

НУБІП України

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

ННІ ЕНЕРГЕТИКИ, АВТОМАТИКИ І ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

УДК 602.1:621.927

ПОГОДЖЕНО

Директор ННІ енергетики,
автоматики і енергозбереження

В. В. Каплун

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри автоматики та
робототехнічних систем

ім. акад. І. І. Мартиненка

В. П. Лисенко

” ” 2023 р.

” ” 2023 р.

НУБІП України

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

02.06.- КМР.323"С".23.03.06.006.ПЗ

на тему: **«ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ВДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ
АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ГАЗОВИМ КОТЛОМ ДЛЯ
ОПАЛЕННЯ ВИРОБНИЧИХ ПРИМИЩЕНЬ»**

Спеціальність: 151– «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Освітня програма: Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

Гарант освітньої програми

(підпис)

І.М. Болбот, д.т.н., професор

Виконав

(підпис)

В.С. Колодка

Керівники магістерської роботи

(підпис)

В.О. Грищенко

КИЇВ – 2023

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

НУБІП України
 ННІ ЕНЕРГЕТИКИ, АВТОМАТИКИ І ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри автоматики та
 робототехнічних систем

ім. акад. І. І. Мартиненка

проф., д.т.н. В. П. Лисенко

2023 р.

ЗАВДАННЯ

ДО ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ СТУДЕНТУ

Колодці Владиславу Сергійовичу

(прізвище, ім'я, по-батькові)

Спеціальність: 151- «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Магістерська програма: Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

Програма підготовки: Освітньо-професійна

Тема магістерської роботи: **Дослідження та вдосконалення системи автоматичного керування газовим котлом для опалення виробничих приміщень**

Затверджена наказом ректора НУБіП України від «06» 03 2023 р. № 323 «С»

Термін подання завершеної роботи на кафедру «05» 11 2023 р.

Вихідні дані до магістерської роботи: Завдання кафедри на виконання кваліфікаційної магістерської роботи. Нормативні документи по проектуванню об'єктів автоматизації. Матеріали дослідження і аналізу. Наукова література з тематики кваліфікаційної магістерської роботи.

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

1. Аналіз технологічних характеристик виробничого об'єкта.
2. Моделювання та дослідження технологічного процесу.
3. Вибір регулятора та обґрунтування параметрів його налаштування.
4. Дослідження системи автоматизації.
5. Схеми системи автоматизації.
6. Оцінка економічної ефективності САК
7. Техніка безпеки та охорона праці.

Перелік графічного матеріалу: Графічна презентація

Дата видачі завдання «06» 03 2023 р.

Керівники магістерської роботи _____ Грищенко В.О.

(підпис)

Завдання прийняв до виконання _____ Колодка В.С.

АНОТАЦІЯ

У дипломному проєкті було розроблено автоматизовану систему керування. Також, креслення такі, як: функціональна схема автоматизації, принципова електрична схема, креслення загального виду щита автоматизації, схему з'єднань та підключень зовнішніх проводок та монтажну схему щита.

Для детального опису об'єкта написана пояснювальна записка, яка складається з семи розділів.

У першому розділі була поставлена та обґрунтована задача автоматизації.

Другий розділ складається з розрахунків вимірювальних каналів, регульовано-виконавчих каналів наведеної системи і розрахунок надійності функціонування системи.

У розділі «Опис графічної частини» розроблені схеми та аргументований вибір приладів для надійного функціонування системи опалення.

У четвертому та п'ятому розділі було описано програмування ПЛК та розробка людинно-машинного інтерфейсу. Також, показані полігонні випробування ІМ за допомогою таких середовищ, як Matlab.

У розділі «Охорона праці» наведені необхідні заходи для безпечного встановлення та використання обладнання.

У сьомому розділі було розраховано техніко-економічну ефективність системи та термін окупності капіталовкладень, що дорівнює 3,6 років. Отже, впровадження системи є економічно вигідним рішенням.

Таким чином, можна зробити висновок, що на основі виконаного дипломного проєкту можна автоматизувати систему парокотле агрегату за допомогою котла.

Ключові слова: автоматизована система керування, котлоагрегату, регулювання температури.

The diploma project developed an automated heating control system using underfloor heating. Also, the drawings are such as: functional diagram of automation, basic electrical diagram, drawing of the general view of the automation board, diagram of connections and connections of external wiring and assembly diagram of the board.

For a detailed description of the object, an explanatory note has been written, which consists of seven sections.

In the first chapter, the automation task was set and justified.

The second section consists of calculations of measuring channels, regulated executive channels of the given system and calculation of the reliability of the system's functioning.

In the "Description of the graphic part" section, schemes and a reasoned choice of devices for the reliable functioning of the heating system are developed. In the fourth and fifth chapters, PLC programming and human-machine interface design were described. Also, field tests of MI using such environments as Codesys, Matlab and WebStudio are shown.

The "Occupational safety" section provides the necessary measures for safe installation and use of the equipment.

In the seventh chapter, the technical and economic efficiency of the system and the payback period of capital investments, equal to 3.6 years, were calculated. Therefore, the implementation of the system is an economically beneficial decision. Thus, it can be concluded that on the basis of the completed diploma project, it is possible to automate the heating system with the help of underfloor heating.

Keywords: automated control system, temperature regulation.

НУБІП України

Зміст

Вступ.....	6
РОЗДІЛ 1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.....	6
1.1. Опис об'єкта управління та стан його автоматизації.....	6
1.2. Аналіз факторів, що впливають на об'єкт керування.....	7
1.3. Завдання на розробку.....	9
РОЗДІЛ 2 ДОСЛІДЖЕННЯ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ СИСТЕМИ.....	12
2.1. Інформаційний аналіз процесу.....	12
2.2. Моделювання динаміки.....	15
2.3. Аналіз динаміки та визначення передатної функції.....	19
2.4. Визначення передатної функції об'єкта керування.....	21
РОЗДІЛ 3 ВИБІР РЕГУЛЯТОРА ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ЙОГО НАЛАШТУВАНЬ.....	23
3.1. Вибір регулятора.....	23
3.2. Вибір сприймаючих елементів системи автоматичного керування.....	28
3.3. Вибір виконавчих механізмів системи автоматичного керування.....	31
3.4. Вибір алгоритму управління та розробки функціональної та структурної схеми САК.....	36
РОЗДІЛ 4 ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ.....	42
4.1. Визначення періоду квантування сигналів ЦСК.....	42
4.2. Визначення показників якості роботи цифрової системи керування.....	45
Рис. 4.2. Структурно-алгоритмічна схема цифрового ПІ-регулятора.....	45
Згідно з таблицею $K_v = 0,025$, оскільки $T_{ou} = 100$ с.....	45
РОЗДІЛ 5 РОЗРОБКА СХЕМ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦІЇ.....	51
5.1. Розробка схем погодження між зовнішніми пристроями та програмованим логічним контролером.....	51
5.2. Розробка принципової схеми.....	52
5.3. Розробка схеми з'єднань.....	54
5.4. Розробка схеми підключень.....	56
5.5. Вибір апаратів захисту та керування.....	57
5.6. Розробка комп'ютерно-інтегрованої системи керування.....	59
РОЗДІЛ 6 РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ.....	63
РОЗДІЛ 7 ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ І ОХОРОНА ПРАЦІ.....	64
7.1. Аналіз небезпечних і шкідливих факторів приміщення.....	64
ВИСНОВКИ.....	69
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	70

Вступ

НУБІП України

РОЗДІЛ 1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

1.1 Опис об'єкта управління та стан його автоматизації

Пристрої, службовці для отримання водяної пари заданих параметрів, називають котельними установками. За призначенням котельні установки діляться на енергетичні, виробничі і опалювально-виробничі. В енергетичних котельних установках виробляється пар для приводу турбін. У виробничих пар виробляється для різних технологічних потреб, а в опалювально-виробничих для опалення, вентиляції та гарячого водопостачання житлових і виробничих будівель. Котельні установки складаються з котлоагрегату та допоміжного обладнання. У свою чергу котлоагрегат складається з топкового пристрою, котла, пароперегрівача, водяного економайзера, повітрондгрівників, арматури, гарнітури, каркаса і обмурівки.

Робочим тілом котлоагрегату є вода. Допоміжне обладнання котельної установки, куди відносяться живильні насоси, тягодуттєві установки, паропроводи та інше обладнання, призначене для подачі води, палива і повітря в котел, а також для видалення димових газів, золи та шлаку. Крім того, до допоміжного устаткування відносяться апарати, прилади, пристрої для контролю і автоматичного регулювання режиму роботи котлоагрегату. Залежно від продуктивності котлоагрегати діляться на котли малої потужності, які можуть виробляти пар до 5,5 кг / с (19,8 т / год); котли середньої потужності, що виробляють пар до 30 кг / с (108 т / год), і котли великої потужності продуктивністю до 1000 кг / с (3600 т / ч). Парові котли ДЕ призначені для вироблення насиченого або перегрітої пари, що використовується для технологічних потреб промислових підприємств, на теплопостачання систем опалення, вентиляції та гарячого водопостачання.

Парові котли типу ДЕ паропроductивністю 10 т / год, з абсолютним тиском 1,4 МПа (14 кгс / см²) призначені для вироблення насиченого або перегрітої пари, що використовується для технологічних потреб промислових підприємств, на теплопостачання систем опалення та гарячого водопостачання. Котли двохбарабанніе, вертикально-водотрубні виконані за конструктивною схемою "Д", характерною особливістю якої є бічне розташування конвективної частини котла щодо камери згоряння (рис. СУ-71.7.05020101.В0). Основними складовими частинами котлів є верхній і нижній барабани, конвективний пучок, фронтний, бічний і задній екрани, що утворюють топку. Знизу в топку подається потрібний для згоряння палива повітря за допомогою дуттєвих вентиляторів. Процес горіння палива протікає при високих температурах, тому екранні труби котла сприймають значна кількість тепла шляхом випромінювання. Одним з найважливіших показників конструкції котлоагрегату є його циркуляційна здатність. Рівномірна і інтенсивна циркуляція води і парової суміші сприяє змивання зі стіни бульбашок пари і газу, що виділяються з води, а так само перешкоджає відкладенню на стінках накипу, що в свою чергу забезпечує невисоку температуру стінок (200-400С), не набагато перевищує температуру насичення і ще безпечну для міцності котельні.

НУБІП України

1.2 Аналіз факторів, що впливають на об'єкт керування

Паровим котлом називається комплекс агрегатів, призначених для отримання водяної пари. Цей комплекс складається з ряду теплообмінних пристроїв, пов'язаних між собою і службовців для передачі тепла від продуктів згоряння палива до води і пару. Вихідним носієм енергії, наявність якого необхідна для утворення пари з води, служить паливо. Основними елементами робочого процесу, здійснюваного в котельні установці, є:

- 1) процес горіння палива.
- 2) процес теплообміну між продуктами згоряння або самим палаючим паливом з водою,

3) процес пароутворення, що складається з нагріву води, її випаровування і нагрівання отриманого пара.

Під час роботи в котлоагрегатах утворюються два взаємодіючих один з одним потоки: потік робочого тіла і потік утворюється в топці теплоносія. В результаті цієї взаємодії на виході об'єкта виходить пар заданого тиску і температури. Однією з основних завдань, що виникає при експлуатації котельного агрегату, є забезпечення рівності між виробленої і споживаної енергії.

У свою чергу процеси пароутворення і передачі енергії в котлоагрегаті однозначно пов'язані з кількістю речовини в потоках робочого тіла і теплоносія.

Горіння палива є суцільним фізико-хімічним процесом. Хімічна сторона горіння являє собою процес окислення його горючих елементів киснем, що проходить при певній температурі і супроводжується виділенням тепла. Інтенсивність горіння, а так само економічність і стійкість процесу горіння палива залежать від способу підведення і розподілу повітря між частками палива. Умовно прийнято процес спалювання палива ділити на три стадії: запалювання, горіння і допалювання. Ці стадії в основному протікають послідовно в часі, частково накладаються одна на іншу.

Розрахунок процесу горіння зазвичай зводиться до визначення кількості повітря в м³, необхідного для згоряння одиниці маси або обсягу палива кількості і складу теплового балансу і визначення температури горіння. Значення тепловіддачі полягає в теплопередачі теплової енергії, що виділяється при спалюванні палива, воді, з якої необхідно отримати пар, або пару, якщо необхідно підвищити його температуру вище температури насичення. Процес теплообміну в котлі йде через водогазонепроніцаєміе теплопровідні стінки, що називаються поверхнею нагріву. Поверхня нагріву виконуються у вигляді труб. У середині труб відбувається безперервна циркуляція води, а зовні будуть мити гарячими топковим газами або сприймають теплову енергію випромінюванням.

Таким чином, в котлоагрегаті мають місце всі види теплопередачі: теплопровідність, конвекція і випромінювання. Відповідно поверхню нагріву підрозділяється на конвективні та радіаційні. Кількість тепла, що передається через одиницю площі нагрівання в одиницю часу носить назву теплового напруги поверхні нагрівання.

Величина напруги обмежена, по-перше, властивостями матеріалу поверхні нагрівання, по-друге, максимально можливою інтенсивністю теплопередачі від гарячого теплоносія до поверхні, від поверхні нагрівання до холодного теплоносія. Інтенсивність коефіцієнта теплопередачі тим вище, чим вище різниця температур теплоносіїв, швидкість їх переміщення щодо поверхні нагрівання і чим вище чистота поверхні. Освіта пара в котлоагрегатах протікає з певною послідовністю.

Уже в екранних трубах починається утворення пари. Цей процес протікає при великих температурах і тиску. Явище випаровування полягає в тому, що окремі молекули рідини, що знаходяться у її поверхні і володіють високими швидкостями а, отже, і більшою у порівнянні з іншими молекулами кінетичної енергією, долаючи силі дії сусідніх молекул, що створює поверхневий натяг, вилітають в навколишній простір.

Зі збільшенням температури інтенсивність випаровування зростає. Процес зворотний паротворення називають конденсацією. Рідина, що утворюється при конденсації, називають конденсатом. Вона використовується для охолодження поверхонь металу в пароперегрівачах. Пар, утворений в котлоагрегаті, підрозділяється на насичений і перегрітий. Насичена пара в свою чергу ділиться на сухий і вологий.

Технічно-економічна ефективність АСУ включає:

- підвищення ефективності
- зниження витрат
- покращення якості продукції
- мінімізація аварійних ситуацій

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

1.3 Завдання на розробку

Автоматизація парогенераторів включає в себе автоматичне регулювання, дистанційне керування, технологічний захист, теплотехнічний контроль, технологічні блокування і сигналізацію. Експлуатація котлів повинна забезпечувати надійну і ефективну вироблення пара необхідних параметрів і безпечні умови праці персоналу.

Для виконання цих вимог експлуатація повинна вестися в точній відповідності з законодавчими актами, правилами, нормами і керівними вказівками. Згідно з обґрунтуванням необхідності автоматизації технологічних параметрів, автоматизація роботи парового котла повинна здійснюватися за такими параметрами: 1) з підтримки постійного тиску пара; 2) з підтримки постійного рівня води в котлі; 3) з підтримки співвідношення «газ - повітря»; 4) з підтримки розрідження в котельній камері.

Постановка задач проектування включає наступні етапи: конструктивно-технологічна характеристика котельного агрегату як об'єкта автоматизації, розробка функціональної схеми, вибір засобів автоматизації, розрахунок чутливості системи управління подачі пари, розрахунок системи автоматичного регулювання температури, розгляд питань охорони праці, обґрунтування економічної ефективності автоматизації управління.

Технічні параметри діляться на:

- Режимні (табл. 1.3).

Таблиця 1.3 — Перелік режимних параметрів у даній системі

Назва технологічних параметрів	Діапазон вимірювань	Допустиме відхилення
Температура поданої пари	100÷140 °C	± 0,25 %
Температура води	20÷30 °C	± 0,25 %

- Захисні:
 - Діапазон вимірюваної температури
 - Перепад тиску води між виходом і входом у насос
- Контрольні:
 - Температура та тиск пари на виході з котлоагрегату
 - Температура та тиск води на вході

Функціональна структура — це функції, що виконуються системою управління (рис. 1.1). Поділяється на:

- Інформаційну
- Керуючу
- Захисну



Рисунок 1.1 — Узагальнена функціональна структура АСУ ТП

Керуючі функції забезпечують можливість неперервного регулювання значень до відповідних параметрів

Перелік управляючих функцій в даній системі, які підтримують значення неперервну підтримку температури та тиску пари на виході з котла агрегату за допомогою включення та відключення клапана

Захисна функція повинна забезпечувати порядок дій для передбачення шкоди у роботі системи у аварійних ситуаціях або мінімізувати наслідки. Перелік захисних функцій в даній системі (світлові сигналізації про):

- надлишковість або недостатня кількість температури
- перепад тиску у трубопроводі з насосом, що захистить від «сухого ходу»
- припинення роботи насоса

Інформаційними є функції, що вимірюють технологічні параметри (табл. 1.4). Вони надають всю необхідну інформацію для об'єктивної оцінки стану системи та технологічного процесу, що є результатом отриманих даних з датчиків, які заходяться у систему.

Таблиця 1.4 — Перелік інформаційних функцій в даній системі

Назва вимірювальних параметрів	Номінальні значення
Температура води на виході з газового котла	120 °C
Температура води на вході до газового котла	30 °C
Температура води всередині бака	70 °C

Температура води на вході	65 °C
Температура повітря приміщення	20 °C
Температура повітря на вулиці	0 °C
Перепад тиску води між виходом і входом у насос	1,5 бар

Отже, процес управління складається з наступних операцій над інформацією:

- одержання та обробка

- аналіз

- ухвалення рішення про вплив на процес

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

РОЗДІЛ 2 ДОСЛІДЖЕННЯ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ СИСТЕМИ

2.1. Інформаційний аналіз процесу

Параметричний аналіз котлоагрегату як об'єкта автоматизації

Як було зазначено, різноманітність конструкцій котлоагрегатів не дозволяє створити єдину універсальну систему автоматичного керування їх роботою. Однак для барабанних парових котлів із природною циркуляцією можна виділити певні загальні потоки, які є характерними для цих котлів, визначити основні канали керування і відокремити їх як окремі одно-контурні системи.

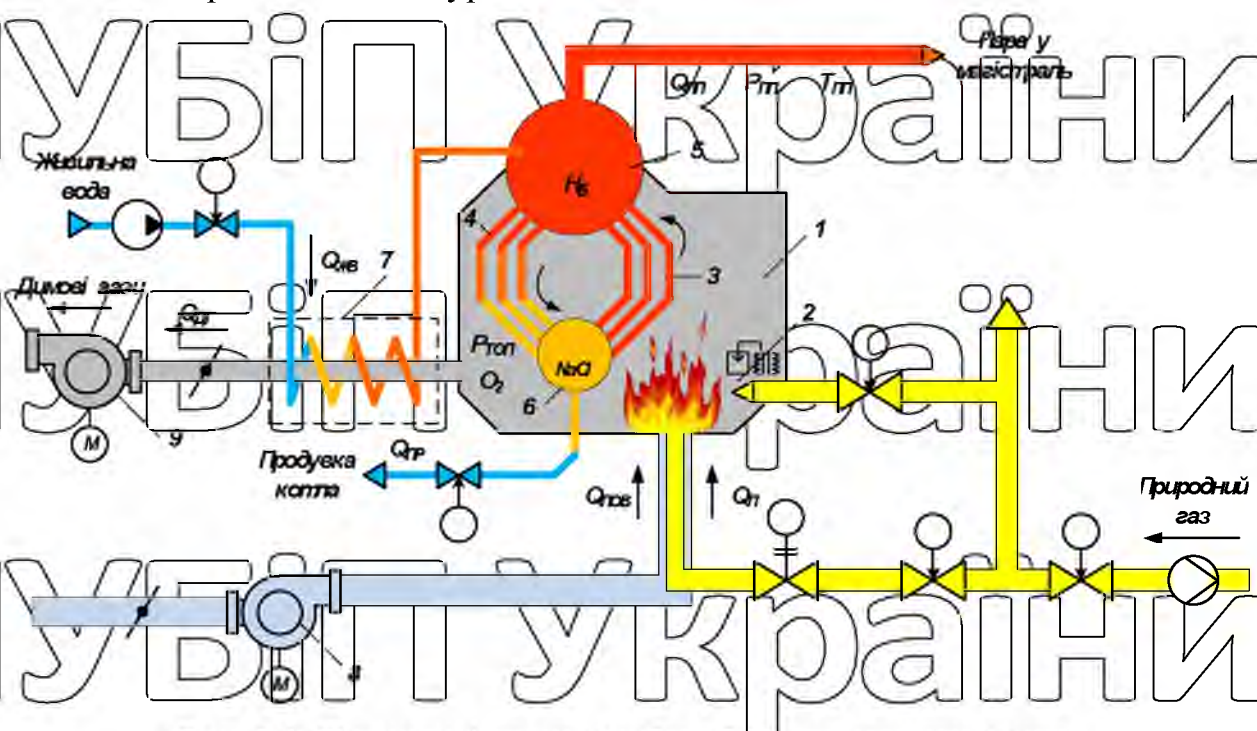


Рис. 2.1. Технологічна схема барабанного котлоагрегату:

1 – топка; 2 – пальник; 3 – піднімальні труби; 4 – опускні труби; 5 – верхній барабан котла; 6 – нижній барабан (колектор); 7 – економізатор; 8 – дутьовий вентилятор подачі повітря; 9 – димосос

Розглянемо основні ділянки керування барабанним паровим котлоагрегатом, спрощена технологічна схема якого наведена на рис. 2.1.

Циркуляційний контур (котельний пучок) парового котлоагрегату складається із верхнього барабану 5, нижнього барабану 6, піднімальних труб 3 та опускних труб

Процес паротворення відбувається в піднімальних трубах 3 за рахунок підведення тепла від високотемпературного гальника 2, яке виділяється при спалюванні палива у топці 1 котлоагрегату.

Для підтримки процесу горіння в топці створюється повітряно-газова суміш, для чого за допомогою дутьового вентилятора 8 подається повітря із витратою $Q_{пов}$, а також через регулюючий клапан природний газ із витратою $Q_{г}$. Продукти згоряння (димові гази), що утворилися у процесі горіння, відсмоктуються із топці димососом 9 із витратою $Q_{дг}$, створюючи у топці розрідження $P_{чеп}$, проходять економайзер 7, і через димову трубу виділяються у навколишнє середовище. Рівень спалювання природного газу (ефективність процесу горіння у топці) характеризується кількістю вільного кисню O_2 у димових газах.

Живильна вода із витратою $Q_{жв}$ надходить у водяний економайзер 7, в якому нагрівається за рахунок випромінювання та конвекційного теплообміну від димових газів до певної температури, і направляється до верхнього барабану котла 5. Разом із живильною водою у циркуляційний контур котлоагрегату надходять солі $NaCl$. Частина солей, що накопичуються в котловій воді, видаляється безперервною продувкою із витратою $Q_{пр}$.

Основними регульованими величинами котла є витрата перегрітої пари $Q_{пг}$, її тиск $P_{пг}$ і температура $T_{пг}$. Перегріта пара направляється споживачеві, який може змінювати її витрату. Отже змінною величиною для котлоагрегату є витрата пари, а її тиск і температура повинні підтримуватися у межах допустимих відхилень, які визначаються відповідно до вимог заданого режиму роботи споживача теплової енергії.

Задане значення температури пари $T_{пг}$ може бути отримане за рахунок підвищення або зменшення температури горіння у топці (збільшення або зменшення подачі природного газу). У котлоагрегатах середньої та великої потужності це відбувається за допомогою встановлення пароперегрівачів та парохолодників.

Тиск перегрітої пари $P_{пг}$ і тиск у барабані котла $P_{в}$ змінюються в усіх випадках виникнення дисбалансу між кількістю спожитої пари, і пари, що генерується в піднімальних трубах, і може підтримуватись за рахунок зміни тепловиділення у топці, тобто за рахунок зміни подачі палива.

Крім підтримки зазначених витрат перегрітої пари і заданих значень P_{III} та T_{III} , слід підтримувати у межах допустимих відхилень рівень води у барабані котла H_B , розрідження у топці P_{TOP} , с/с/вміст котлової води, а також оптимальне співвідношення "природній газ-повітря" для максимальної продуктивності роботи пальника.

Перераховані вище величини змінюються в результаті регулюючих впливів і під дією зовнішніх та внутрішніх збурень, що носять закономірний або випадковий характер, таких як коливання витрати пари, якості і витрати палива, температура живильної води, порушення щільності топки і т.п. З цього випливає, що паровий котел як об'єкт керування в цілому являє собою складну динамічну систему з цілим рядом взаємозалежних вхідних і вихідних величин (рис. 2.2).

Складність взаємозв'язків полягає у тому, що деякі вхідні величини, прямо впливаючи на вихідні величини, побічно впливають на інші вихідні параметри. Цей непрямий вплив буває важко врахувати. Наприклад, зміна витрати палива Q_{II} прямо (суцільна лінія) впливає на витрату перегрітої пари Q_{III} і у той же час впливає на вміст вільного кисню в димових газах O_2 і тиск перегрітої пари P_{III} , витрати води, що подається в барабан котла прямо впливає на температуру перегрітої пари T_{III} , на яку також впливає витрата пари з барабана котла і розрідження в топці P_{TOP} , витрати перегрітої пари Q_{III} , будучи вихідною величиною стосовно витрати палива Q_{II} , служить вхідною величиною (впливом) стосовно тиску P_{III} і температури T_{III} перегрітої пари [8,16].

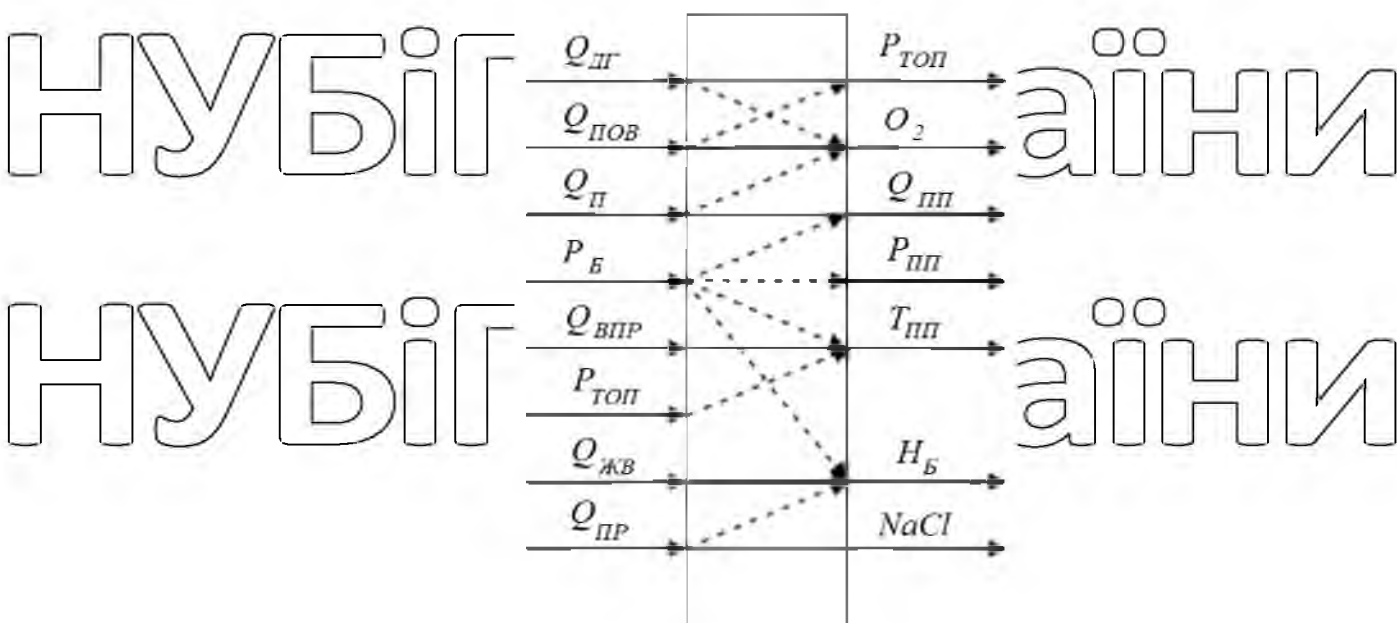


Рис. 2.2. Параметрична схема взаємозв'язків між вихідними та вхідними величинами барабанного котлоагрегату

Однак явна виражена спрямованість ділянок регулювання котла за основними каналами регулюючих впливів, таких як витрата живильної води $Q_{жв} \rightarrow$ рівень води в барабані H_k , витрата палива $Q_{п} \rightarrow$ тиск перегрітої пари $P_{пг}$, дозволяє здійснювати стабілізацію регульованих величин за допомогою незалежних одноконтурних систем, зв'язаних лише через об'єкт керування. При цьому регулюючий вплив тієї або іншої ділянки (суцільні лінії на рис. 2.2) служить основним способом стабілізації регульованої величини, а інші впливи (пунктирні лінії) є стосовно цієї ділянки внутрішніми або зовнішніми збурюваннями.

2.2. Моделювання динаміки

Розробка та дослідження математичної моделі теплових процесів у котлоагрегаті для виробництва пари

Складемо математичну модель теплових процесів, що відбуваються в котлоагрегаті при виробництві пари. За законом збереження енергії відповідно зі схемою теплових потоків (рис. 2.3), рівняння енергетичного балансу в котлоагрегаті має наступний вигляд

$$Q_g - Q_{hv} + Q_{gp} - Q_{dg} - Q_k - Q_{vt} - Q_{him} = 0 \quad (2.1)$$

де Q_g – кількість теплоти, яка утворюється при згоранні газу, Вт;

Q_{gp} – кількість теплоти, що міститься у парі при 150°C , Вт;

Q_{hv} – кількість теплоти у воді після економайзера на вході в котлоагрегат при 70°C , Вт;

Q_{dg} – кількість теплоти, що виводиться із точки із димовими газами, Вт;

Q_k – теплова енергія, що знаходиться у котлоагрегаті, Дж;

Q_{vt} – втрати теплової енергії з котла у навколишнє середовище, Вт;

Q_{him} – втрати теплової енергії від хімічного не догорання, Вт.

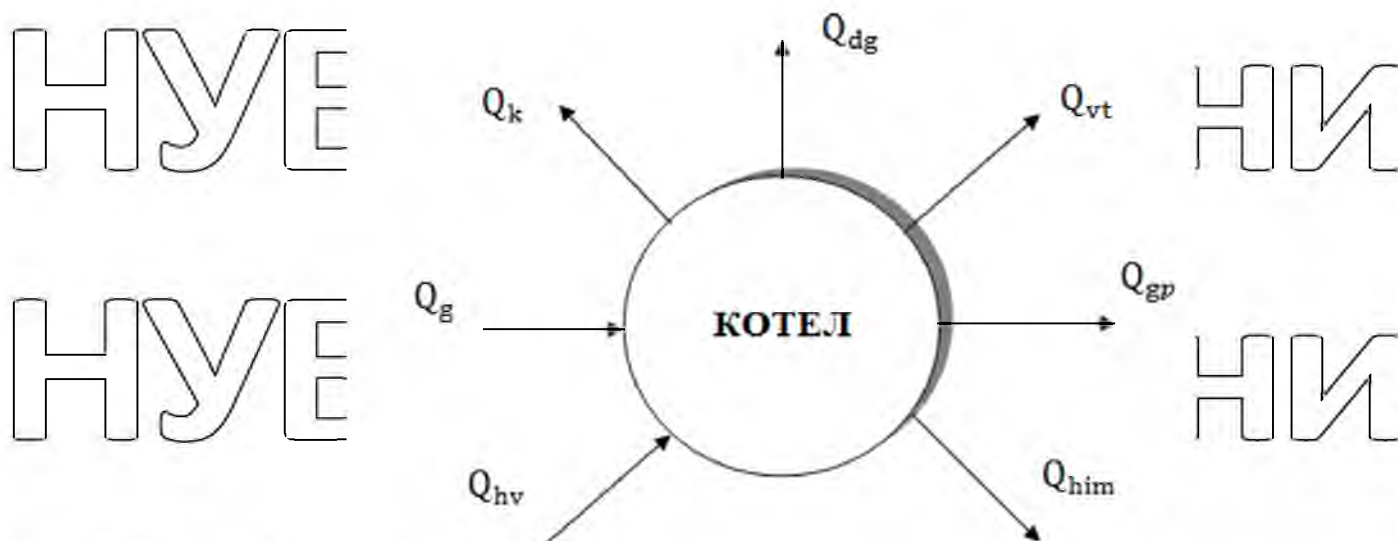


Рис. 2.3. Структурна схема теплових потоків в котлоагрегаті

При згоранні природного газу в топці котлоагрегату отримується наступна

кількість теплоти, Вт

$$Q_g = \frac{G_g}{\rho_g} \cdot q_g \quad (2.2)$$

де G_g – витрати природного газу, кг/с;

q_g – питома теплота згорання природного газу, Дж/м³;

ρ_g – густина природного газу, кг/м³;

Теплота пари на виході з котлоагрегату, Вт, дорівнює

$$Q_{gp} = G_{gp} \cdot t_{gp} \cdot C_{gp} \quad (2.3)$$

де G_{gp} – фактична продуктивність котлоагрегату, або кількість пари, що через парову магістраль забирає споживач, кг/с;

t_{gp} – температура пари на виході котлоагрегату, °С;

C_{gp} – теплоємність пари при 200°С, Дж/(кг·°С);

Кількість теплоти, яка міститься у холодній на вході водяного тракту парового котлагрегату після економайзера, Вт, визначається як

$$Q_{hv} = G_{hv} \cdot t_{hv} \cdot C_{hv} \quad (2.4)$$

де G_{hv} – витрати води, що живить паровий котел, кг/с;

t_{fv} – температура води на виході економайзера, °С (приймається значення 70°С),
 C_{fv} – теплоємність води при 70°С, Дж/(кг·°С).

Кількість теплоти, що виводиться із топки котлоагрегату з димовими газами у навколишнє середовище, Вт, визначається за виразом

$$Q_{dg} = (G_{rov} + G_g) \cdot t_{dg} \cdot C_{dg} \quad (2.5)$$

де G_{rov} – витрати повітря, необхідні для повного згорання газу, кг/с;

G_{rov} – витрати газу при згоранні в пальнику, кг/с;

t_{dg} – температура димових газів, що видаляються димососом при створенні розрідження в котлоагрегаті, °С;

C_{dg} – теплоємність димових газів, Дж/(кг·°С).

Кількість енергії, що знаходиться у котлі, Дж:

$$Q_k = V_k \cdot \rho_{gp} \cdot C_{gp} \cdot t_{gp} \quad (2.6)$$

де V_k – об'єм котла, м³;

ρ_{gp} – густина пари, кг/м³.

Кількість теплоти, яка недоотримується при хімічному неповному згоранні природного газу, Вт

$$Q_{vt} = Q_g \cdot k_n \quad (2.7)$$

де k_n – коефіцієнт хімічного не догорання природного газу

Кількість теплоти, що втрачається у навколишнє середовище, Вт:

$$Q_{vt} = Q_g \cdot k_n \quad (2.8)$$

де k_{zov} – коефіцієнт втрат у навколишнє середовище.

Від моделювання статичного режиму переходимо до динамічного режиму, коли температура пари на виході котлоагрегату буде змінюватись під дією різних збурень. Рівняння (2.1) набуде такого вигляду

$$\frac{dQ_k}{dt} = Q_g - Q_{hv} + Q_{gp} - Q_{dg} - Q_{vt} - Q_{him} \quad (2.9)$$

Підставивши у вираз (2.9) рівняння (2.2) – (2.8), отримаємо

$$\frac{dV_k \cdot \rho_{gv} \cdot C_{gv} \cdot t_{gv}}{dt} = \frac{G_g}{\rho_g} \cdot q_g - G_{hv} \cdot t_{hv} \cdot C_{hv} + G_{gv} \cdot t_{gv} \cdot C_{gv} - (G_{pov} + G_g) \cdot t_{dg} \cdot C_{dg} - Q_g \cdot k_n - Q_g \cdot k_h \quad (2.10)$$

Після перетворень вираз (2.10) матиме наступний вигляд:

$$\frac{V_k \cdot \rho_{gv} \cdot C_{gv}}{G_{gv} (C_{gv} + (G_{pov} + G_g)) \cdot C_{dg}} \cdot \frac{dt_{gv}}{dt} + t_{gv} \cdot \frac{G_g}{\rho_g} \cdot q_g \cdot (1 - k_n - k_h) + G_{gv} \cdot t_{hv} \cdot C_{hv} + G_g (1 + k_{pov}) \cdot C_{dg} \cdot \Delta t_{gv} = 0.$$

НУБІП УКРАЇНИ (2.11)

НУБІП УКРАЇНИ

НУБІП УКРАЇНИ

НУБІП УКРАЇНИ

Позначимо постійну часу нагрівання як

$$T = \frac{V_k \cdot \rho_{gv} \cdot C_{gv}}{G_{gv}(C_{gv} + (G_{pov} + G_g)) \cdot C_{dg}} \quad (2.2)$$

За допомогою наведених рівнянь у пакеті Simulink середовища MATLAB створена імітаційна модель теплових процесів в котлоагрегаті (рис. 2.4).

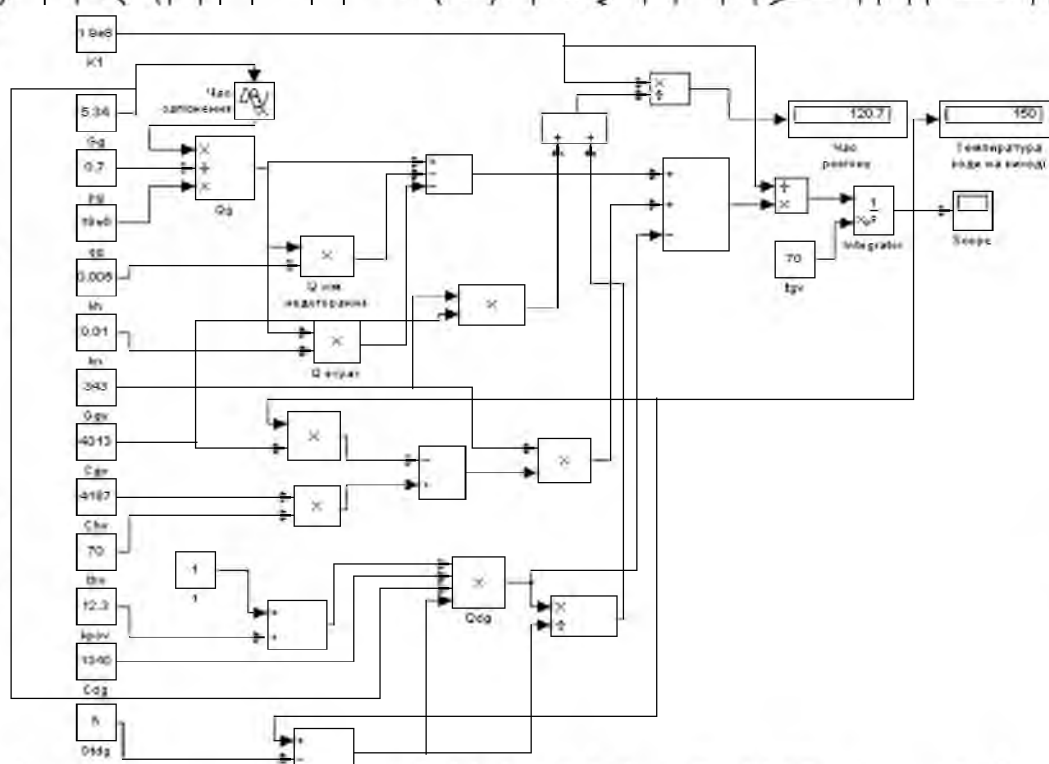


Рис. 2.4. Імітаційна модель теплових процесів у котлоагрегаті

2.3. Аналіз динаміки та визначення передатної функції

Визначимо такі параметри передатної функції котлоагрегату для каналу керування температурою пари на виході котлоагрегату як час транспортного запізнення τ_{oy} , коефіцієнт передачі k_{oy} та постійна часу об'єкта T_{oy} .

Для визначення передатної функції теплої для каналу керування температурним режимом був використаний графічний метод. Для цього розгінна характеристика була пронормована за виразом

$$h(t_i) = \frac{\theta_B(t_i) - \theta_B(0)}{\theta_B(t_{\max}) - \theta_B(0)} = \frac{\theta_B(t_i) - 180}{191 - 180} \quad (2.13)$$

де $\Theta_{в}(t_i)$ – проміжне значення параметра в i -й момент часу t_i ; $\Theta_{в}(0)$ – початкове значення параметра; $\Theta_{в}(t_{max})$ – кінцеве значення параметра в установившому режимі; $h(t_i)$ – значення нормованої кривої розгону в i -й момент часу.

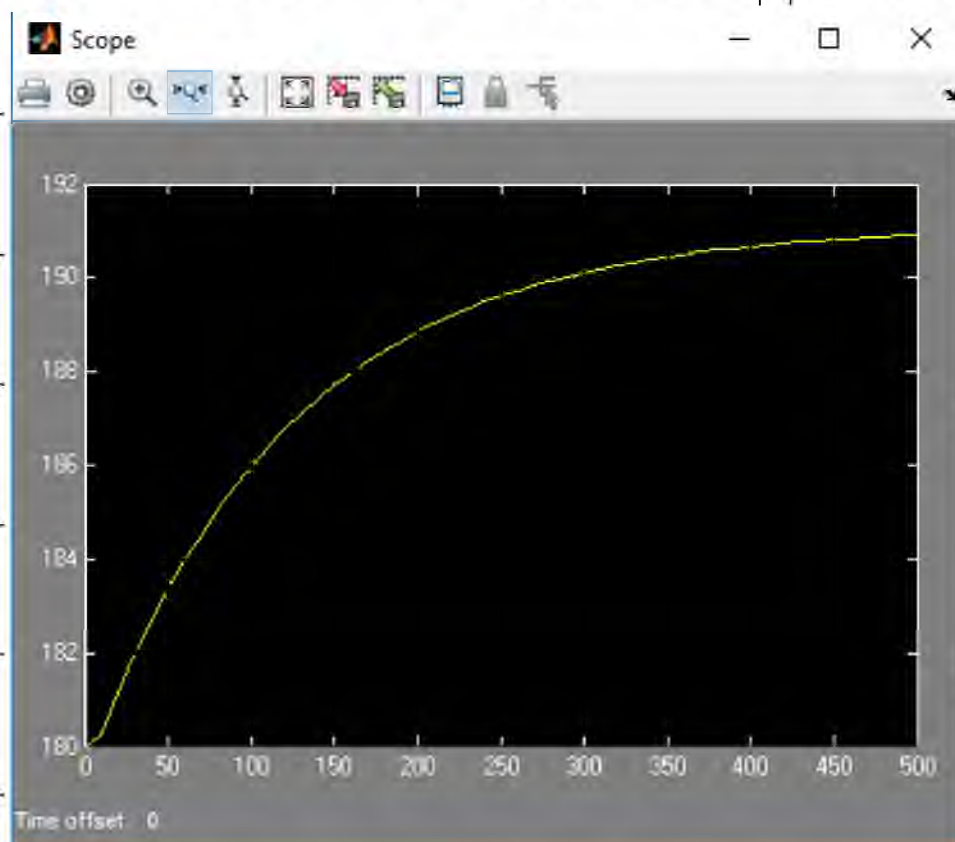


Рис. 2.5. Розгінна характеристика котлоагрегату для каналу керування температурою пари на виході котлоагрегату

2.4. Визначення передатної функції об'єкта керування

Коефіцієнт передачі об'єкта розраховується як відношення різниці температури пари на виході з котлоагрегату і температури води на вході в котлоагрегат після економайзера Δt (регульований параметр) до витрат природного газу на нагрівання води до пароподіючого стану ΔG_g (параметр керування)

$$k = \frac{\Delta t}{\Delta G_g} \quad (2.14)$$

За виразом (2.14), враховуючи технічні характеристики котлоагрегату (таблиця 1.1), отримаємо, що $k = (190 - 50) / 210 = 0,67 \text{ } ^\circ\text{C}/(\text{м}^3/\text{кг})$.

Чисельне значення постійної часу T_{ov} та часу запізнення τ_{ov} об'єкта знаходять за допомогою дотичної, яку проводять до точки перегину розгінної характеристики (рис. 2.6). Точка перегину відповідає середині відрізка часу, на якому спостерігається максимальний приріст ординати кривої розгону.

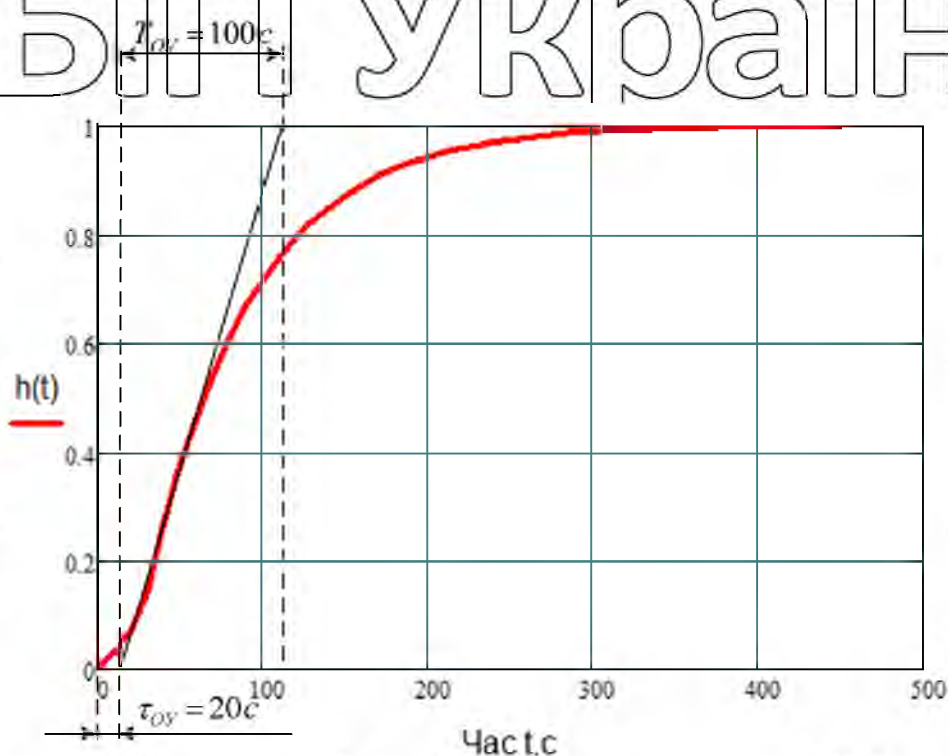


Рис. 2.6. Нормована розгінна характеристика котлоагрегату

Передатна функція котлоагрегату для каналу керування температурою пари на виході котлоагрегату має вигляд

НУБІП ЦІВНІ ІНІІІІІІ ІНІІІІІІ

НУБІП ЦІВНІ ІНІІІІІІ ІНІІІІІІ

НУБІП ЦІВНІ ІНІІІІІІ ІНІІІІІІ

НУБІП ЦІВНІ ІНІІІІІІ ІНІІІІІІ

НУБІП ЦІВНІ ІНІІІІІІ ІНІІІІІІ

НУБІП ЦІВНІ ІНІІІІІІ ІНІІІІІІ

НУБІП ЦІВНІ ІНІІІІІІ ІНІІІІІІ

$$A(s) = \frac{100 \cdot s + 1}{s^2 + 0.67s + 0.20}$$

РОЗДІЛ 3 ВИБІР РЕГУЛЯТОРА ТА ОБґРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ЙОГО НАЛАШТУВАНЬ

3.1. Вибір регулятора

Для отримання інформації про параметри технологічного процесу виробництва пари в барабанному котлоагрегаті та керування технологічним обладнанням згідно із завданням на виконання магістерської роботи обраний програмований логічний контролер Siemens Simatic S7-300 з центральним процесором CPU 313C №6ES7 332-5HD01-0AB0 (рис. 3.2, а).

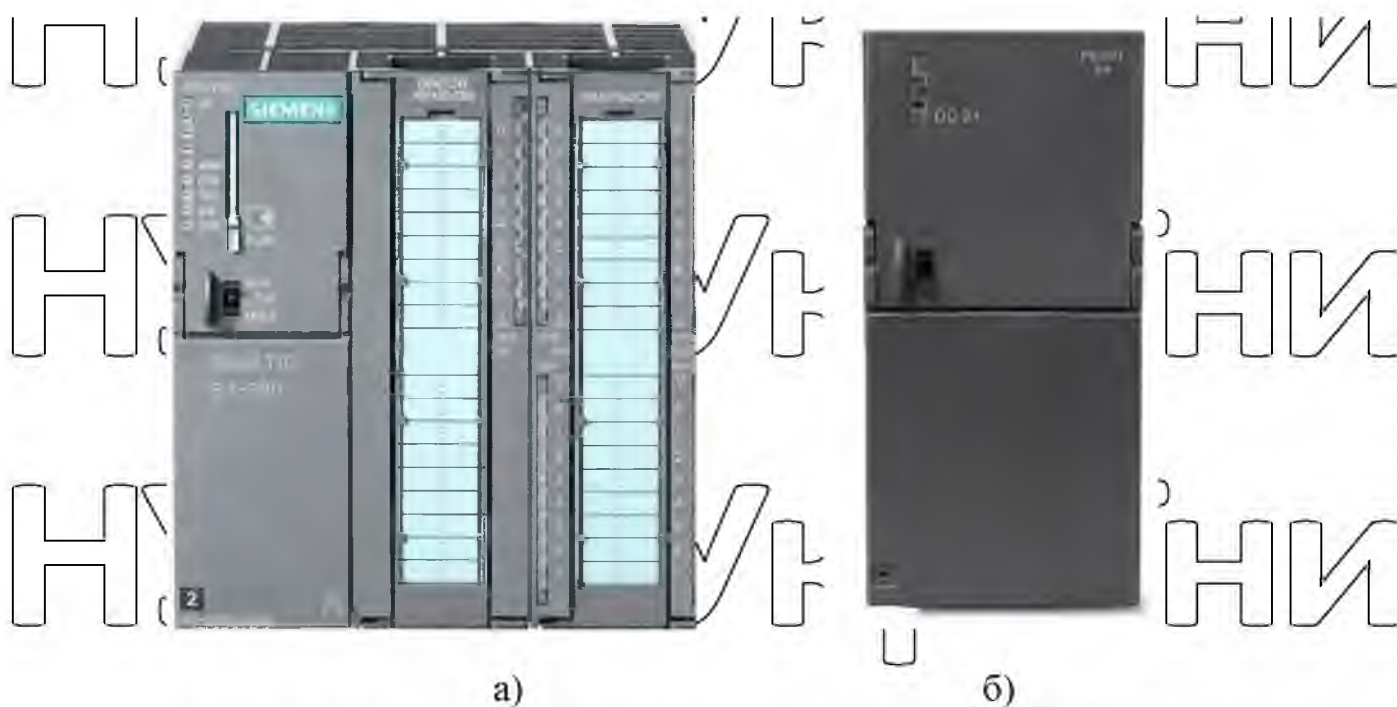


Рис. 3.2. Загальний вигляд програмованого контролера Siemens Simatic S7-300 з центральним процесором CPU 313C №6ES7 332-5HD01-0AB0 (а) та стабілізованого джерела живлення модульного типу PS307 5A (б)

Для живлення програмованого контролера необхідно встановити додатковий блок живлення на 24 В. Обираємо модульний блок живлення PS307 на 5А (рис. 3.2, б). Контролер Siemens Simatic S7-300 – це універсальний модульний програмований контролер для вирішення задач автоматичного керування низького та середнього ступеня складності. Ефективному використанню контролерів сприяє наявність широкої гами центральних процесорів, модулів вводу-виводу дискретних і

аналогових сигналів, функціональних і комутаційних модулів, модулів блоків живлення та інтерфейсних модулів [25].

Області використання контролерів Siemens Simatic S7-300

- автоматизація систем автоматичного регулювання та позиціонування;
- автоматизовані вимірювальні установки;
в автомобільній промисловості та станкобудуванні;
- автоматизація текстильних і пакувальних машин;
- автоматизація машинобудувального обладнання;
- автоматизація обладнання для виробництва технічних засобів управління та електротехнічної апаратури;
- для керування конвеєрами;
- в переробній промисловості;
- у системах управління громадським транспортом;
- у системах матеріально-технічного забезпечення.

Конструкція контролерів Siemens Simatic S7-300

Контролери Siemens Simatic S7-300 мають модульну конструкцію, що дозволяє використовувати у своєму складі наступні пристрої.

Модуль центрального процесора (CPU) – виконання програм користувача та керування усіма вузлами контролера.

Модуль блоку живлення (PS) забезпечує живлення контролера від мережі змінного струму напругою 120/230 В або від джерела постійного струму напругою 24/48/60/110 В.

Сигнальні модулі (SM) забезпечують ввід-виведення дискретних і аналогових сигналів із різними електричними та часовими параметрами.

Комунікаційні процесори (CP) забезпечують підключення контролера до мереж PROFIBUS, PROFINET, Industrial Ethernet, AS-Interface, організації зв'язку через Internet або PtP (point to point) інтерфейс.

Функціональні модулі (FM) здатні самостійно вирішувати задачі автоматичного регулювання, позиціонування, зважування, швидкісної обробки сигналів і т.п., оснащені вбудованим мікропроцесором і здатні виконувати покладені на них функції навіть у випадку зупинки центрального процесора програмованого контролера.

Інтерфейсні модулі (ІМ) забезпечують можливість підключення до базового блоку (CPU) однієї або декількох стійок розширення вводу-виведення.

Модулі спеціального призначення: імітаційний SM 374 – для формування вхідних та відображення вихідних дискретних сигналів на етапі налагодження прикладних програм і для перевірки працездатності контролера при експлуатації; DM 370 для резервування місця під сигнальний модуль із ще невизначеними параметрами.

Контролери Siemens Simatic S7-300 дозволяють використовувати у своєму складі до 32 сигнальних і функціональних модулів, а також комунікаційних процесорів, розподілених по 4 монтажним стійкам. Усі модулі працюють із природним охолодженням. Програмовані контролери не підтримують функцію "гарячої" заміни модулів.

Система вводу-виведення даних.

Система вводу-виведення програмованого контролера Simatic S7-300 може містити у своєму складі дві частини: систему локального і систему розподіленого вводу-виведення. Система локального вводу-виведення утворюється модулями, що встановлюються безпосередньо у монтажні стійки контролера. Система розподіленого вводу-виведення складається зі станції розподіленого вводу-виведення та приладів польового рівня, що підключаються до контролера через мережі PROFINET IO, PROFIBUS DP и AS-Interface.

Система локального вводу-виведення:

- в залежності від типу CPU система може містити до 8 або до 32 сигнальних, функціональних та комутаційних модулів;
- усі модулі встановлюються у монтажні стійки контролера, функції яких виконують профільні шини S7-300;
- до складу системи можуть входити один базовий блок із центральним процесором і до трьох стійок розширення, до складу яких можуть входити до 8 модулів;
- інтерфейсні модулі забезпечують з'єднання стійок між собою;
- відстань між стійками може досягати до 10 м (при використанні інтерфейсних модулів IM360 та IM361).

Система розподіленого вводу-виведення. Для реалізації широких комунікаційних можливостей контролери S7-300 оснащуються:

- комунікаційними процесорами (CP) для підключення до мереж PROFIBUS, PROFINET/Industrial Ethernet та AS-Interface, а також до Internet і для організації послідовних каналів зв'язку RS-232, TTY, RS-422/RS-485 через PtP-інтерфейс;

- MPI-інтерфейсом, вбудованим у кожний центральний процесор, для зв'язку з програматорами, персональними та промисловими комп'ютерами, пристроями людино-машинного інтерфейсу та іншими системами;

- додатковими вбудованими у центральний процесор інтерфейсами PtP, PROFIBUS DP або Industrial Ethernet.

Можливості контролерів Simatic S7-300.

- Функції, що підтримуються контролерами, істотно спрощують процеси розробки і відлагодження прикладних програм, діагностики та пошуку несправностей та при експлуатації готової системи автоматизації.

- Висока швидкість та підтримка математичних операцій для ефективної обробки даних.

- Автоматичний обмін даними між операційною системою контролера та приладами, система людино-машинного інтерфейсу із використанням загальної бази проекту.

- Неперервний моніторинг системи для виявлення помилок та відмов за допомогою діагн. функцій, вбудованих в операційну систему CPU.

НУБІП України

НУБІП України

Окрім ПЛК Siemens Simatic S7-300, для створення системи керування котлеагрегатом також необхідно використати наступне обладнання:

- блок живлення: PS 405/407/6ES7407-0KA02-0AA0 вихід 24В/10А;
- комунікаційний модуль IM153-1 6ES7153-1AA03-0XB0 (рис. 3.3) , для підключення модулів UC0 S7-300 через інтерфейс PROFIBUS-DP.

карта пам'яті S7-300/карта пам'яті/FLASH-EPROM/ 6ES7952-1KM00-0AA0, 4Мбайт для S7-300/400.

Для вводу 7 аналогових сигналів будемо використовувати 1 модуль: на 8-м входів: SIMATIC S7-300, SM 331, модуль вводу аналогових сигналів (6ES7331-7KF02-0AB0) 8 входів $\pm 5\text{В}/\pm 10\text{В}$, 1...5В/ $\pm 20\text{mA}$ (4)...20mA, 16 біт.

Для виводу 4-х аналогових сигналів виберемо модуль SIMATIC S7-300, SM 332, модуль виводу аналогових сигналів: гальванічне розділення зовнішніх та внутрішніх ланцюгів, 4 виходи U/I; (6ES7332-5HD01-0AB0).

Для підключення вхідних-вихідних дискретних сигналів з урахуванням використання в схемах проміжних реле (24В) виберемо модуль: 6ES7 323-1BH01-0AA0 SIMATIC S7-300, SM 323, модуль вводу-виводу дискретних сигналів: гальванічне розділення зовнішніх та внутрішніх ланцюгів, 8 входів 24В та 8 виходів 24В/0,5А, сумарний вихідний струм 4А.

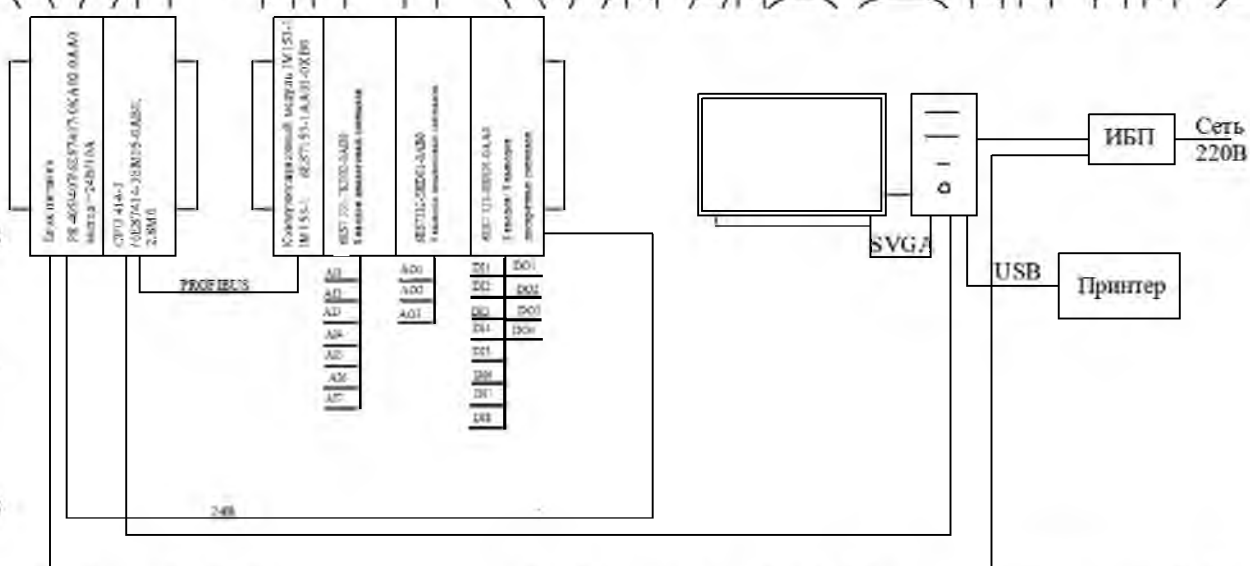


Рис. 3.3 Структурна схема системи керування на базі SIMATIC S7-300/400

3.2. Вибір сприймаючих елементів системи автоматичного керування

Вибір датчика температури перегрітої пари на виході котлоагрегату для системи керування проводимо за методикою [11].

Так, за технічними характеристиками котлоагрегату Е-2,5-0,9 ГМ робоча температура насиченої пари на виході з котлоагрегату повинна складати 190°C (таблиця 1.1, розділ I).

Для того, щоб датчик у процесі вимірювання температури на заданому рівні не вносив недопустиму динамічну похибку вимірювання, його постійна часу T_{CE} повинна бути на порядок меншою від постійної часу об'єкта T_{OU} .

Постійна часу котлоагрегату для каналу керування $T_{OU} = 100\text{с}$. З огляду на сказане, постійна часу датчика повинна бути не більше 10 с.



Рис. 3.4. Термоперетворювач опору з уніфікованим вихідним сигналом Siemens Simatic S7-300

Враховуючи вимоги за діапазоном вимірювання та інерційністю, а також особливості підключення датчиків температури до програмованих логічних контролерів Siemens Simatic S7-300, для вимірювання температури пари на виході котлоагрегату обраний термоперетворювач опору загальнопромислового виконання

Siemens Sitrans TS500-3G (рис. 3.4), технічні характеристики якого наведені в таблиці 3.1.

Датчик Siemens Sitrans TS500-3G широко використовується у хімічній, нафтохімічній промисловості, в енергетиці, у системах водопідготовки та водовідведення.

Термоперетворювачі з уніфікованим вихідним сигналом Siemens Sitrans TS500-3G призначені для неперервного перетворювання температури різних середовищ у пропорційний струмовий сигнал 4-20 мА дистанційної передачі. Датчик складається із вбудованого в головку вимірювального перетворювача із вихідним сигналом 4-20 мА та термозонду.

Таблиця 3.1.

Технічні характеристики термоперетворювача Siemens Sitrans TS500-3G [26]

Характеристика	Значення
Діапазон вимірюваних температур, °С	-30...+400
Показник теплової інерції, с	7
Клас допуску за ДСТУ 6651	A,B,C
Номінальна статична характеристика (НСХ)	Pt100
Клас точності	0,25%, (Pt100)
Кількість чутливих елементів, шт.	1
Схема внутрішніх з'єднань провідників	двохпровідна, трьохпровідна, чотирьохпровідна
Матеріал захисної арматури	сталь 12Cr18Ni0T
Ступінь захисту	IP54, IP67

Вимірюваний параметр – температура – лінійно перетворюється термочутливим елементом у пропорційну зміну омичного опору, який, в свою чергу, перетворюється вимірювальним перетворювачем у струмовий вихідний сигнал.

За динамічними властивостями датчик є інерційною ланкою, передатна функція якого має вигляд $W_{CE}(s) = \frac{k_{CE}}{T_{CE} \cdot s + 1}$.

Коефіцієнт передачі k_{CE} (чутливість), визначається за формулою

$$k_{CE} = \frac{\Delta I}{\Delta T} = \frac{20 - 4}{400 - (-30)} = 0,037 \text{ mA/}^\circ\text{C} \quad (3.4)$$

де ΔT – різниця значень вимірюваних датчиком температур, $^\circ\text{C}$ (таблиця 3.1);

ΔI – різниця струмів, що відповідає значенням температур в робочому

діапазоні, mA;

Враховуючи, що показник теплової інерції сприймаючого елемента складає 7 с (таблиця 3.1), передатна функція датчика Siemens Sitrans TS500-3G

$$W_{CE}(s) = \frac{k_{CE}}{T_{CE} \cdot s + 1} = \frac{0,037}{7 \cdot s + 1} \quad (3.5)$$

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

3.3. Вибір виконавчих механізмів системи автоматичного керування

Регулюючим органом і виконавчим механізмом САК температурою пари на виході котлоагрегату є відповідно регулюючий клапан зміни подачі газу і сервопривод, який обертає цей клапан.

Регулюючий орган – один із самих відповідальних елементів САК (від його працездатності багато в чому залежать надійність системи в цілому і надійність регулювання), безпосередньо діючих на об'єкт управління.

Вихідними даними для вибору регулюючого органу (РО) є:

$\gamma = 1 \text{ г/см}^3$ – об'ємна маса газоподібного палива;

$\nu = 0,2$ – в'язкість палива;

$Q_{\max} = 100 \text{ м}^3/\text{год.}$, $Q_{\min} = 20 \text{ м}^3/\text{год.}$ – максимальна та мінімальна об'ємна витрати

палива;

$P_1 = 15 \text{ кг/см}^2$ – абсолютний тиск в системі постачання палива до РО;

$\Delta P_0 = 10 \text{ кг/см}^2$ – перепад тиску в системі;

$\Delta P_{\text{л max}} = 4 \text{ кг/см}^2$ – максимальний перепад тиску в лінії.

Під час вибору регулюючих органів є певна послідовність розрахунків:

1. Обчислюють максимальну пропускну здатність регулюючого органу та його умовний діаметр.
2. Визначають робочий відрізок витратної характеристики.
3. Знаходять теоретичну витратну характеристику (для клапанів).
4. Визначають для рідини робочу ділянку кривої зміни перепаду тиску (для газу та пари знаходять максимальний та мінімальний перепади тиску).

Обчислюємо максимальну пропускну здатність РО:

$$K_{\gamma \max} = Q_{\max} \cdot \sqrt{\frac{\gamma}{\Delta P_{\min}}} = Q_{\max} \cdot \sqrt{\frac{\gamma}{\Delta P_0 - \Delta P_{\text{л max}}}} = 100 \cdot \sqrt{\frac{1}{10 - 4}} = 41 \text{ м}^3/\text{год.} \quad (3.6)$$

Регульовальний орган вибирають за умови, що

$$K_{\gamma} \geq 1,2 \cdot K_{\gamma \max} \quad (3.7)$$

Тоді $K_{\gamma} \geq 1,2 \cdot K_{\gamma \max} = 1,2 \cdot 41 = 49,2 \text{ м}^3/\text{год.}$

Таблиця 3.2.

Формули для розрахунку пропускну здатності [11]

Вид гідравлічного опору	П ерепад тиску	Витрата газу G	Витрата пари G
	$\Delta P < P_1/2$	$K_{\gamma} = Q \cdot \sqrt{\frac{T}{\Delta P \cdot I}}$	$K_{\gamma} = \frac{G}{31,6}$
	$\Delta P \geq P_1/2$	$K_{\gamma} = \frac{G}{257 \cdot P_1} \cdot \sqrt{\frac{T}{\gamma}}$	$K_{\gamma} = \frac{G}{22,4}$
Лінія	$\Delta P_L < P_2/2$	$K_{\gamma L} = Q$	$K_{\gamma L} = \frac{G}{31,6}$
	$\Delta P_L \geq P_2/2$	$K_{\gamma L} = \frac{G}{257 \cdot P_2} \cdot \sqrt{\frac{T}{\gamma}}$	$K_{\gamma L} = \frac{G}{2,4}$

За довідниковими даними [11] вибираємо регульовальний клапан з умовним діаметром $D_v = 50\text{мм}$ і пропускною здатністю $K_{\gamma PO} = 50 \text{ м}^3/\text{год}$.

В якості регулюючого елемента в клапані, зазвичай, застосовується або шток спеціальної конструкції, який може рухатися у вертикальному напрямку, або куля чи заслінка яка може повертатися навколо осі. При цьому регулюючий елемент не здійснює повне перекриття клапана, а перерозподіляє потоки рідин, тим самим виробляючи їх змішування.

Поправки на в'язкість не вводимо, оскільки індекс в'язкості:

$$z = 420 \cdot \frac{Q_{\max}}{v \cdot \sqrt{K_{\gamma \max}}} = 420 \cdot \frac{100}{0,2 \cdot \sqrt{41}} = 32813 > 1000. \quad (3.8)$$

Знаходимо робочу ділянку витратної характеристики вибраного регулюючого органу. Для цього скористуємось виразом з таблиці 3.4:

$$K_{\gamma L} = Q_{\max} \sqrt{\frac{\gamma}{\Delta P_{L \max}}} = 100 \cdot \sqrt{\frac{1}{4}} = 50 \text{ м}^3/\text{год}. \quad (3.9)$$

Визначаємо відношення перепаду тиску на PO при максимальній витраті до перепаду тиску в лінії:

$$n = \frac{K_{\gamma PO}}{K_{\gamma L}} = \frac{50}{50} = 1. \quad (3.10)$$

Уточнюємо перепад тиску на виконавчому пристрої:

$$\Delta P_{ВП} = \frac{\Delta P_c}{1 + \eta^2} = \frac{10}{1 + 1^2} = 5 \text{ кгс/см}^2. \quad (3.11)$$

Визначаємо витрату рідини через виконавчий пристрій в разі перепаду тиску на ньому:

$$Q_{ВП} = K_{\gamma_{ро}} \sqrt{\frac{\Delta P_{ВП}}{\gamma}} = 50 \cdot \sqrt{\frac{5}{1}} = 112 \text{ м}^3/\text{год}. \quad (3.12)$$

Знаходимо відносну максимальну та мінімальну витрату рідини:

$$\mu_{\max} = \frac{Q_{\max}}{Q_{ВП}} = \frac{100}{112} = 0,89; \quad \mu_{\min} = \frac{Q_{\min}}{Q_{ВП}} = \frac{20}{158} = 0,18. \quad (3.13)$$

За графіком (додаток Б1) вибираємо витратну характеристику ВМ, згідно якої відносний хід затвора регулювального органа (плунжера):

$$l_{\min} = 0,12; \quad l_{\max} = 0,8.$$

При цьому відношення перепаду тиску на РΘ до перепаду тиску в системі змінюється від $\beta_{\max} = 0,95$ до $\beta_{\min} = 0,68$ (додаток Б2), що відповідає наступним перепадам:

$$\beta_{\max} = \frac{\Delta P_{\max}}{\Delta P_c}; \quad \beta_{\min} = \frac{\Delta P_{\min}}{\Delta P_c}. \quad (3.14)$$

Потім розраховуємо значення:

$$\Delta P_{\max} = \beta_{\max} \cdot \Delta P_c = 0,95 \cdot 10 = 9,5 \text{ кг/см}^2; \quad (3.15)$$

$$\Delta P_{\min} = \beta_{\min} \cdot \Delta P_c = 0,68 \cdot 10 = 6,8 \text{ кг/см}^2. \quad (3.16)$$

Таким чином, після розрахунку необхідного регулюючого органу, отримуємо дані для вибору виконавчого механізму.

Вибір виконавчого механізму САК температурою пари на виході котлоагрегату. Виконавчим механізмом (ВМ) називається пристрій автоматики, який діє безпосередньо або через погоджуючі елементи на регулюючий орган об'єкта управління. ВМ, як частина системи автоматичного керування, призначений для відпрацювання управляючого сигналу, який формується управляючими елементами автоматики таким чином, щоб відхилення регулюючої величини від заданого значення становило якнайменше значення. Виконавчі механізми, які з'єднані безпосередньо з

регулюючими органами, переміщують їх відповідно до сигналу, що надходить від пристрою, який формує алгоритм керування.

До ВМ пред'являють ряд вимог:

- здатність розвивати необхідне переставне зусилля або момент, достатні для перестановки регулюючого органу об'єкта,
- забезпечити перестановку регулюючого органу на потрібну величину,
- забезпечити потрібну швидкість і прискорення переміщення регулюючого органу,
- мати високі техніко-економічні показники (надійність, ціна та ін.).

ВМ обираються залежно від величини обертального моменту необхідного для переміщення регулюючого органу [11]:

$$M_s = k \cdot (M_p + M_m), \quad (3.17)$$

де M_p – реактивний момент:

$$M_p = 0.07 \cdot \Delta P_{\max} \cdot D_y^3 = 0.07 \cdot 9.5 \cdot 10^4 \cdot (50 \cdot 10^{-3})^3 \approx 0.83 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M_m = 0.785 \cdot \Delta P_{\max} \cdot D_y^2 \cdot r_t \cdot \lambda = 0.785 \cdot 9.5 \cdot 10^4 \cdot (50 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 1 \cdot 10^2 \cdot 0.15 \approx 0.28 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M_s = 2 \cdot (0.83 + 0.28) = 2.22 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Момент обертання валу обраного виконавчого механізму повинен бути більшим за момент, необхідний для обертання заслінки: $M_n > M_s$.

В якості електроприводу, яким комплектується регулюючий клапан, виступає сервопривод, побудований на електродвигуні невеликої потужності і системі передач.

Для приводу клапана обраний сервопривод BELIMO LM24A-SZ-TPC (рис. 3.5), що за технічними характеристиками задовольняє зазначені умови.

Передачна функція виконавчого механізму (сервоприводу) є інтегруючою ланкою

$$W_{BM}(s) = \frac{k_{BM}}{s}, \quad (3.18)$$

де k_{BM} – коефіцієнт передачі виконавчого механізму, град./с;

$$k_{BM} = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t}, \quad (3.19)$$

Δt – проміжок часу, с;

$\Delta\varphi_{об}$ - кут повороту вихідного валу за проміжок часу Δt , град

Таблиця 3.3.

Технічні характеристики сервоприводу BELIMO LM24A-SZ-TPC [27]

Тип	Максимальний момент навантаження, Н·м	Час повного ходу, сек/90°	Температура навколишнього середовища, °C	Ступінь захисту	Маса, кг
M24A	10	58	0...+60	IP65	3,5



Рис. 3.5. Виконавчий механізм - сервопривод BELIMO LM24A-SZ-TPC

Напруга живлення 24 В.

$$k_{вм} = \frac{90}{58} = 1,56 \frac{\text{град}}{\text{сек}}$$

$$W_{вм}(s) = \frac{1,56}{s}$$

Оскільки конструктивно у сервоприводі реалізований зворотний зв'язок за положенням (реостатний датчик положення), то остаточною передатною функцією виконавчого механізму визначається як

$$W_{вм}(s) = \frac{W_{двиг}(s)}{1 + W_{двиг}(s)} = \frac{\frac{1,56}{s}}{1 + \frac{1,56}{s}} = \frac{1,56}{s + 1,56} = \frac{1}{\frac{1}{1,56} \cdot s + 1} = \frac{1}{0,64 \cdot s + 1}$$

3.4. Вибір алгоритму управління та розробки функціональної та структурної схеми САК

Функціональна схема автоматизації системи керування паровим котлоагрегатом зображена на рис. 3.1. Як буде далі показано, у системі керування використовується програмований логічний контролер (ПЛК) Simatic S7-300 фірми Siemens (згідно із завданням на магістерську роботу), який виконує функції керування основними контурами, позначеними для зручності сприйняття окремими регуляторами (UIRC (4-1), UIRC (4-2), PIC (3-3) та PIC (2-4)).

Вона складається з таких основних контурів керування:

1. **Контур керування живленням котлоагрегату.** Робота контуру основана на рівні води у верхньому барабані та тиску перегрітої пари на виході котлоагрегату, тобто на рівні споживання пари споживачем. Рівень води в барабані котлоагрегату вимірюється датчиками LE (1-1) (верхній рівень) та LE (2-1) (нижній рівень), вихідний сигнал яких подається на ПЛК (його частина UIRC (4-1)). Вимір тиску перегрітої пари на виході з котлоагрегату у магістраль для корекції здійснюється за допомогою датчика тиску PE (3-1). Вихідний сигнал ПЛК подається через комутуючу апаратуру NS (6-1) із можливістю ручного керування HS (5-1) на електромагнітний клапан подачі живильної води на котлоагрегат.

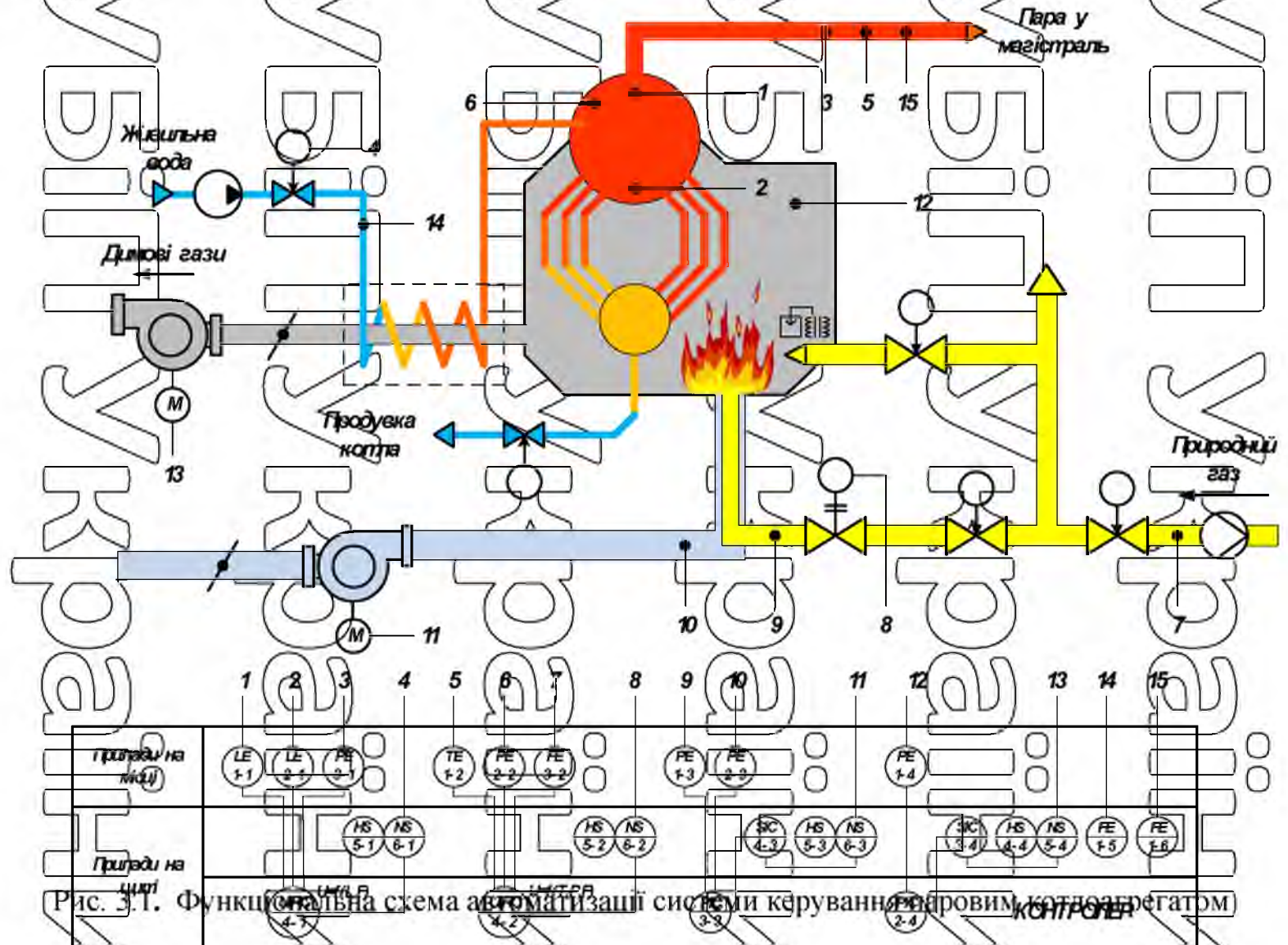


Рис. 3.1. Функціональна схема автоматизації системи керування паровим котлом-агрегатом

2. **Контур керування тепловим навантаженням котлоагрегату**, який працює по температурі перегрітої пари на виході з котлоагрегату, по тиску пари в барабані котла із корекцією по витраті газу на котел. Температура пари вимірюється датчиком температури TE (1-2), тиск пари у барабані котлоагрегату вимірюється датчиком тиску PE (2-2), а витрати природного газу вимірюються витратоміром FE (3-2), вихідні сигнали яких надходять до ПЛК (його частина UIRC (4-2)). Вихідний сигнал ПЛК подається через комутуючу апаратуру NS (6-2) із можливістю ручного керування NS (5-2) на сервопривод регулюючого клапану, який змінює подачу природного газу як палива в котлоагрегат.

3. **Контур керування співвідношенням "газ/повітря"** працює по тиску повітря на пальник. Тиск природного газу вимірюється датчиком тиску PE (1-3), тиск повітря, відповідно, датчиком PE (2-3). Вихідні сигнали цих датчиків передаються на ПЛК (його частина PIC (3-3)). Контролер формує керуючий сигнал для перетворювача частоти SIC (4-3), який плавно змінює частоту обертання валу електродвигуна приводу дутьового вентилятора, і відповідно тиск повітря на пальник.

4. **Контур керування розрідженням у топці котлоагрегату**. Розрідження вимірюється датчиком тиску (тягонапороміром) PE (1-4), вихідний сигнал якого подається на ПЛК (його частина PIC (2-4)). Контролер формує керуючий сигнал для перетворювача частоти SIC (3-4), який плавно змінює частоту обертання валу електродвигуна приводу димососа, і відповідно розрідження у топці котлоагрегату.

Для обліку матеріальних ресурсів схемою передбачене встановлення витратомірів живильної води котлоагрегату FE (1-5) та природнього газу FE (1-6).

Контури керування пальником і продувкою котла на даній схемі не показані.

НУБІП України

Вибір алгоритму керування

Для визначення алгоритму керування визначимо динамічні властивості об'єкта та показники якості, які повинні бути забезпечені по технологічним вимогам.

Алгоритм керування вибирають за величиною відношення часу запізнення до постійної часу об'єкта $\frac{\tau_{ov}}{T_{ov}}$ [11]:

- якщо $\frac{\tau_{ov}}{T_{ov}} < 0,2$, перевагу віддають позиційному (релейному) алгоритму

керування, але можливе використання і неперервного алгоритму. Рішення приймається в залежності від технологічних вимог до процесу управління.

- якщо $0,2 < \frac{\tau_{ov}}{T_{ov}} < 1,0$, перевагу віддають неперервному або цифровому

алгоритму керування (П-, ПІ- або ПІД-алгоритм керування)

якщо $\frac{\tau_{ov}}{T_{ov}} > 1,0$, вибирають спеціальний цифровий регулятор з екстраполатором, який компенсує запізнювання в контурі керування.

Крім того, для обґрунтування алгоритму керування і вибору регулятора, який реалізує такий алгоритм, необхідно знати не тільки властивості об'єкта та вимоги до технологічного процесу, але й деякі конструктивні особливості самих регуляторів. Промислові регулятори реалізують алгоритм керування з певною похибкою, що обов'язково повинно враховуватись при виборі усіх технічних засобів, що входять до складу системи автоматичного керування.

В даному випадку за отриманою передатною функцією (2.15)

$$\frac{\tau_{ov}}{T_{ov}} = \frac{20}{100} = 0,2.$$

НУБІП України

За вказаною методикою необхідно обрати неперервний алгоритм керування. Крім того, необхідно врахувати особливості роботи пального і топки котлоагрегату: запуск пального займає певний час, і при використанні позиційного алгоритму керування можуть виникнути значні коливання температури пари, коливання тиску в барабані котла, і неможливо буде швидко реагувати на різкі зміни витрат пари споживачем. Це вказує на те, що топка повинна працювати неперервно, і алгоритм керування виконавчим механізмом повинен бути неперервним.

Методика вибору найкращого алгоритму керування для певного об'єкта полягає у визначенні динамічного коефіцієнта регулювання.

Для статичних об'єктів:

$$R_D = \frac{y_1}{K_{OY} \cdot u_{MAX}} \quad (3.1)$$

де K_{OY} – коефіцієнт передачі об'єкта керування;

u_{MAX} – макс. допустиме збурення по навантаженню, в % ходу РО;

y_1 – максимальне динамічне відхилення, %.

Проведемо розрахунки за умов наступних значень показників якості:

- максимальне динамічне відхилення $y_1 = 1,5\%$;
- статична похибка $\Delta y = 2,0^\circ\text{C}$;
- допустимий час регулювання $t_p = 500$ с;
- перерегулювання за збуренням $\sigma = 0,2$;
- допустиме можливе значення збурення за навантаженням (у %

переміщення регульовального органу) $u_{MAX} = 20\%$.

За вихідними значеннями величина динамічного коефіцієнту

$$R_D = \frac{1,5}{0,67 \cdot 20} = 0,12.$$

Вибираємо для даного об'єкта перехідний процес із 20% перерегулюванням.

За графічними залежностями [11] (Додаток А1), визначаємо алгоритм керування – це ПІ-алгоритм.

Перевіримо, чи забезпечуватиметься при цьому необхідний час регулювання за виразом

де $t = \psi \cdot \tau$, (3.2)
 де ψ - відносний час регулювання, для статичного об'єкту із ПІ-алгоритмом керування $\psi = 12$ (Додаток А2).

Тоді $t_{PI} = \psi \cdot \tau = 12 \cdot 20 = 240$, видно, що $240 < 500$, тобто необхідний час регулювання забезпечується.
 Перевіримо на виникнення при цьому статичної похибки.

За графічними залежностями [11], визначаємо

$$\frac{\Delta y}{k_{OU} \cdot y_{МАКС}} = 0,14, \quad (3.3)$$

$$\Delta y = k_{OU} \cdot y_{МАКС} \cdot 0,14 = 0,67 \cdot 20 \cdot 0,14 = 1,876^{\circ}\text{C}.$$

Умова $1,876^{\circ}\text{C} < 2,0^{\circ}\text{C}$ виконується, тобто ПІ-алгоритм керування задовольняє технологічні вимоги до процесу керування температурою перегрітої пари в котлоагрегаті.

Реалізація алгоритму керування

Згідно із функціональною схемою автоматизації (рис. 3.1), система керування котлоагрегатом складається з програмованого логічного контролера (ПЛК), який виконує функції керування різними контурами в залежності від інформації від різноманітних датчиків технологічного процесу виробництва пари, різних виконавчих механізмів, а також електрообладнання для керування цими виконавчими механізмами.

Детальний вибір електрообладнання для пуску та захисту виконавчих механізмів, комутації кіл керування, ручного керування та світлової сигналізації розглядається у розділі 5 магістерської роботи, а вибір програмованого логічного контролера, датчика температури та виконавчого механізму (регулюючого клапану) викладений у подальшому матеріалі.

РОЗДІЛ 4 ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ

Цифрові системи керування – це системи, в яких безперервні сигнали перетворюються в цифрові коди і керування здійснюється з використанням алгоритмів обробки цифрової інформації.

Цифрові системи керування передбачають перетворення безперервних сигналів у цифрові коди та зворотне перетворення цифрових кодів у безперервні сигнали. Такі перетворення здійснюють аналогово-цифрові (АЦП) і цифро-аналогові (ЦАП) перетворювачі. У таких перетворювачах здійснюється квантування як за часом так і за рівнем.

4.1. Визначення періоду квантування сигналів ЦСК

Дискретизація (квантування) – заміна неперервного сигналу тими чи іншими дискретними значеннями.

Види дискретизації:

- за часом
- за рівнем
- одночасна дискретизація за рівнем і за часом

Задача вибору раціонального періоду квантування T_k є однією з основних проблем реалізації ЦСК. При зменшенні часу керування точність керування цифровою системою збільшується, але при цьому зростає завантаження мікроЕОМ масивами інформації. При збільшенні часу квантування втрачається важлива інформація про сигнал, що може призвести до неможливості відтворення вихідного сигналу за дискретними вибірками. Тому виникає проблема пошуку раціонального часу квантування T_k , який задовольнив би такі суперечливі вимоги.

Згідно з теоремою Котельникова, для можливості безпомилкового відтворення сигналу, як показує аналіз амплітудних спектрів імпульсної системи, найменша частота квантування повинна дорівнювати $2\omega_c$, де ω_c – найвища частота вихідного сигналу, яка має місце в амплітудно-частотній характеристиці неперервної частини системи.

Теорема стверджує: якщо сигнал не містить в собі частот вище, ніж ω_c рад/с, він повністю описується своїми значеннями, вимірними у дискретні моменти часу за інтервалом $T_k = \pi/\omega_c$.

При подальших розрахунках нехтуємо передатною функцією виконавчого механізму внаслідок його малої інерційності.

Визначення передатної функції неперервної частини розімкнутої системи

$$W_{PO3}^{HЧ}(s) = \frac{k_{CE}}{T_{CE} \cdot s + 1} \cdot \frac{k_{OV}}{T_{OV} \cdot s + 1} \cdot e^{-\tau \cdot s} = \frac{k_{CE} \cdot k_{OV} \cdot e^{-\tau \cdot s}}{T_{CE} \cdot T_{OV} \cdot s^2 + (T_{CE} + T_{OV}) \cdot s + 1} \quad (4.1)$$

$$W_{PO3}^{HЧ}(s) = \frac{0,024 \cdot e^{-20 \cdot s}}{700 \cdot s^2 + 107 \cdot s + 1}$$

Передатна функція замкненої неперервної частини

$$W_{3AM}^{HЧ}(s) = \frac{W_{PO3}^{HЧ}(s)}{1 + W_{PO3}^{HЧ}(s)} \quad (4.2)$$

$$W_{3AM}^{HЧ}(s) = \frac{0,024 \cdot e^{-20 \cdot s}}{(700 \cdot s^2 + 107 \cdot s + 1) + 0,024 \cdot e^{-20 \cdot s}}$$

У результаті розв'язання рівняння

$$\frac{k_{CE} \cdot k_{OV}}{\sqrt{(-T_{CE} \cdot T_{OV} \cdot \omega^2 + 1 + k_{CE} k_{OV})^2 + (T_{CE} \cdot T_{OV})^2 \cdot \omega^2}} = 0,01 \cdot A(\omega = 0). \quad (4.3)$$

отримаємо в кінцевому рахунку час квантування.

Скориставшись математичним пакетом Mathcad, отримаємо значення частоти (рис. 4.1) та періоду квантування.

НУБІП України

НУБІП України

$j := \sqrt{-1}$
 $\omega := 0,0001..0.8$
 $W1(\omega) := \frac{0.67}{100 \cdot j \cdot \omega + 1} \cdot e^{-20 \cdot j \cdot \omega}$
 $W2(\omega) := \frac{0.037}{j \cdot \omega \cdot 7 + 1}$

$Wr(\omega) := W1(\omega) \cdot W2(\omega)$
 $Wz(\omega) := \frac{Wr(\omega)}{1 + Wr(\omega)}$
 $A(\omega) := |Wz(\omega)|$

$\omega := 0.1$
 Given
 $A(\omega) = 0.00024$
 Find(ω) = 0.371
 При $\omega=0$ $A(0)=0,024$
 1 % від $A(\omega=0)$ дорівнює 0,00024
 $\omega_s := 0.371$
 Час квантування складає: $T_s := \frac{\pi}{\omega_s} = 8.468$

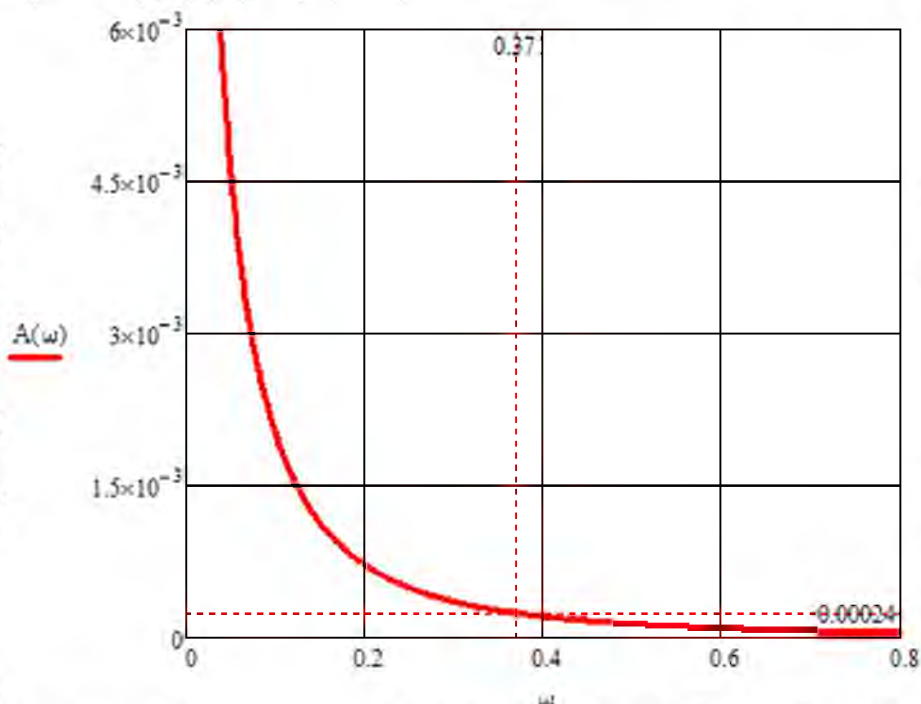


Рис. 4.1. Визначення періоду квантування ЦСК у панелі Mathcad

$\omega_c = 0,371.$

Період квантування

$T_k \approx \frac{\pi}{\omega_c} = 8.468 \text{ c.} \quad (4.4)$

4.2. Визначення показників якості роботи цифрової системи керування

Аналогічно з неперервними системами, в цифрових системах можна реалізувати ПІ-алгоритм керування (рис 4.2).

Синтез ПІ-регулятора полягає у знаходженні параметрів K_p, K_i .

Параметр інтегральної складової регулятора, який залежить від добротності за швидкістю K_v неперервної частини, визначається за виразом

$$K_i = \frac{K_v}{\lim_{z \rightarrow 1} W_{н.ч.}(z)} \quad (4.5)$$

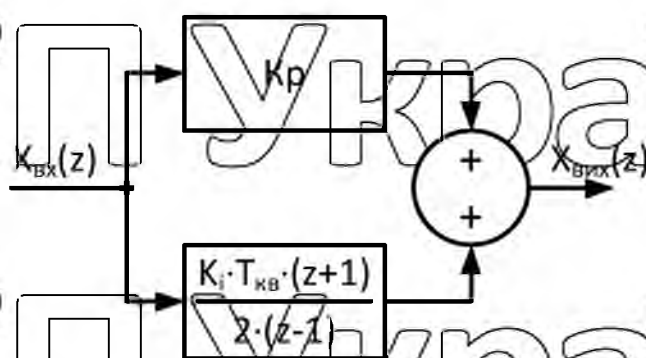


Рис. 4.2. Структурно-алгоритмічна схема цифрового ПІ-регулятора:

K_p, K_i – параметри відповідно пропорційної та інтегральної складових ПІ-регулятора, $T_{кв}$ – період квантування

Добротність за швидкістю визначається залежно від постійної часу об'єкта (табл. 4.1).

Таблиця 4.1.

Визначення добротності за швидкістю

$T_{об}, c$	K_v
~ 1	3...10
~ 10	0,3...1
~ 100	0,01...0,04
~ 1000	0,004...0,012

Згідно з таблицею $K_v = 0,025$, оскільки $T_{об} = 100$ с.

Для визначення передатної функції $W_{н.ч.}(z)$ застосовуємо пакет імітаційного моделювання MATLAB (Лістинг 4.1), використовуючи операції завдання передатної

функції неперервної системи $w=tf([K_0],[T_b T_0 T_b+T_0 1])$ та Z-перетворення неперервної передатної функції на дискретну $Wz=c2d(w,T_k)$, де w – змінна, що отримала вираз неперервної передатної функції, T_k – період квантування.

```
>> Wou=tf([0.67],[100 1],'OutputDelay',20)
```

```
Transfer function:
          0.67
exp(-20*s) * -----
          100 s + 1
```

```
>> Wce=tf([0.037],[7 1])
```

```
Transfer function:
          0.037
-----
          7 s + 1
```

```
>> W=Wou*Wce
```

```
Transfer function:
          0.02479
exp(-20*s) * -----
          700 s^2 + 107 s + 1
```

```
>> Wz=c2d(W,8.468)
```

```
Transfer function:
0.0002933 z^2 + 0.03046 z + 0.008044
-----
z^3 - 0.8239 z^2 + 0.04038 z
```

```
Sampling time: 8.468 )
```

Лістинг 4.1. Z-перетворення неперервної частини розімкненої САК у MATLAB

При синтезі ПІ-регулятора ми нехтуємо малою постійною часу CE, оскільки

ПІ-регулятор компенсує лише один полюс Z-перетворення неперервної частини:

```
>> Wou=tf([0.67],[100 1])
```

```
Transfer function:
          0.67
-----
          100 s + 1
```

```
>> Wouz=c2d(Wou,8.468)
```

```
Transfer function:
          0.0544
-----
z - 0.9188
```

```
Sampling time: 8.468
```

Лістинг 4.2. Полюс Z-перетворення неперервної частини,

що компенсується регулятором у MATLAB

Тоді

$$K_i = \frac{0.025}{\frac{0.0002933 \cdot 1^2 + 0.03046 \cdot 1 + 0.008044}{1^3 - 0.8239 \cdot 1^2 + 0.04038 \cdot 1}} = 0.179$$

Після знаходження K_i параметр K_p визначаємо таким чином, щоб компенсувати полюс Z -перетворення неперервної частини системи.

Передатна функція ПІ-регулятора має вигляд:

$$W_{PI}(z) = \frac{K_i \times Tz + 1}{2} \frac{2 \times K_p \times z - 2 \times K_p + K_i \times T \times z + K_i \times T}{z - 1} = \frac{(2 \times K_p + K_i \times T)z + (K_i \times T - 2 \times K_p)}{2(z - 1)} = \frac{(2 \times K_p + K_i \times T) \left[z + \frac{K_i \times T - 2 \times K_p}{2 \times K_p + K_i \times T} \right]}{2(z - 1)} \quad (4.5)$$

Для компенсації полюсу необхідно знайти такий K_p , який би задовольняв рівняння:

$$K_p = 1$$

Given

$$\frac{K_i \cdot T_s - 2 \cdot K_p}{K_i \cdot T_s + 2 \cdot K_p} = -0.7716$$

$$\text{Find}(K_p) = 16.357$$

Лістинг 4.3. Знаходження параметра K_p цифрового ПІ-регулятора

у пакеті Mathcad

Для дослідження показників якості роботи цифрової системи використана модель у пакеті імітаційного моделювання MATLAB/Simulink (рис. 4.3) та отримаємо перехідний процес цифрової системи з ПІ-регулятором (рис. 4.4).

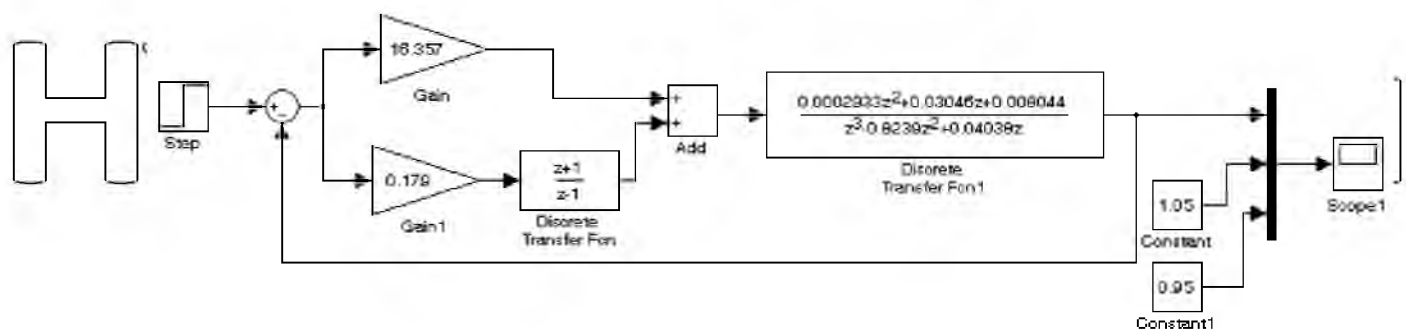


Рис. 4.3. Структурно-алгоритмічна схема цифрової системи керування температурою пари у пакеті імітаційного моделювання MATLAB/Simulink

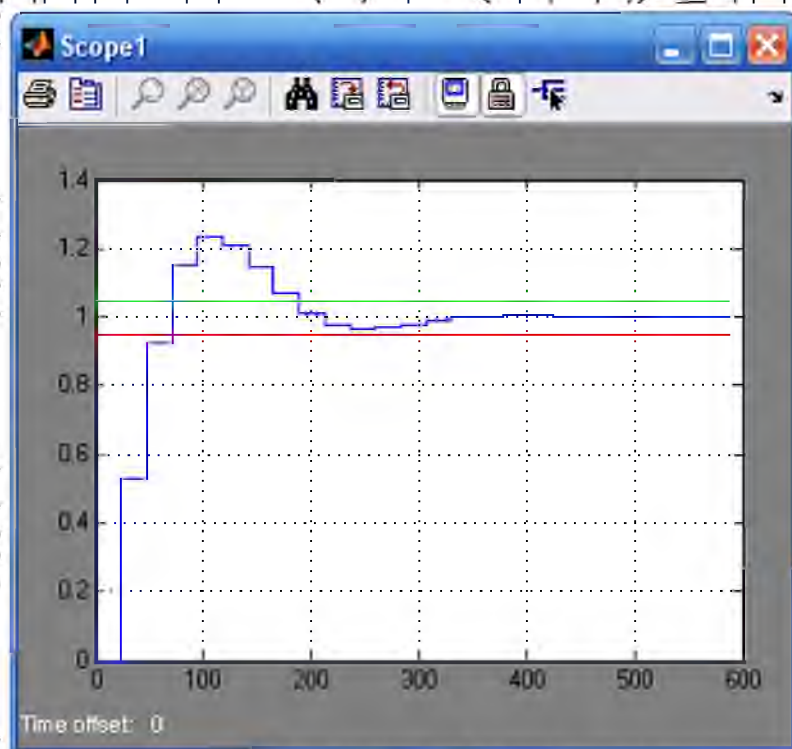


Рис. 4.4. Перехідний процес цифрової САК температурою пари на виході котлоагрегату

За характером перехідного процесу видно, що система є стійкою із наступними показниками якості роботи:

- час регулювання $t_p = 177$ с;
- перерегулювання $\sigma = 22\%$;
- коливальність $n=1$;
- відсутня статична похибка.

Отримані показники задовольняють технологічні вимоги до процесу керування температурою насиченої пари на виході котлоагрегату.

Сигналізатор рівня ємнісний РОС101.



Рисунок 13 - Сигналізатор рівня ємнісний РОС101

Датчик-реле рівня РОС 101 0211 призначений для контролю рівня рідких, твердих (сипких) середовищ в різних технологічних резервуарах і сховищах в стаціонарних. Параметри контролюваного середовища: температура від мінус 100 до плюс 100 °С, робочий тиск 2,5 МПа, конструктивне виконання стрижневе ізольоване. У датчиках-реле за допомогою регулюючих елементів в передавальному перетворювачі забезпечується установка рівня і диференціала спрацьовування в межах робочої зони чутливого елемента, за допомогою зміни положення перемички забезпечується зміна виду сигналізації «наявності» або «відсутність» контролюваного середовища, за допомогою елементів світлової індикації забезпечується контроль функціонування і індикація досягнення встановленого рівня. Датчик-реле складається

з первинного перетворювача (ПП) з чутливим елементом і передавального перетворювача (ППР).

Вибір датчика витрат

Ротаметр електричний вибухозахищений РЕВ - 0.63 призначений для вимірювання витрати рідини. Межі вимірювання 0 – 15 м³ /с. Вихідний сигнал 0..10 мВ н. Ротаметр РМ-А-1. Ротаметри цього типу призначені для вимірювання об'ємної витрати плавно мінливих однорідних потоків чистих і слабо забруднених рідин, повітря і газів (за умови індивідуального градування на даному газі). Верхня межа вимірювань по повітрю 0,0063 м³ / ч. Параметри вимірюваного середовища: від 5 до 50 °С, робочий тиск до 0,6 МПа.

Датчик тиску EJX430A

Датчик тиску EJX430A - призначений для вимірювання надлишкового тиску різних середовищ: рідини, газу та пара. Рисунок 14 - Датчик тиску EJX430A Основні характеристики: похибка вимірювань $\pm 0,04\%$ від шкали Стабільність вимірювання $\pm 0,1\%$ від верхньої межі вимірювання протягом 10 років.

Допускається повне зміщення нуля вниз (придушення нуля) або вгору (підняття нуля) в межах діапазону вимірювання капсули. Максимальний робочий тиск капсула А – 3,5 МПа, капсула В – 16 МПа Вихідний сигнал 4... 20 мА з функцією цифрового зв'язку з BRAIN або HART протоколу, Foundation Fieldbus. Вихідний сигнал програмно може бути заданий лінійним або довільно сегментно лінеаризованим. Час відгуку 95 мсек. Температура процесу -40... 120 °С

Температура навколишнього середовища -40... 85 °С (без індикатора) -30... 80 °С (з індикатором) Живлення 10,5... 42 В постійного струму Матеріал, що контактує із середовищем, стандартно: мембрана - Hastelloy C276 інше - нержавіюча сталь 316L SST Конструктивне виконання стандартне: IP67 іскробезпечне: (EExiaIICT5) вибухонепроникне: (EExdIICT4, T5, T6) Міжповітрочний інтервал - 6 роки.

РОЗДІЛ 5 РОЗРОБКА СХЕМ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦІЇ

НУБІП України

5.1. Розробка схем погодження між зовнішніми пристроями та програмованим логічним контролером

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

5.2. Розробка принципової схеми

Принципові електричні схеми автоматизації є проектними документами, розшифровується принцип дії і роботи вузлів, пристроїв і систем автоматизації, які працюють від джерела електричної енергії.

Принципові електричні схеми автоматизації за допомогою показаних на схемах умовних графічних, літерних і цифрових зображень і позначень, дають уявлення про послідовність роботи застосовуваної електричної апаратури та елементів для досягнення поставлених завдань для згаданих вузлів, пристроїв і систем.

Принципові електричні схеми автоматизації розробляються для управління агрегатами, для регулювання технологічних процесів, блокувань за технологічними параметрами, аварійного захисту виробничих і технологічних процесів і попереджувальної і аварійної сигналізації.

Дані схеми є основними кресленнями для розробки робочих монтажних креслень і проведення пусконаладжувальних робіт і кваліфікованої експлуатації цих вузлів, пристроїв і систем електричного принципу дії.

Назви принципів електричних схемами присвоюються відповідно до функціональних засад дії запроєктованої системи. При виконанні принципів електричних схем використовуються розгорнуті зображення елементів. Принципові електричні схеми повинні містити:

- 1) кола силові
- 2) елементні схеми управління, регулювання, вимірювання, захисно-блокувальних залежностей і сигналізації;
- 3) контакти апаратів, приладів і ключів даної схеми, зайняті в інших схемах і такі ж контакти з інших схем;
- 4) лінії зв'язку між приладами, апаратами або пристроями і їх частинами, включеними в цю схему;
- 5) необхідні пояснення та примітки;
- 6) перелік елементів;

Розташування графічного текстового матеріалу на кожному кресленні має бути таким, щоб воно полегшувало читання цього креслення. Принципові електричні схеми складаються і викреслюються з застосуванням умовних графічних зображень. На конструкторському документі (рис. СУ-71.7.05020101.Е3) представлена принципова схема щита КВП.

Основним елементом схеми є мікроконтролер фірми Siemens, який здійснює управління за заданою програмою усіма вузлами автоматики котла. На входи мікроконтролера приходять сигнали від датчиків, а виходи підключені до виконавчих пристроїв. Харчування мікроконтролера та інших елементів КВП проводиться від стабілізованого джерела живлення. (Є також роз'єми для установки модулів розширення)

Електрична принципова схема (ДСТУ ГОСТ 2.702:2013) це вид електричної схеми, що дає повне розуміння про склад і принцип роботи в даному випадку нашого об'єкту. Для виконання схеми використовується ГОСТ 2.708-81. На ній не враховується габаритні розміри та реальне розташування деталей об'єкта.

Для зображення на електричній принциповій схемі використовується ГОСТ 2.709-89, на ній зображуються всі складові частини нашого об'єкту і їх зв'язки. Також при виконанні схеми спираються на:

1. ГОСТ 2.701-84 «Схеми. Види і типи. Загальні положення к виконанню»
2. ГОСТ 2.702-75 «Правила виконання електричних схем»

Схема принципової в додатку 2

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

5.3. Розробка схеми з'єднань

Опис компоновання панелі щита. Компонованням називається загальний вигляд щита і розміщені на ньому прилади та засоби автоматизації. Компоновання апаратури повинна забезпечити зручність користування ними. На малюнку наведено загальний вигляд щитів, розроблений на основі функціональної схеми.

Щити виконані в відповідності з типовими проектами котельень і призначені для автоматизації котлів серії ДЕ, що спалюють природний газ або мазут, продуктивністю 10 тонн пари на годину.

Щит і комплект апаратури, призначений для роботи з ним, забезпечують: 1) автоматичне регулювання тиску пара і рівня води в барабані котла, витрати повітря до пальників, розрідження в топці; 2) оперативний контроль розрідження в топці, напору повітря за дутьєвим вентилятором, температури димових газів по тракту і сили струму електродвигуна димососа, встановленими на щиті приладами; 3) світлозвукову сигналізацію при відхиленні тиску палива тиску повітря, тиску пари, розрідження в димоході, відхиленні рівня в барабані котла, згасанні факела і аварійна зупинка котла.

Щити встановлюються у виробничих і спеціальних щитових приміщеннях з температурою навколишнього повітря від -35 до +50 С. При компонованні необхідно звертати увагу на естетику зовнішнього вигляду проектного щита.

Засоби автоматизації і апаратури управління компонуються функціональними групами в порядку ходу технологічного процесу. Апаратуру на панелях розташовують так, щоб черговий персонал було зручно спостерігати за показаннями приладів за технологічним процесом. Показують прилади і сигнальні засоби встановлюють на висоті 800-2100мм, самописні прилади на висоті 1000-1600мм, ключі та кнопки на висоті 700-1600мм. Під кожним приладом поміщені рамки з написами про призначення приладу або вимірюється параметрі.

Комутації одиничного щита. Схема комутації щита являє собою зворотну сторону передньої стінки щита з точним розташуванням на ній апаратури зі спрощеним зображенням проводки. У щити і пульти дозволяється введення електричного струму напругою, що не перевищує 400В.

При введенні в щити із засобами автоматизації спрямованими понад 250В постійного і змінного струму рекомендується струму провідної частини закривати контуром.

Живлять дроти, кабелі і імпульсні трубки рекомендується підводити безпосередньо до вступного вимикача щита.

Індивідуальні ланцюга харчування засобів автоматизації схем управління, сигналізації і т.д. рекомендується підводити від вступного вимикача до відповідних вимикачів і запобіжників. Розведення індивідуальних ланцюгів харчування повинна виконуватися згідно з прийнятими рішеннями в принциповій схемі. Для пневматичної провідки в щитах і пультах повинні застосовувати імпульсні трубки, виготовлені з пластмаси, поліетилену або будь-яких сплавів, прокладаються відкритим способом або в пластмасових коробках.

Пневматичні лінії зв'язку повинні бути герметизовані, не мати витоків повітря в атмосферу. Компенсаційні дроти або кабелі, поставлені комплексно з окремими видами приладів і засобів автоматизації, приєднуються безпосередньо до їх

затискачів. Кінці проводів, підключення до приладів, апаратів і збірок затискачів, повинні мати маркування, що відповідає монтажним схемами щита.

До зовнішніх з'єднувальних проводок належить: проводи, кабелі тощо. На схемі використано унікальні позначення та маркування, що допомагає ідентифікувати прилади на схемі. Усе це використовується для зручного звернення до точок підключення у текстових описах.

Для виконання схеми з'єднань включаються всі складові частини системи спираючись на ГОСТ 2.702-75.

Схема з'єднань виконується лише на один щит, пульт або станцію керування. Всі прилади які є на електричній принциповій схемі повинні бути зображені на схемі з'єднань. Схема з'єднань зображується на розгортці щита, всі прилади знаходяться на передній або задній стінці, на бічній стінці знаходиться клемна збірка.

Для того щоб не загроможувати схема лініями зв'язку використовують адресний спосіб, принцип якого заключається в тому що замість ліній зв'язку, представляють цифрову або літерно-цифрову адресу у місці приєднання проводу або кабелю на кожному приладі.

Схема з'єднань в додатку 3

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

5.4. Розробка схеми підключень

На схемі підключень зображується зовнішнє підключення приладів, установок шитів і т.д. Схема виконується на підставі електрично принципової схеми, специфікації кожного приладу та креслень виробничих приміщень. Виконується схема згідно з ГОСТ 2.702-75.

Графічними позначками показують елементи з'єднання, прилади які знаходяться за шитом, первинні перетворювачі, засоби автоматизації, а також електропроводки та всі кабелі і проводи.

Для шаф, приладів і пультів вибрали зображення кола або прямокутника, які підписуються в середині фігур.

На лініях зв'язку позначаються номери проводки, їхні перерізи та довжини кабелю або проводів.

Схема підключень в додатку 4

5.5. Вибір апаратів захисту та керування

Обладнання для забезпечення технологічних параметрів в теплиці налічує шість електродвигунів. Два електродвигуна використовуються для приводу системи зашторювання та відкриття фрамуг. Чотири електродвигуна використовуються для насосів в системах повітряного та водяного опалення.

Для захисту електродвигунів обираємо лінійку автоматичних вимикачів фірми Шнайдер Електрик GV2, які призначені для захисту від короткого замикання та перевантаження електродвигунів.

Вибір автоматичного вимикача GP1-6.

Згідно технічного завдання в схемі використовуються три електричні двигуни для привода валів вальців барабанів потужністю по 1.5 кВт, тому для їх захисту обираємо автоматичні вимикачі які розраховані на:

$$U_{nd} = 400V; I_{nd} = 4A.$$

Обираємо автоматичний вимикач GV2ME08 (рис. 4.1) з наступними технічними характеристиками: $U_{na} = 400V$; $I_{na} = 4A$; I_{mr}



Рис. 4.1. Автоматичний вимикач з магнітним розчиплювачем GV2ME08

В схемі керування в якій основними споживачами є магнітні пускачі, програмований логічний контролер та виконавчі механізми з живленням від постійного струму, обираємо двох полюсний автоматичний вимикач iK60N (рис. 4.2), з наступними технічними характеристиками: $U_{na} = 240V$; $I_{na} = 4A$.

Рис. 4.2. Автоматичний вимикач К60N C4 2P

Магнітні пускачі для керування електродвигунами розділимо на дві групи за струмом навантаження.

Вибір електромагнітних пускачів КМ1-6.

Електромагнітний пускач для керування електродвигунами привода валів вальців барабанів повинен відповідати наступним вимогам:

$$U_n = 380V; I_n = 10A; U_k = 220V.$$

Використовуючи перелічені умови обираємо електромагнітний пускач LC1D12P7 (рис. 4.3) з наступними основними характеристиками: $U_n = 440V$; $I_n = 4A$; $U_k = 220V$.



Рис. 4.3. Електромагнітний пускач LC1D12P7

Вибір проміжних реле KLT-4.

Проміжні реле повинні відповідати наступним вимогам: кількість контактів 3; малий струм обмотки; $U_k = 24V$.

Використовуючи перелічені умови обираємо проміжне реле MY4-NS 24V DC (рис. 4.4) з наступними основними характеристиками: кількість контактів 4 групи; $I_n = 5A$ при $U_n = 240V$; $U_k = 24V$.



Рис. 4.4. Проміжне реле MY4-NS 24V DC

5.6. Розробка комп'ютерно-інтегрованої системи керування

SCADA TRACE MODE – це програмна система для автоматизації технологічних процесів (АСУ ТП), телемеханіки, диспетчеризації, обліку ресурсів (АСКОЕ, АСКУГ) і автоматизації будівель.

TRACE MODE працює під Windows і Linux, використовується в більш ніж в 30-ти країнах світу, в 40-а галузях промисловості і має найбільшу (57 500 шт.).

Переваги SCADA TRACE MODE:

1. SCADA TRACE MODE – безумовний технологічний лідер – основні технології, що застосовуються в SCADA вперше застосовані в TRACE MODE;
2. до складу програми входять вбудовані драйвери для більш ніж 2678 ПЛК і УСО;
3. єдиний інструмент програмування контролерів і АРМ операторів з технологією автопостроєння проекту;
4. масштабованість від 16 до 1.000.000 точок введення / виведення. Спеціальні технології роботи з великими проектами;
5. засоби розробки систем телемеханіки;
6. найшвидша система реального часу;
7. найшвидша СУБД (понад 1.000.000 записів в секунду);

SCADA-система була створена у Indusoft Web Studio. На головному меню Menu (рис. 4.11) є кнопки, а зверху можна побачити поточний час і дату.



Рисунок 4.11 — Вікно Menus

Третя кнопка Alarms показує аварії (рис. 4.13).

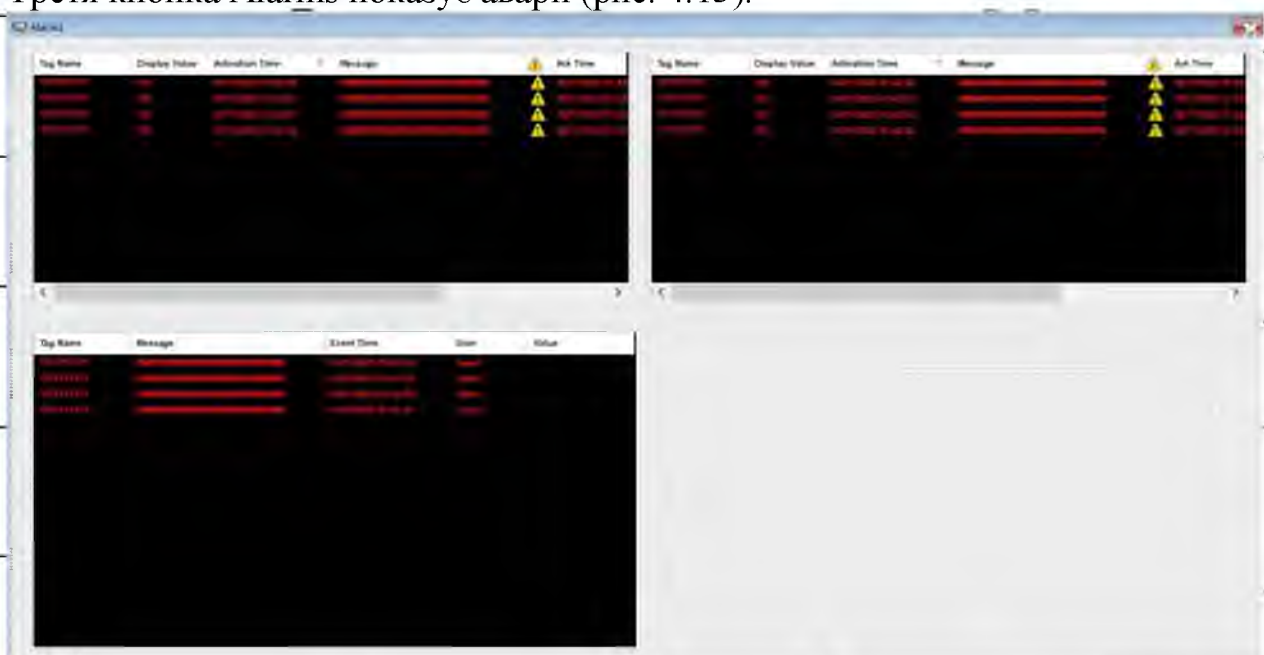


Рисунок 4.13 — Вікно Alarms з можливими варіантами аварій

Четверта кнопка Trends показує значення наших параметрів та їх зміну з часом (рис. 4.14).

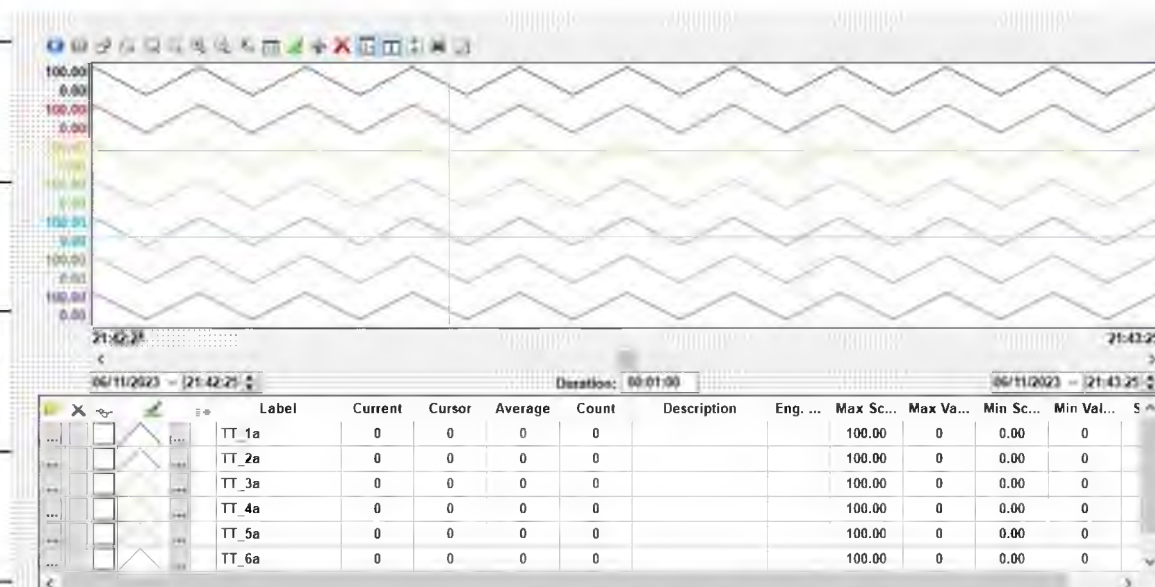


Рисунок 4.14 Вікно Trends

Для системи було розроблено людино-машинний інтерфейс. У цьому підрозділі буде описано наступні вікна: Menus, Mimics, Alarms, Trends, Models.

Початкове вікно, називається Menus (рис. 5.1). Воно має кнопки, дату та час.



Рисунок 5.1 Вікно Menus

Натиснувши на першу кнопку — відкривається діалогове вікно з двома полями: ім'я користувача та пароль (рис. 5.2).

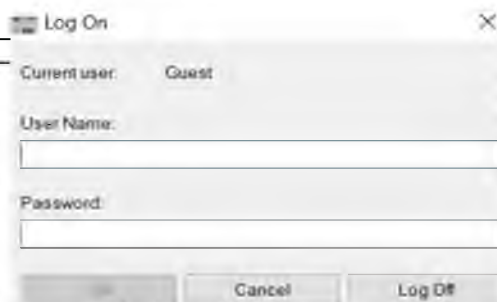


Рисунок 5.2 Вхід до системи

Натиснувши другу кнопку Minіes — буде зображена мнемосхема

Третя кнопка Alarms показує аварії з повідомленнями про проблему (рис. 5.4) та їх вирішеннями (рис. 5.5).

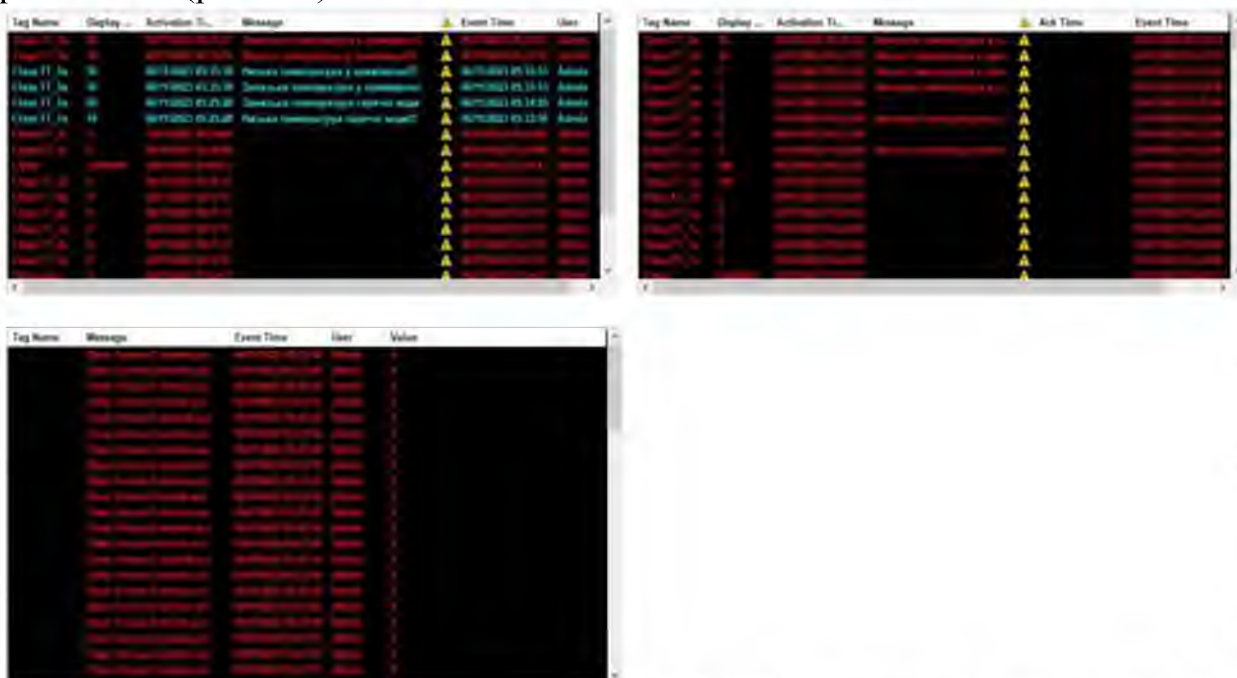


Рисунок 5.4 Вікно Alarms з можливими варіантами аварій

НУБІП України

НУБІП України

РОЗДІЛ 6 РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ

Результати створеного кошторису:

- загальна кошторисна вартість 140893,61 грн
- вартість обладнання 121303,10 грн
- монтажні роботи 18195,52 грн
- транспортування 1395 грн

Економічний ефект: $E_{\text{ед}} = \Delta C - K \cdot E_n = 60672,01 - 140893,61 \cdot 0,15 = 39537,97$ грн/рік (показник нормативної економічної ефективності $E_n = 0,15$)

Ефективність: $\Delta C = E_b - \Delta C_e = 119955,36 - 59283,35 = 60672,01$ грн

Економія витрат від впровадженої новації: $E_b = 0,4 \cdot Q_p + E_o = 0,4 \cdot 89888,4 + 84000 = 119955,36$ грн (річну економію на обслугованні приймемо 12000 грн в місяць – 7 місяців опалювального сезону = 84000 грн)

Річне споживання теплової енергії: $Q_p = 3 \cdot 35,67 \cdot 7 \cdot 12 = 89888,4$ грн (споживання теплової енергії в опалювальний сезон (приблизно 7 місяців) складає 3Гкал на 120 м². Ціна 1Гкал = 35,67 грн./м²)

Додаткові експлуатаційні витрати: $\Delta C_e = Z_{\text{ам}} + Z_{\text{ел}} + Z_p = 2817,87 + 49420,8 + 7044,68 = 59283,35$ грн/рік

Затрати на амортизацію: $Z_{\text{ам}} = 0,02 \cdot K = 0,02 \cdot 140893,61 = 2817,87$ грн/рік

Затрати на електроенергію: $Z_{\text{ел}} = \Pi \cdot T_p \cdot C_e = 3,9 \cdot 4800 \cdot 2,64 = 49420,8$ грн/рік (сумарна потужність обладнання $\Pi = 3,9$ кВт, річний фонд робочого часу системи $T_p = 4800$ год, ціна електроенергії 1кВт/год $C_e = 2,64$ грн) Затрати на ремонт: $Z_p = 0,05 \cdot K = 0,05 \cdot 140893,61 = 7044,68$ грн/рік Розрахуємо термін окупності капіталовкладень:

АСР вважається економічно ефективною, якщо $T_{\text{ок}} < T_n$.

$T_{\text{ок}} = K/\Delta C = 140893,61/39537,97 = 3,6$ роки

Розрахуємо нормативний порівняльний термін окупності капіталовкладень: $T_n = 1/E_n = 1/0,15 = 6,7$ років

Можна зробити висновок, що введення автоматизованої системи керування опаленням є економічно вигідним та ефективним, адже система вважається економічно ефективною, якщо період окупності 3,6 менше ніж

нормативний порівняльний термін 6,7. Окрім того, термін окупності зменшиться та економічний ефект збільшиться, адже в розрахунках наведено використання посиленого режиму опалення.

РОЗДІЛ 7 ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ І ОХОРОНА ПРАЦІ

7.1 Аналіз небезпечних і шкідливих факторів приміщення

Охороною праці називають систему законодавчих актів, соціально-економічних, організаційних, технічних, гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, що забезпечують безпеку, збереження здоров'я працездатності людини в процесі праці. Одна з основних завдань охорони праці полягає в забезпеченні безпеки праці людини, тобто створення таких умов праці, при яких виключається вплив на працівників шкідливих виробничих факторів.

Заходи щодо забезпечення безпеки праці повинні передбачатися на стадії проектування і при введенні в дію об'єктів і обладнання системи. Модернізація системи необхідна як для зменшення навантаження оператора, так і для своєчасного оповіщення про аварійні ситуації. Контроль параметрів здійснюється за допомогою ПЕОМ. Шкідливими факторами, які впливають на організм людини при роботі з ПЕОМ, є: -видиме випромінювання і мерехтіння екрану. Електронно-променева трубка монітора є джерелом невеликих доз рентгенівського випромінювання. Електронна гармата випромінює електрони в напрямку людини.

При зіткненні електронів і передньою стінкою електронно-променевої трубки (екрану) в результаті гальмування електронів виникають різні випромінювання. Крім цього, для розгону електронів використовується висока напруга, порядку десятків кіловольт. Тому навколо монітора присутнє електростатичне поле, найбільш сильне ззаду і з боків. Видиме випромінювання, відблиски і мерехтіння екрану сприяють виникненню короткозорості і перевтоми очей, мігрені і головного болю, підвищують дратівливість, нервові напруження і можуть викликати стреси-низькочастотне поле:

Низькочастотне поле може стати причиною загострення деяких захворювань шкіри (вугрі, себорроїдна екзема, рожевий лишай) і змін біохімічних реакцій в крові на клітинному рівні, в результаті чого виникають симптоми стресу. Відзначено випадки порушення нормального протікання вагітності і збільшення ймовірності викиднів в 2 рази.

Підвищується ймовірність порушення репродуктивної функції і виникнення раку, особливо раку мозку і лейкемії.-електростатичне поле:Електростатичне поле, на думку експертів, здатне змінювати і переривати клітинний розвиток. При катаракті, викликаній впливом поля, помутніння розвивається на мембрані кришталика. Відзначено підвищена частота захворювання на глаукому. Під дією підвищеної концентрації пилу поблизу екрану дисплея підвищується ймовірність виникнення дерматитів особи (прищі, екземи, свербіж шкіри).-магнітне поле:Магнітні поля промислової частоти можуть стати причиною виникнення злоякісної пухлини, особливо у дітей.

Найбільш сильно дію цих полів проявляється на відстані до 30 см від екрану. Не меншою інтенсивності досягають ці поля з заднього боку дисплея (джерело рядковий трансформатор) -іх шкідливий вплив простягається на відстань до 0,7-1 м.-спектр поглинання світла очима не збігається зі спектром випромінювання від дисплея:Численними дослідженнями вчених було встановлено, що не тільки надмірне ультрафіолетове випромінювання, але і надлишкова величина синьо-фіолетового

світла здатні викликати помутніння оптичних середовищ очей. Це ще більше погіршує згодом чіткість різних зображень на сітківці.

Слід мати на увазі, що в зоровому процесі беруть участь не тільки очі, а й мозок. Периферичний парний орган зору (очей) - не дуже досконалий оптичний прилад, він "видає" на сітківку сильно спотворене, нечітке та ще і перевернуте зображення предметів.

Після цього на фотознімок, зроблений з сітківки, проходить складну "математичну" обробку в нашому мозку. Зображення перевертається на 180 градусів, в ньому усуваються всі геометричні спотворення. Ясно, що чим чіткіше буде початкове зображення на сітківці, тим легше мозку потім його обробляти. Найбільша перевага мозку спостерігається при роботі з неякісними моніторами, що мають зерно (піксель) більше 0,3 мм.

Таким чином, однією з важливих заходів профілактики погіршення зору повинна бути замість від надлишкових потоків синьо-фіолетового світла в поєднанні з підвищенням чіткості зображення на сітківці очей, різниця між яскравістю робочої поверхні і навколишніми поверхнями:

Користувач ПЕВМ втомлюється через постійне мерехтіння, нестійкості і нечіткості зображення на екрані, через необхідність частої переналадження очей до освітленості дисплея і до загальної освітленості приміщення.

Несприятливо впливають на зір різновіддалені об'єктів розрізнення, недостатня контрастність зображення, погана якість вихідного документа, що використовується при роботі в режимі введення даних. Зорова напруга посилюється нерівномірністю освітлення робочої поверхні і її оточення, появою яскравих плям за рахунок відбиття світлового потоку на клавіатурі і екрані, - нерівномірної і недостатньої освітленості на робочому місці. Приміщення, в яких встановлені відеодисплей, повинні мати природне і штучне освітлення. Вікна в приміщеннях, де експлуатується обчислювальна техніка, переважно повинні бути орієнтовані на північ і північний схід.

Штучне освітлення може бути як загальне, так і комбіноване. Освітленість на поверхні столу в зоні розміщення документів має бути 300-500 лк. Для підсвічування документів допускається застосування світильників місцевого освітлення.

7.2. Технічні рішення та організаційні заходи з гігієни праці та виробничої санітарії

7.2.1. Мікроклімат робочої зони

Мікроклімат робочої зони приміщень щитової та операторської приймають за вимогами ДСН 3.3.6.042 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень», виходячи із категорії робіт за важкістю праці

НУБІП України

Категорії і характеристики робіт

Категорії робіт	Характеристика робіт
Легка - I	Роботи, які виконуються сидячи, стоячи або пов'язані з ходінням, але не вимагають фізичних зусиль
Середньої важкості - II-а	Роботи, які постійно виконуються ходячи, а також виконуються сидячи або стоячи, але не вимагають переміщення вантажів
Середньої важкості - II-б	Роботи, які пов'язані з ходінням і переміщенням вантажів до 10 кг
Важка - III	Роботи, які пов'язані з систематичним напруженням, постійним переміщенням і перенесенням (понад 10 кг) вантажів

Рисунок 6.1 – Категорії і характеристики робіт

Для приміщень операторської та щитової це відповідно категорія Iб (легка) та категорія II б (середньої важкості).

Параметри мікроклімату робочої зони, що нормуються:

1. Температура повітря (t , °C);
2. Потужність теплових випромінювань (V , Вт/м²);
3. Відносна вологість повітря (W , %);
4. Швидкість переміщення повітря (v , м/с).

Оптимальні параметри мікроклімату наведені нижче у в табл. 6.1.

Таблиця 6.1 – Параметри мікроклімату

Ме подію	Кате горія роботи	Оптималь			Допусти		
		t , °C	W , %	v m/c	t , °C	W , %	v m/c
Холодний	I-б	1-23	0-60	0.1	0-24	5	0.2
	II-б	8-20	0-60	0.2	7-23	5	0.3
Теплий	I-б	2-24	0-60	0.2	0-24	0	0
	II-б	1-23	0-60	0.3	8-27	5	0.2-0.4

Також температура повітря в робочій зоні виробничих приміщень, системи вентиляції, способи подавання та видалення повітря приймається за додатком Д ДБН В.2.5-77:2014 «Котельні».

7.2.3. Виробничий шум

Для визначення рівня шуму у приміщенні, де встановлений котел, необхідно зробити вимірювання за вимогами ДСН 3.3.6.037-99 [19].

Згідно з даними, що містить паспорт котла Vaillant turboTEC plus VU 242/5-5 рівень звуку при роботі котла становить 48 дБА, що не перевищує допустимий рівень 80 дБА. Циркуляційний насос Zegor ZRS32/4GB для опалення 180 мм працює практично безшумно.

Окрім того, відповідно до проекту, газовий котел буде встановлений в окремому приміщенні, без постійної присутності обслуговуючого персоналу.

7.3. Пожежна безпека та профілактика

Для виконання вимог із забезпечення вибухопожежної та пожежної безпеки, приміщення газової котельні повинно бути обладнане системою автоматичної пожежної сигналізації табл. А1 додатку А ДБН В.2.5-56:2014 «Системи протипожежного захисту».

Відповідальні особи за безпечну експлуатацію газової котельні та обслуговуючий персонал повинні пройти навчання за програмою пожежнотехнічного мінімуму, що передбачено вимогами наказу МВС України

«Порядок затвердження програм навчання та інструктажів з питань пожежної безпеки, організації та контролю за їх виконанням» від 05.12.2019.

У разі виникнення пожежі працівники мають швидко і безпечно покинути робочі місця. З цією метою роботодавець повинен забезпечити належне утримання аварійних виходів та шляхів евакуації. Підходи до аварійних виходів повинні бути вільними, незахаращеними та мати належні позначення (сигнальними кольорами, дорожовказами, написами, знаками безпеки тощо)

Шляхи евакуації і аварійні виходи мають бути забезпечені евакуаційним освітленням. Двері аварійних виходів повинні відкриватись назовні і замикатись так, щоб у випадку необхідності будь-яка особа могла легко і швидко їх відкрити без застосування додаткових засобів.

Відповідно до вимог пожежної безпеки, на підприємстві повинен бути розроблений порядок огляду приміщень після закінчення робочого дня відповідальними особами з фіксацією у Журналі результатів огляду.

Дії виробничого персоналу при виявленні запаху газу:

- негайно припинити його подавання;
- викликати аварійну газову службу;
- провітрити приміщення.

До усунення несправності в приміщенні забороняється:

- запалювати сірники;
- палити;
- застосовувати відкритий вогонь;
- вмикати та вимикати електроприлади;
- користуватися інструментом, який утворює іскри під час ударів;
- застосовувати вогонь для виявлення витoku газу з газопроводів;
- користуватися газовими пальниками й приладами.

У разі виникнення пожежі необхідно негайно викликати пожежнорятувальну службу за телефоном 101.

Крім того, обслуговуючий персонал котельні повинен вміти

користуватися первинними засобами пожежогасіння.

За типом вогнегасники розподіляють на порошкові, вуглекислотні, водопісні, водяні і газові.

Придатність використання вогнегасників визначається, відповідно до класів пожеж:

клас пожежі А - горіння твердих речовин клас пожежі В - горіння рідких речовин клас пожежі С - горіння газоподібних речовин клас пожежі D - горіння металів

клас пожежі Е - горіння електроустановок під напругою

Клас пожежі F - горіння горючих речовин, таких як рослинні та тваринні олії і жири в обладнанні для приготування їжі.

На роботодавця покладено обов'язок створення безпечних та нешкідливих умов праці, що реалізується у декілька етапів.

По-перше, всі працівники повинні бути застраховані від нещасного випадку на виробництві.

Наступним кроком необхідно провести атестацію робочих місць та, спираючись на висновки атестаційної комісії, підтвердити відповідність існуючим нормам умов праці, покращити умови праці або встановити пільги та сплачувати компенсації працівникам за роботу в шкідливих умовах праці.

Крім того, необхідно здійснити заходи з створення безпечного виробничого середовища. Приміщення, де встановлений газовий котел повинно бути обладнане газоаналізатором, пожежною сигналізацією, автоматикою безпеки, аварійним освітленням, захисним заземленням.

У зв'язку з тим, що робота з обслуговування водогрійних котлів відноситься до робіт підвищеної небезпеки до працівників також застосовуються певні вимоги. Зокрема, до роботи у газовій котельні допускаються особи не молодші 18 років, що пройшли медичний огляд, спеціальне навчання, навчання з протипожежного мінімуму і мають посвідчення кваліфікаційної комісії на право обслуговування котлів, пройшли вступний та первинний на робочому місці інструктаж з охорони праці, електробезпеки, пожежної безпеки, дій у надзвичайних ситуаціях та порядку надання домедичної допомоги. Працівники, які обслуговують газовий котел повинні мати II групу з електробезпеки.

ВИСНОВКИ

У даній дипломній роботі розроблено техно-робочий проєкт "Автоматизована система керування опаленням за допомогою теплої підлоги".

Робота була розділена на сім основних розділів, які охоплюють проєктування, інженерний розрахунок, опис графічної частини проєкту, програмування ПТКЗА, імітаційне моделювання АТК, охорону праці та техніко-економічний розрахунок.

У розділі "Проєктування АСУТП" була проведена характеристика технологічного об'єкту управління та обґрунтування структури АСУТП. Були розроблені функціональні та структурні схеми автоматизації, а також програмно-технічний комплекс.

З метою реалізації системи керування опаленням за допомогою теплої підлоги використано сучасні датчики для збору даних про температуру в приміщенні та на вулиці. Отримані дані передаються до регулятора, який застосовує алгоритми управління для регулювання роботи теплої підлоги. У результаті чого була досягнута оптимальна робота системи.

Ця система передбачає комбінацію теплої підлоги з традиційними радіаторами. Даний підхід дозволяє поєднати переваги обох систем. Тепла підлога забезпечує рівномірне та комфортне розподілення тепла в приміщенні, тоді як радіатори можуть швидко нагрівати повітря, що дозволяє у короткий термін збільшити температуру. Це забезпечує більш гнучкий та ефективний контроль температури в приміщенні.

У розділі "Інженерний розрахунок САР" були проведені розрахунки вимірювальних каналів та регулювально-виконавчих каналів системи автоматичного регулювання.

Були проведені математичні дослідження для перевірки ефективності автоматизованої системи опалення. У результаті було отримано дані про споживання енергії, температурні режими та зручність управління.

У розділі "Опис графічної частини проєкту" розроблені схеми, креслення та специфікація обладнання, що використовується в системі.

У розділі "Програмування ПТКЗА" описано процес програмування функціональності ПЛК та SCADA-системи та у розділі "Імітаційне моделювання АТК" змодельовано технологічний процес в середовищі Matlab Simulink та програмування контролерної функціональності в софті ПЛК CoDeSys та HMI/SCADA-системі WebStudio.

У розділі "Охорона праці" описані заходи, які необхідно виконати при експлуатації та встановленню системи автоматизації.

У розділі "Техніко-економічний розрахунок" зазначено, що АСК забезпечить економічний ефект на 140893,61 грн. Проектний термін окупності капіталовкладення в АСУТП складає 3,6 років.

Отримані результати свідчать про те, що розроблена автоматизована система керування опаленням має високу роботоздатність, надійність та енергоефективність.

Продовження досліджень у цій області може призвести до подальшого вдосконалення систем опалення та створення більш енергоефективних рішень.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

НУБІП України

1. Закон України «Про охорону праці» від 1992
2. Конституція України від 1996
3. Правил безпеки систем газопостачання від 15.05.2015
4. Правил технічної експлуатації теплових установок і мереж, наказ від

14.02.2007

НУБІП України

5. ДБН В.2.5-77:2014 Котельні
6. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень ДСН 3.3.6.042-99
7. Наказ МНС України Про затвердження Загальних вимог стосовно забезпечення роботодавцями охорони праці працівників від 25.01.2012

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України