм.

Газ надзвичайно вибухонебезпечний, тому робота з ним призведе до підвищення температури не більше ніж на 50 градусів за Цельсієм і підвищення тиску не більше ніж на $0,2$ МПа в нормальних умовах. Газ має здатність запалюватися іскрою, яка утворюється в результаті виділення статичної напруги з тіла людини.

Молекула ацетилену характеризується високою енергією, яка є похідною від потрійного зв'язку. Крім того, газ має високу теплоємність $14\ 000$ ккал/шт. Температура верхньої частини полум'я ацетилену іноді може досягати 3000 градусів Цельсія. Газ перетворюється на інші хімічні речовини, такі як вінілацетилен, поліацетилен, бензол та інші органічні сполуки.

Ацетилен схильний до втрати атомів водню, що призводить до набуття кислотних властивостей у реакціях. У результаті в реакції з розчинами ефіру бромід метилмагнію замінює атоми метану, утворюючи розчин, який містить іон ацетиленіду. Під час реакції з солями срібла та одновалентної міді відкладаються легкозаймісті речовини.

Опис технологічного процесу виробництва ацетилену

Залежно від сценарію виділяють кілька способів отримання $CaCO_3$:

1. «Мокрий метод» походить від методу «карбід у воді», цей метод передбачає додавання карбіду до надлишку води, яка вже є в редакторі (понад 10 м³ на 1 тону карбіду). Під час реакції виділяється велика кількість теплоти, яка відводиться шляхом нагрівання води в реакційній посудині до температури $50-60^{\circ}C$. Даний спосіб виробництва призводить до отримання готового продукту - гідроксиду кальцію, який виготовляється у вигляді суспензії, яка містить 30% речовини, а решта - вода. Транспортування і подальша обробка суспензії утруднена, як наслідок, цей спосіб дуже витратний, непрактичний і не ефективний. Через неефективність запропонованого методу його подальше використання не розглядатиметься.

«Сухий метод» походить від методу «вода на карбіді». Цей метод передбачає подачу певної кількості карбіду в реактор, а потім додавання до нього води для гідратації. Значна кількість тепла відводиться через випаровування води, яка додається до ядерного реактора. Кінцевий продукт цієї технології виводиться з

пристрою у вигляді порошку, об'єм якого становить не більше 5% від загального об'єму. Залишки виробничого процесу (пушонка) призначені для повторного використання та багаторазового покращення. Крім того, пух можна використовувати в будівництві. Отримане гашене вапно в масових кількостях становить 2/3 від загального обсягу вапна, що використовується у виробництві. Завдяки численним можливим застосуванням цей метод є економічним і поширеним.

При виготовленні ацетилену методом «вода на карбіді» одержуваний продукт має високу концентрацію (до 99,5% чистого газу), внаслідок чого утворюється велика кількість пилу, сірководню, фосфіну та амікових домішок. виробляється. Для видалення домішок ацетилен видаляють із системи в скруберах шляхом промивання водою, що містить розчин хлориду натрію і хлору. Ця процедура призначена для усунення можливих процесів оксиду хлору.

Для отримання газу використовуються установки за методом «вода на карбіді» з високою продуктивністю до 2000 м³/год. Крім того, виробництво вимагає невеликої кількості електроенергії, до 104 кВт/год на тонну готової продукції.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується стаття

Для успішного виконання всіх технічних стандартів, пов'язаних з безпекою, необхідно розробити автоматизовану систему управління виробництвом ацетилену, яка буде відповідати всім умовам безпеки, пов'язаним з цією хімікатом.

Формулювання цілей статті

Мета роботи полягає у створенні системи контролю за процесом виробництва ацетилену. Для досягнення високих стандартів безпеки на небезпечних роботах використовуються новітні методи розробки програмного забезпечення. Для коректної роботи системи використовуються сучасні технологічні засоби автоматизації.

Виклад основного матеріалу

Сучасні виробничі процеси поєднують ряд етапів від закупівлі сировини до виробництва готової продукції. Основними стадіями є прожарювання вапна, карбідне виробництво вапна, регенерація вапна, виробництво ацетилену, очищення вапна.

Процедура створення ацетилену методом «вода на карбіді» являє собою ряд складних етапів, які потребують обробки вхідного матеріалу. Контроль за кожним етапом виробництва передбачає огляд, вивчення та дослідження змін кількох технологічних атрибутів стану системи. Дані, отримані в результаті дослідження значень параметрів, використовуються для створення системи управління процесом, яка повинна підтримувати бажані параметри на певному рівні, розробка служби контролю, моніторингу та впливу на хід процесу - все це розглядається. Виходячи із завдання, система повинна мати набір датчиків, пристроїв, контролерів і станцій, які зберігають у відповідних межах усі задані у завданні технологічні параметри.

Функції управління системою:

- збільшення кількості автоматизованих процесів;
- зниження участі персоналу у виробничому процесі;
- підвищення економічної доцільності виробництва.
- значне підвищення надійності та нагляду за виробництвом.
- контроль за процедурою через комплексну систему веб-сервісів.

Для вирішення заявлених проблем необхідно налаштувати параметри вхідного та вихідного режимів, інакше буде втрачена методика технологічної операції та неможливо буде використовувати підхід «вода на карбід». Наступним кроком є визначення технологічних порогів, які вимагають нагляду, сигналу та блокування.

Наступний етап включатиме розробку систем управління, які використовують веб-сервіси для контролю всіх виробничих процесів. Процедура вирішення питань програмування розглядається в наступному розділі.

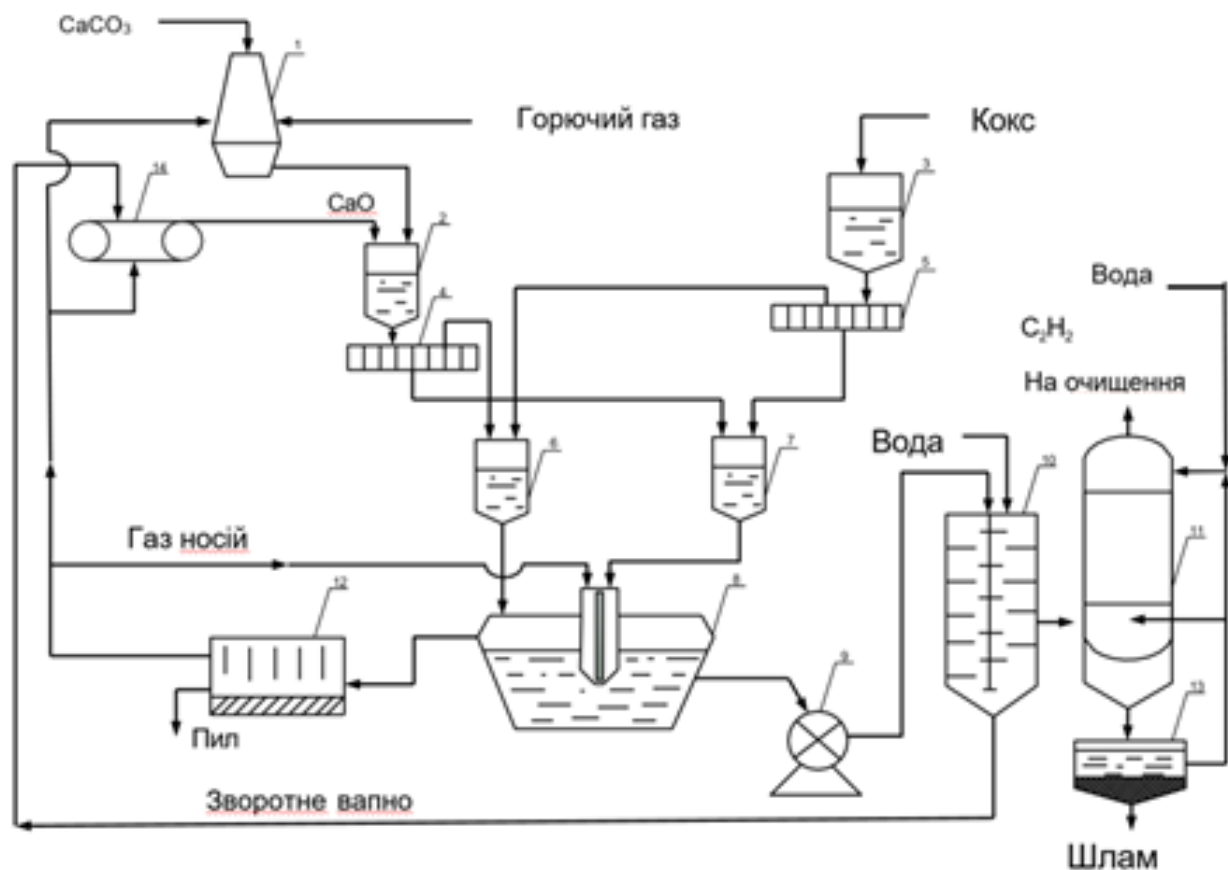


Рис.1. Технологічна схема процесу виробництва ацетилену

1 – обпалювальна піч, 2 – бункер оксиду кальцію, 3 – бункер коксу, 4, 5 – грохоти, 6 – завантажувальний бункер звичайної шихти, 7 – завантажувальний бункер дрібної шихти, 8 – порожнистий електрод печі, 9 – карбідна піч, 10 – дробарка, 11 – сухої генератор, 12 – очисний скруббер, 13 – установка сухого очищення газу, 14 – машина для кальцинування зворотного вапна, 15 – відстійник вапняного шламу

Постановка задач програмування

- Вивчивши кілька вітчизняних компаній, які виробляють ацетилен, ми прийшли до висновку, що більшість із них мають системи контролю старіння, а також деякі функції, які можна покращити в цих системах:
- Перевантажена та застаріла панель керування, яка має численні датчики та пристрої, за якими оператор повинен спостерігати.
- Пульт управління великий і займає багато місця в кімнаті оператора, яке можна більш ефективно використовувати.
- Велика кількість схем і вузлів, які схильні до корозії, складні в обслуговуванні і дуже складні в установці, тому що легко помилитися.

Перелічені ознаки можуть спричинити вихід обладнання з ладу, втрату контролю та нездатність керувати технологічним процесом, перевантаження оператора та травми. Використання таких систем у сучасних організаціях не санкціонується через вартість безпеки, і дуже дорого підтримувати через масштабність.

Негативні аспекти, які були згадані раніше, призводять до багатьох проблем, які потрібно вирішувати сучасними методами. Одним із найсучасніших підходів є використання АСК ТП для спостереження, аналізу, регулювання та контролю технологічних аспектів виробництва.

Для побудови сучасного АСУ ТП можна використовувати одну з сучасних і найпопулярніших технологій – веб-сервіси. За допомогою веб-сервісів можна створити дуже складну, відмовостійку, розподілену систему. Система, яку сприяють веб-сервіси, дозволить збирати дані з усіх частин виробництва, кожна частина матиме власну систему збору даних, оператор зможе контролювати кожну частину окремо, окремі контролери будуть відстежуватися, а дії будуть повинні бути прийняті оператором.

Система контролю за процесом виробництва ацетилену, це ризикове виробництво, яке вимагає виконання кількох функцій, які базуються на веб-сервісах, а саме:

- швидкодію;
- захищеність;
- розподіленість;
- масштабованість.

Через розподіл і відсутність синхронізації швидкість системи залежатиме лише від швидкості баз даних. Усі запити оброблятимуться паралельно, а операторам інформація надходитиме майже одночасно. Оскільки індикатори безпеки вимагають, щоб система була обмежена локальною зоною, інформація буде негайно передана по мережі.

Щоб запобігти потенційному вторгненню в систему, усі компоненти використовують пряме з'єднання між собою, яке обмежене відстанню до 100 м, а також бездротову мережу, яка виникає на більшій відстані, але з'єднання здійснюється в режимі екранована локальна мережа, підключається тільки обладнання. Крім того, вимкнені вузли використовуються для збільшення відстані до 100 м і більше для зв'язку з контролерами. Швидкість передачі даних по локальній мережі становить 1 Гбіт/с. Для спілкування з користувачами система використовує лише закритий API і надає кожному користувачеві авторизацію. Усі користувачі мають «ролі», пов'язані з ними, ці ролі мають різні рівні доступу до певних частин системи.

Щоб підвищити надійність і узгодженість реагування системи, а також досягти розподілу, кожен з окремих компонентів системи може бути повторений, якщо відмова, наприклад, одного з окремих компонентів системи призводить до того, що система не вдається, тоді обов'язки будуть передані іншому компоненту.

Крім того, масштабування системи просте. Оскільки кожен компонент системи є окремою веб-службою, просте збільшення кількості запущених програмних продуктів на два збільшить загальну пропускну здатність системи вдвічі. Також є можливість дублювати окремі вузли програмного забезпечення, які є дуже заповненими, це зменшить навантаження та краще розподілить його між ними.

Проаналізувавши план виробництва та його характеристики, було вирішено, що необхідно забезпечити автоматичний контроль наступних параметрів:

- витрата пального, що надходить в піч спікання;
- витрата оксиду кальцію, що виходить з топки випалу;
- вміст оксиду кальцію в силосі;
- рівень коксу в проміжному бункері;
- рівень рідини більшої частини шихти в проміжному силосі;
- рівень рідини невеликої частини шихти в проміжному силосі;
- температура в печі середньої карбонізації;
- тиск на виході з установки сухого газоочистки.

Контроль і налаштування параметрів:

- витрата вапняку, що надходить у випалювальну піч;
- витрата зворотного газу, що надходить в піч спікання;
- температура в середній печі;
- витрачають невелику частину шихти, що надходить в карбідну піч;
- витрачають більшу частину шихти, що надходить в карбідну піч;
- витрата зворотного газу, що надходить в карбідну піч;
- витрата карбиду, що надходить в сушильний генератор;

- витрата води, що надходить в сушильний генератор;
- рівень реакційної суміші в сухому генераторі;
- витрата ацетилену на вході в скруббер;
- витрата води на вході в скруббер;
- коефіцієнт зворотного потоку скрубера;
- рівень води в скруббері;
- рівень осаду в відстійнику;

Технічні сигнали для наступних параметрів:

- температура в печі випалу;
- витрата CaO на виході з печі випалу;
- вміст CaO в силосі;
- рівень коксу в бункері;
- рівень рідини більшої частини шихти в силосі;
- рівень мілького завантаження в бункер;
- температура всередині карбідної печі;
- тиск на виході з пристрою підготовки сухого газу;

Схема процесу виробництва ацетилену методом «гідроелектричного каменю» має багато важливих ланцюгів управління, сигналізації та регулювання параметрів процесу.

Після аналізу виробничого процесу складено схему за обраним методом «Вода на карбіді» для якої визначені такі важливі контури, які слід контролювати:

Контур 1 необхідний для регулювання та контролю потоку CaCO_3 , що надходить у вапнякову піч. Він поєднує: вимірвальну частину витратоміра; регулятор; пристрій ручного керування; Електропневматичний перетворювач; Індикатор положення приводу.

Контур 2 необхідний для регулювання і контролю зворотного потоку газу в піч для обпалювання вапняку і включає: камерну діафрагму; пропорційний регулятор; Пристрій ручного керування, Пристрій виконання, Індикатор положення.

Контур 3 необхідний для контролю надходження горючого газу в вапнякову піч 1 і поєднує в собі: камерну діафрагму;

Контур 4 необхідний для живлення, сигналізації, контролю та регулювання температури в печі для випалювання вапняку і комбайнах: регулятор напруги (термопара); електропневматичний перетворювач, актуатор;

Контур 5 необхідний для контролю надходження CaO в піч для обпалювання вапняку 1 і поєднує в собі: датчик витратоміра і допоміжний пристрій.

Контур 6 необхідний для контролю рівня CaO, що знаходиться в бункері і поєднує в собі: детектор іонізації; блок обробки сигнальної інформації.

Контур 7 необхідний для забезпечення контролю рівня коксу, що знаходиться в бункері і поєднує в собі: детектор показника рівня іонізації; допоміжний пристрій;

Контур 8 необхідний для забезпечення контролю рівня рідини в бункері 6 і поєднує в собі: сигналізатор рівня іонізованої рідини; блок обробки сигнальної інформації; пристрій.

Контур 9 необхідний для контролю рівня мілького заряду, що знаходиться в бункері і поєднує в собі: детектор сигналізації рівня іонізації; блок обробки сигнальної інформації.

Схема 10 необхідна для контролю і регулювання витрати невеликої порції шихти, що надходить в піч карбідну кальцію, і об'єднує: вимірвальну частину витратоміра; частину обробки інформації витратоміра; пристрій ручного керування; електропневматичний перетворювач; показник положення актуатора.

Контур 11 необхідний для забезпечення контролю і регулювання витрати більшої частини шихти, що надходить в піч карбідну кальцію, і об'єднує: вимірвальну частину витратоміра - частину обробки

інформації витратоміра - регулятор; Електропневматичний перетворювач; Індикатор положення приводу.

Контур 12 необхідний для контролю і регулювання потоку зворотного газу, що надходить в піч з карбідом кальцію, і включає в себе: камерну діафрагму; датчик вимірювання перепаду тиску; блок ручного керування, виконавчий пристрій, індикатор положення.

Контур 13 необхідний для забезпечення контролю температури в печі карбиду кальцію 8 і включає: теплообмінник, допоміжний пристрій індикації та реєстрації;

Контур 14 необхідний для індикації тиску на виході з установки сухого газоочистки і суміщений з: камерною діафрагмою; тензорним датчиком тиску; пристроєм автоматичної індикації та реєстрації.

Контур 15 необхідний для забезпечення контролю і регулювання потоку карбиду кальцію, що надходить в сушильний генератор, і поєднує в собі: вимірювальну частину витратоміра, частину обробки інформації витратоміра; регулятор; пристрій ручного керування, Електропневматичний перетворювач, Індикатор положення приводу.

Контур 16 необхідний для регулювання і контролю витрати води і карбиду кальцію, що надходить в сушильний генератор, і включає в себе: камерну діафрагму, датчик вимірювання перепаду тиску; регулятор; блок ручного керування, Електропневматичний перетворювач; Індикатор положення приводу.

Контур 17 необхідний для забезпечення регулювання і контролю рівня рідини реакційної суміші, що надходить в сухий генератор, і включає в себе: вимірювальну частину витратоміра, частину обробки інформації витратоміра; регулятор; Електропневматичний перетворювач; Індикатор положення.

Контур 18 необхідний для регулювання і контролю потоку ацетилену, що надходить в скрубєр, і поєднується з: камерною діафрагмою; датчиком перепаду тиску; допоміжним пристроєм; блок управління, виконавчий пристрій,

Контур 19 необхідний для регулювання витрати води в скрубєрі і поєднує в собі: камерну діафрагму; пристрій ручного керування;

Контур 20 необхідний для регулювання і контролю пропорції води, що надходить в скрубєр, і включає в себе: камерну діафрагму, датчик вимірювання різниці тисків, допоміжний пристрій; блок ручного керування, електропневматичний перетворювач;

Контур 21 необхідний для регулювання і контролю рівня води, що надходить в скрубєр, і поєднує в собі: головний вимірювальний датчик шумоміра; проміжний вимірювальний датчик шумоміра; допоміжний пристрій; електропневматичний перетворювач;

Контур 22 необхідний для регулювання і контролю рівня осаду, що надходить в очищувач шламу, і включає в себе: детектор сигналізації рівня іонізації - допоміжний пристрій; блок ручного керування; Електропневматичний перетворювач; індикатор положення виконавчого пристрою.

Контур 23 необхідний для дистанційного керування електродвигуном дробарки.

Контур 24 необхідний для дистанційного керування двигуном реверсивного кальцинатора .

Контур 25 необхідний для дистанційного керування двигуном екрану.

Контур 26 необхідний для дистанційного керування двигуном екрану.

Висновки з даного дослідження і перспективи подальших розвідок у даному напрямі

В роботі наведено опис технологічного процесу виробництва ацетилену. Встановлено що відомі «мокрій» і «сухий» методи. Визначено, що система керування повинна мати набір датчиків, пристроїв, контролерів і станцій, які підтримують у відповідних межах усі задані у завданні технологічні параметри. Приведено функції управління системою управління, які використовують веб-сервіси для контролю усіх виробничих процесів. Показано, що система контролю за процесом виробництва ацетилену, це ризиковане виробництво, яке вимагає виконання кількох функцій, які базуються на веб-сервісах: швидкодію, захищеність, розподіленість, масштабованість. Після аналізу виробничого процесу описано схему контролю за обраним методом «Вода на карбід» для якої визначені такі важливі контури, які слід контролювати. Проаналізувавши план виробництва та його характеристики, було вирішено, що необхідно забезпечити автоматичний контроль наступних параметрів.

Література

1. Курта С.А., Лучкевич Є.Р., Матківський М.П. Хімія органічних сполук. Підручник для вищих навчальних закладів. м. Івано-Франківськ: При-карпат. нац. ун-т ім. В. Стефаника, 2013. – 599 с.
2. Ластухін Ю. О. Органічна хімія : підруч. [для вищ. навч. закл.] / Ластухін Ю. О., Воронов С. А. – Л. : Центр Європи, 2001. – 864 с.
3. Будова і реакційна здатність органічних сполук / Ганущак М. І., Кириченко В. І., Клим М. І. та ін. – К. : НМК ВО, 1992. – 216 с.
4. Курта С.А. Хімія та технологія високомолекулярних речовин : навчально-методичний посібник / Курта С.А., Курганський В.С. – Івано-Франківськ : ВДВ ЦІТ Прикарпат. нац. ун-ту ім. В. Стефаника, 2006. – 132 с.
5. Курта С. А. Будова речовини : навчально-методичний посібник / Курта С. А. – Івано-Франківськ ; Калуш : ВДВ ЦІТ Прикарпат. нац. ун-ту ім. В. Стефаника, 2007. – 162 с.
6. Курта С. А. Хімія і технологія хлорорганічних сполук : монографія / С. А. Курта. – Івано-Франківськ : ВДВ ЦІТ Прикарпат. нац. ун-ту ім. В. Стефаника, 2009 р. – 262 с.
7. Хімія : збірник тестів для абітурієнтів, які вступають на спеціальності "Хімія" та "Агрохімія і ґрунтознавство" / Курта С. А., Лучкевич Є. Р., Матківський М. П. та ін. – Івано-Франківськ : Плай, 2005. – 184 с.
8. Лучкевич Є.Р. Хімія ароматичних азосполук : монографія / Є.Р.Лучкевич. – Івано-Франківськ : ВДВ ЦІТ Прикарпат. нац. ун-ту ім. В. Стефаника, 2013 р. – 295 с.
9. Курта С.А. Основи нафтохімії. Навчальний посібник. Друк: Голіней О.М.76008, Івано-Франківськ, вул. Галицька 128 Тел.: (0342) 58-04-32(+380505403064 – 193 с.
10. Курта С.А., Хацевич О.М. Основи квантової хімії. (навчально посібник). Рішення Вченої Ради факультету природничих наук ПНУ, протокол № 2 від «22» лютого 2018 р.-235с.

References

1. Kurta S.A., Luchkevych Ye.R., Matkivskiy M.P. Khimiia orhanichnykh spoluk. Pidruchnyk dlia vyshchykh navchalnykh zakladiv. m. Ivano-Frankivsk: Pry-karpat.nats.un-t im. V.Stefanyka, 2013. – 599 s.
2. Lastukhin Yu. O. Orhanichna khimiia : pidruch. [dlia vyshch. navch. zakl.] / Lastukhin Yu. O., Voronov S. A. – L. : Tsentr Yevropy, 2001. – 864 s.
3. Budova i reaktsiina zdavnist orhanichnykh spoluk / Hanushchak M. I., Kyrychenko V. I., Klym M. I. ta in. – K. : NMK VO, 1992. – 216 s.
4. Kurta S.A. Khimiia ta tekhnolohiia vysokomolekuliarnykh rehovyn : navchalno-metodychnyi posibnyk / Kurta S.A., Kurhanskyi V.S. – Ivano-Frankivsk : VDV TsIT Prykarpat. nats. un-tu im. V. Stefanyka, 2006. – 132 s.
5. Kurta S. A. Budova rehovyny : navchalno-metodychnyi posibnyk / Kurta S. A. – Ivano-Frankivsk ; Kalush : VDV TsIT Prykarpat. nats. un-tu im. V. Stefanyka, 2007. – 162 s.
6. Kurta S. A. Khimiia i tekhnolohiia khlororhanichnykh spoluk : monohrafiia / S. A. Kurta. – Ivano-Frankivsk : VDV TsIT Prykarpat. nats. un-tu im. V. Stefanyka, 2009 r. – 262 s.
7. Khimiia : zbirnyk testiv dlia abiturientiv, yaki vstupaiut na spetsialnosti "Khimiia" ta "Ahrokhimiia i gruntovnavstvo" / Kurta S. A., Luchkevych Ye. R., Matkivskiy M. H. ta in. – Ivano-Frankivsk : Plai, 2005. – 184 s.
8. Luchkevych Ye.R. Khimiia aromatychnykh azospoluk : monohrafiia / Ye.R.Luchkevych. – Ivano-Frankivsk : VDV TsIT Prykarpat. nats. un-tu im. V. Stefanyka, 2013 r. – 295 s.
9. Kurta S.A. Osnovy naftokhimii. Navchalnyi posibnyk. Druk: Holinei O.M.76008, Ivano-Frankivsk, vul. Halytska 128 Tel.: (0342) 58-04-32(+380505403064 – 193 s.
10. Kurta S.A., Khatsevych O.M. Osnovy kvantovoi khimii. (navchalno posibnyk). Rishennia Vchenoi Rady Fakultetu pryrodnychuykh nauk PNU, protokol № 2 vid «22» liutoho 2018 r.-235s.

РЕЦЕНЗІЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Дипломник: Пилипчук Олександр Сергійович

Тема: Метод автоматизованого керування виробництвом ацетилену

Спеціальність: 174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка»

Обсяг кваліфікаційної роботи:

Кількість сторінок записки 86

1. Короткий зміст роботи та прийнятих рішень: Метою роботи є розробка методу автоматизованого керування виробництвом ацетилену.
2. Висновок про відповідність роботи дипломному завданню: Робота повністю відповідає поставленому завданню
3. Характеристика виконання кожного розділу, ступінь використання останніх досягнень науки і техніки і передових методів роботи: В першому розділі розглядаються основи виробництва ацетилену. Наведено опис устаткування для синтезу ацетилену із вказанням усіх етапів виготовлення кінцевого продукту. Приведено опис задачі на програмування устаткування. Визначені усі аспекти які необхідно вирішити. У другому розділі проведено опис технологічних параметрів які необхідно контролювати, регулювати та сигналізувати. Наведена розробка схем керування елекродвигуном, блокування устаткування технологічного. Проведено математичне моделювання печі випалу вапна. Виконане математичне моделювання статичного режиму та моделювання динамічного режиму. Виконано синтез та дослідження системи керування устаткуванням виробництва ацетилену. У третьому розділі створено систему нечіткого керування виробничим устаткуванням. Для розв'язання цієї задачі було створено системи нечіткого керування. Обрано та описано обрання лінгвістичних змінних. Було зроблено створення нечіткої математичної моделі об'єкта керування. Розроблено продукційні правила для системи нечіткого керування. Результати реалізації засобами MatLab наведено по закінченню роботи по створенню систему нечіткого керування виробничим устаткуванням. У четвертому розділі розроблено трирівневу систему SCADA та експертну систему на базі апаратно-програмної платформи Arduino.
4. Позитивні сторони роботи: розроблено метод автоматизованого керування виробництвом ацетилену

5. Негативні сторони роботи: недостатній огляд існуючих технічних рішень, наявні стилістичні та граматичні помилки

6. Оцінка графічного оформлення та пояснювальної записки роботи: Пояснювальна записка оформлена коректно, згідно діючих стандартів оформлення документації

7. Відгук про роботу в цілому: Робота виконана на належному науково-технічному рівні.

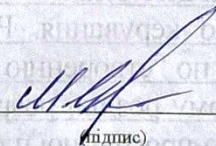
8. Інші зауваження: відсутні

9. Оцінка дипломної роботи: задовільно (3,50/D)

Рецензент (прізвище, ім'я, по батькові, посада, місце роботи)

Шіман Віктор Володимирович, доцент
каф. ТМІТ

"20" 12 2024 р.


(підпис)

Завідувачу кафедри АКІТгаР
д-ру техн.наук, проф. Мартинюку В.В.

Пилипчук Олександр Сергійович

ІІБ здобувача вищої освіти

ФІТ, 2 курс, групи АКІТРм-23-1

ЗАЯВА

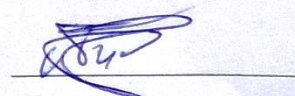
З правилами чинного Положення «Про систему забезпечення академічної доброчесності у Хмельницькому національному університеті» від 01.07.2022, згідно з яким виявлення плагіату є підставою для відмови в допуску кваліфікаційної роботи до захисту та застосування заходів дисциплінарної та академічної відповідальності, ознайомлений(а). Про використання програмно-технічних засобів для перевірки кваліфікаційних робіт здобувачів вищої освіти на наявність плагіату ознайомлений(а) та надаю свою згоду на обробку та збереження університетом моєї роботи в інституційному репозитарії університету.

Також надаю університету право на передачу моєї роботи для обробки та збереження в базах даних програмно-технічних засобів (StrikePlagiarism та Anti-Plagiarism) та використання роботи для виявлення плагіату в інших роботах, які перевіряються програмно-технічними засобами та користувачами, що мають доступ до цих програмно-технічних засобів, виключно в обмежених цілях для виявлення плагіату в текстах робіт.

Робота для перевірки університетом надається в друкованому та електронному варіанті. Електронна версія моєї роботи збігається (ідентична) з друкованою.

02.12.24

дата



підпис

Заявляю, що я ознайомився (-лась) з Повним звітом подібності, який був згенерований Системою виявлення і запобігання плагіату щодо роботи:

Автор: Олександр ПИЛИПЧУК

Співавтор:

Назва: МКР Пилипчук

Науковий керівник: Ірина ФОРКУН

Підрозділ: Кафедра автоматизації, комп'ютерно-інтегрованих технологій та робототехніки

Коефіцієнт подібності 1: 1.6%

Коефіцієнт подібності 2: 0.5%

Мікропробіли: 3

Заміна букв: 5

Інтервали: 1

Білі знаки: 0

Дата створення звіту: 2024-12-20 00:56:26.0

Після аналізу Звіту подібності констатую наступне:

Запозичення, виявлені в роботі є законними і не є плагіатом. Рівень подібності не перевищує допустимої межі. Таким чином робота незалежна і приймається.

Запозичення не є плагіатом, але перевищено граничне значення рівня подібностей. Таким чином робота повертається на доопрацювання.

Виявлено запозичення і плагіат або навмисні текстові спотворення (маніпуляції), як передбачувані спроби укриття плагіату, які роблять роботу невідповідною вимогам законодавства (Ст. 32. ЗУ Про вищу освіту, пункт 3.1, Ст. 42. ЗУ Про освіту) та вимог НАЗЯВО (Критерій 5), а також кодексу етики і процедурам. Таким чином робота не приймається.

Обґрунтування:

2024-12-20

Дата


експерт

Anti-Plagiarism v-15.257

Максимальне співпадіння з одним документом 7.0%

Словники перевірки: en_US, ru_RU, ua_UA. **Помилки в документах: 10%**

ID: 161610 Назва: МКР Метод автоматизованого керування виробництвом ацетилену Додано в БД: 2024-12-20 Автора: Олександр ПИЛИПЧУК Керівники: Ірина ФОРКУН Консультанти: Опоненти:	Документ		Сумарний збіг по Базі Даних	
	Символи	Лексеми	Символи	Лексеми
	82632	776	6295 (8%)	83 (11%)

Джерело плагіату

ID	Опис	Наявність плагіату в документі	
		Символи	Лексеми
158535	Назва: МКР Метод автоматизованого керування установкою безперервного розливу Додано в БД: 2024-12-13 Автора: Владислав КРИЧКІВСЬКИЙ Керівники: Юрій ФОРКУН Консультанти: Опоненти:	6052 (7.0%)	82 (11.0%)

**РІШЕННЯ ЕКСПЕРНОЇ КОМІСІЇ
КАФЕДРИ АВТОМАТИЗАЦІЇ, КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА
РОБОТОТЕХНІКИ
ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ**

Підтверджуємо ознайомлення з результатом звіту подібності щодо роботи, генерованого системою виявлення текстових збігів/ідентичності/схожості:

Назва: Метод автоматизованого керування виробництвом ацетилену

Автор: Пилипчук Олександр Сергійович

Спеціальність: 174 – Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка

Освітня програма: Освітньо-професійна програма «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Науковий керівник: Форкун Ірина Валеріївна, кандидат технічних наук, доцент

Після аналізу звіту подібності зроблено такий висновок:

№	Висновок	Позначка про відповідність
1	Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом. Робота приймається до захисту.	відповідає
2	Виявлені запозичення не є плагіатом, розміщені в розділах, які не описують безпосередньо авторське дослідження, але кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. Робота приймається до захисту, але має бути відкоригована. Відкоригований варіант має бути поданий на кафедру за 2 дні до захисту, разом із заявою щодо самостійності виконання письмової роботи та ідентичності друкованої й електронної версії роботи	
3	Виявлені запозичення не є плагіатом, але частково розміщені в розділах, які описують безпосередньо авторське дослідження, а кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. В зв'язку з цим мета роботи та поставлені завдання не були досягнені. Робота може бути допущена до захисту (наступного року) після того, як буде відкоригована та допрацьована і успішно пройде повторну перевірку на академічний плагіат.	
4	Робота містить навмисні текстові спотворення, передбачувані спроби укриття запозичень або інші прояви академічного плагіату. Робота містить фабрикацію або фальсифікацію даних. Робота не допускається до захисту.	
5	Інше:	

Підтвердження:

Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом, оскільки:

1) у тексті кваліфікаційної роботи системами перевірки на плагіат виявлено схожість з деякими документами в частині загальнозживаних обов'язкових словосполучень у стандартних бланках (титулка, відомість документів), у структурі змісту, назвах розділів/підрозділів тощо, у назвах публікацій у переліку джерел посилання;

2) усі запозичення є фрагментарними або мають належним чином оформленні посилання;

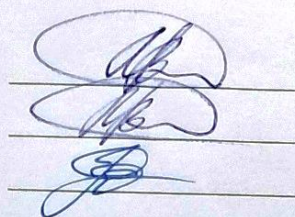
3) виявлені модифікації тексту не впливають на відсоток схожості.

Сумарний обсяг всіх запозичень, визначений системою виявлення збігів ідентичності/схожості, складає 1,58% і адресується до 9 джерел, що, з урахуванням наведених обґрунтувань, відповідає характеру теми і свідчить на користь кваліфікаційної роботи.

Завідувач кафедри

Гарант освітньої програми

Керівник кваліфікаційної роботи



Валерій МАРТИНЮК

Валерій МАРТИНЮК

Ірина ФОРКУН