

ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»
Факультет комп'ютерно-інформаційних технологій та автоматизації
(повне найменування інституту, назва факультету)

Кафедра автоматики та телекомунікацій
(повна назва кафедри)

«До захисту допущено»

В.о. завідувача кафедри автоматики та
телекомунікацій

(підпис)

(ім'я та прізвище)

«___» _____ 2024 р.

Випускна кваліфікаційна робота

бакалавра

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему «Розробка системи автоматичного керування паровим котлом»

Виконав студент 4 курсу, групи АКТ-20

(шифр групи)

спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

(шифр і назва спеціальності)

Гусєва Данила Михайловича

(Прізвище, Ім'я та По-батькові)

(підпис)

Керівник доц. каф. АТ, к.т.н., доц.

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ім'я)

Валерій ПОЦЕПАЄВ

(підпис)

Рецензент зав. каф. ЕЛІН, к.т.н., доц.

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ім'я)

Олександр КОЛЛАРОВ

(підпис)

Нормоконтроль:

Дар'я ЖУКОВСЬКА

17.06.2024 р.

*Засвідчую, що у цій випускній кваліфікаційній
роботі немає запозичень з праць інших авторів
без відповідних посилань.*

Студент _____

(підпис)

Луцьк – 2024 р.

ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»
Факультет комп'ютерно-інформаційних технологій та автоматизації
(повне найменування інституту, назва факультету)

Кафедра автоматики та телекомунікацій
(повна назва кафедри)

Захист відбувся _____
(дата)

з оцінкою _____

Секретар ЕК _____
(підпис)

Випускна кваліфікаційна робота бакалавра

Тема: «Розробка системи автоматичного керування паровим котлом»

Виконавець, студент

гр. АКТ–20

_____ Данило ГУСЄВ
(підпис, дата, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Керівник

_____ Валерій ПОЦЕПАЄВ
(підпис, дата, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Консультанти:

_____ Ганна ТЕЛИЧКО
(підпис, дата, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

_____ Валерій ПОЦЕПАЄВ
(підпис, дата, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Нормоконтроль

_____ Дар'я ЖУКОВСЬКА
(підпис, дата, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Луцьк – 2024 р.

**Державний вищий навчальний заклад
"Донецький національний технічний університет"**

Інститут, факультет Комп'ютерно-інформаційних технологій та автоматизації
Кафедра Автоматика та телекомунікації
Освітньо-кваліфікаційний рівень бакалавр
Галузі знань 15 Автоматизація та приладобудування
(шифр і назва)
Спеціальність 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
В.о. завідувача кафедри АТ

«_____» _____ 2024 року

З А В Д А Н Н Я
НА ВИПУСКНУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

Гусєв Данило Михайлович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Розробка системи автоматичного керування паровим котлом

керівник проекту (роботи) доц., к.т.н., доцент Поцєпаєв В.В

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від 25.04.2024 року № 164

2. Строк подання студентом проекту (роботи)

3. Вихідні дані до проекту (роботи)

Технічна документація та матеріали з переддипломної практики

4.Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Аналіз систем автоматичного керування паровими котлами; Проектування системи автоматичного керування паровим котлом; Синтез та дослідження САР

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
схема парового котла Е-1,0-0,9Г; схема перевірки перетворювача SAPFIR-22ДІ;
електрична випробувальна схема DISC-250; схема приладу RS 29.0.42; схема
котла як об'єкта керування; діаграма побудови годографа замкнутої системи;
графік трапецієподібній форми характеристики; графік загального перехідного
процесу.

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Поцєпаєв В.В., доц. каф. АТ		
2	Поцєпаєв В.В., доц. каф. АТ		
3	Тєличко Г.О., к.т.н., доцент		
нормоконтроль	Жуковська Д.О., ас. каф. АТ	-	17.06.2024 р.

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Аналіз систем автоматичного керування паровими котлами	02.05.2024	
2	Проектування системи автоматичного керування паровим котлом	20.05.2024	
3	Синтез та дослідження САР	08.06.2024	
4	Додаток А. Охорона праці	12.06.2024	
5	Оформлення та захист	25.06.2024	

Студент

(підпис)

Данило ГУСЄВ

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Валерій ПОЦЕПАЄВ

(прізвище та ініціали)

ЛИСТ ЗАУВАЖЕНЬ

Посада, Ім'я та ПРІЗВИЩЕ	Суть зауваження, оцінка та підпис

АНОТАЦІЯ

Гусєв Д.М. Розробка системи автоматичного керування паровим котлом / Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «бакалавр» зі спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології. – ДВНЗ «ДонНТУ», Луцьк, 2024.

Пояснювальна записка: 74 стор., 11 рис., 7 табл., 19 посилань.

У ході дипломної роботи розробляється автоматизована система керування тиском водяної пари котла Е-1,0-9Г. При виконанні був досліджено об'єкт автоматизації, його особливості та характеристики. За результатом була обрана каскадна система регулювання тиску за рахунок керуванням тиском палива.

Розроблені схеми автоматизації функціональні, обрано обладнання для коректного функціонування системи. Виконані схема електрична принципова та креслення загального виду щита автоматизації.

Проведено синтез САР, розраховано параметри для регуляторів. З'ясовано, що система є чутливою при даних показниках, тому їх було скориговано, щоб отримати показники якості, які необхідно було досягти.

Створено програму для контролера. Розроблено інтерфейс для роботи з об'єктом в обраній SCADA-системі. Здійснено імітаційне моделювання системи.

Проведено розрахунок техніко-економічної ефективності АСК. Підтверджено очікування про окупність системи.

Ключові слова: АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ, ПЕРЕГРІТА ПАРА, ТИСК, ТИСК ГАЗУ.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	9
1 АНАЛІЗ СИСТЕМ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ПАРОВИМИ КОТЛАМИ	11
1.1 Опис технологічного процесу	11
1.2 Характеристики парового котла та функції системи автоматичного керування	12
1.3 Обґрунтування необхідності автоматизації технологічних параметрів	16
1.4 Мета та завдання роботи	18
Висновки до розділу 1	18
2 ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ПАРОВИМ КОТЛОМ.....	20
2.1 Вибір засобів автоматизації	20
2.2 Опис схеми автоматизації	21
2.2.1 Автоматична система контролю та управління тепловим навантаженням	21
2.2.2 Автоматична система регулювання і управління подачею котла	22
2.2.3 Автоматична система регулювання і управління співвідношенням газ-повітря	23
2.2.4 Система автоматичного регулювання і управління в топці котла ...	24
2.3 Опис схеми підключення	24
2.4 Опис принципової схеми	24
2.5 Опис монтажу та пусконаладжувальних робіт системи автоматичного регулювання (САР)	25
2.5.1 Опис роботи першого етапу	25
2.5.2 Пояснювальна записка	26
2.5.3 Перелік заходів з підготовки до коригування	27

2.5.4 Виробнича база для пусконаладжувальних робіт	27
2.5.5 Передмонтажний контроль приладів і засобів автоматизації	28
2.5.6 Перевірка перед встановленням передавача SAPFIR 22-DI	29
2.5.7 Перевірка перед встановленням DISC-250	30
2.5.8 Перевірка стану та вимірювання параметрів контрольного пристрою RS-29.0.12.	32
2.5.9 Перевірка установки схеми автоматики	41
2.5.10 Коригування регулюючих органів (РО)	41
2.5.11 Регулювання інтерфейсу виконавчого механізму з регулятором ...	42
2.5.12 Регулювання дистанційного показчика положення та МП	43
2.5.13 Налаштування первинного датчика	44
2.5.14 Налаштування відкритої системи	44
2.5.15 Підготовка та введення в експлуатацію АВР до технологічного процесу	45
Висновки до розділу 2	46
3 СИНТЕЗ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ САР.....	47
3.1 Розрахунок чутливості системи управління парою	47
3.2 Розрахунок системи автоматичного регулювання температури	49
Висновки до розділу 3.....	59
ВИСНОВКИ.....	60
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	61
ДОДАТОК А – Охорона праці та безпека під час надзвичайних ситуаціях на підприємстві.....	63

ВСТУП

Пара – надзвичайно вискоєфективний енергоносіє, який використовується у багатьох галузях промисловості як безпосередньо, так і для передачі тепла іншим носієм для виробничих процесів та опалення. [1]

Актуальність роботи. Вибір ефективного та надійного парового котла (парогенератора), оснащеного найсучаснішими технологічними рішеннями (у тому числі щодо рекуперації енергії та низьких викидів), сприяє безперервності виробничих процесів у найкращих умовах та сприяє зниженню енергоспоживання та витрат. Парогенератор має бути правильно «спроектований» під конкретні потреби. У цій роботі пояснюється, як працює парогенератор і які найбільш важливі характеристики слід враховувати при виборі, а також наводяться деякі випадки енергоефективності, що досягається завдяки установці парогенератора. Парогенератор дозволяє виробляти насичену пару, тобто. що знаходиться в рівновазі між рідкою та газоподібною фазою, який може бути перегрітий вище температури кипіння. Тому робота, спрямована на модернізацію системи автоматичного керування паровим котлом є актуальним інженерним завданням. [2]

Об'єкт розробки. Система автоматичного керування паровим котлом.

Мета роботи. Модернізація системи керування системою автоматики парового котла, покращення показників якості регулювання на основі сучасної елементної бази.

Методи й засоби розробки. Методи аналізу та синтезу систем теорії автоматичного регулювання систем контролю над паровим. Реалізація мети потребує здійснення наступних завдань:

- 1) Проаналізувати існуючі САР контролю параметрів пари.
- 2) Розрахувати систему автоматичного регулювання температури, синтезувати схему балансування оновленої системи і вибрати обладнання для її впровадження.

Практичне значення отриманих результатів. Модернізована система автоматичного регулювання швидкості приводу розширеної подачі разом з

системою розширеної подачі може замінити існуючу систему при модернізації або розробці нового обладнання автоматизації.

Апробація роботи. Основні статті бакалаврської роботи були представлені та обговорені на онлайн-семінарі, організованому у відділі автоматизованих комунікацій.

Структура та обсяг бакалаврської роботи. До змісту роботи входять: вступ, три розділи, висновки по роботі, перелік посилань та додатки. Обсяг роботи складає 74 сторінки, 11 рисунків, 19 посилань на використані літературні джерела.

1 ОЦІНКА СИСТЕМ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ПАРОВИМИ КОТЛАМИ

1.1 Опис технічного процесу

Паровий котел або парогенератор - це система обладнань, що призначена для виробництва пари. Система включає в себе ряд взаємопов'язаних теплообмінників, які допомагають передавати тепло від продуктів згоряння палива до води і пару. Паливо є початковим енергоносієм, який необхідний для утворення пари з води. [9]

Головними складовими процесу, який проводиться в котельній установці, є:

- 1) згоряння палива;
- 2) теплообмін між продуктами згоряння або самим паливом, що горить, з водою;
- 3) процес пароутворення, який полягає в нагріванні води, її випаровуванні і нагріванні пари, що утворюється.

В процесі роботи в котлоагрегаті утворюються два взаємодіючих потоки: робочої рідини і теплоносною рідини, що утворюється в топці. В результаті таких взаємодій на виході з об'єкта створюється задана пара тиску і температури.

Важливою проблемою, що виникають при експлуатації котельнь, є рівномірність виробленої та спожитої енергії. Крім того, процес випаровування і передачі енергії в котельні чітко корелює з кількістю речовин, присутніх в потоці робочої рідини і теплоносія.

Теплопередача — обмін енергії пару, виробленого згоранням палива, води. Теплообмін в котлі відбувається через водонепроникні і повітронепроникні теплообмінні стінки, які називаються поверхнями нагріву. Поверхня нагріву виконана у вигляді труби. Вода безперервно циркулює всередині труби, а зовні очищається гарячими вихлопними газами і поглинає теплову енергію випромінювання. Тому в котлі відбуваються всі види теплообміну: кондукція,

конвекція і випромінювання. Тому поверхню нагріву поділяють на конвективну і променисту. Кількість тепла, що передається з однієї одиниці площі нагріву за одиницю часу, називається тепловою напругою на нагрітій поверхні. Напруга на поверхні обмежується як властивостями матеріалу, який нагрівається, так і максимальною інтенсивністю теплопередачі від гарячого теплоносія до поверхні або від нагрітої поверхні до холодного теплоносія.

Сила коефіцієнта тепловіддачі зростає в міру збільшення різниці температур між холодоагентами, збільшенням швидкості руху холодоагенту відносно нагрітої поверхні та вдосконаленням обробки поверхні.

1.2 Характеристики парового котла та функції системи автоматичного керування

Парові водотрубні котли серії Е призначені для генерації насиченої пари з робочим тиском 0,8 МПа (8 кгс/см²) і температурою 175С, що використовується для технологічних і опалювальних потреб. [9]

Котел типу Е-1,0-0,9Г (рис. 1.1) призначений для роботи на природному газі. Відноситься до типу вертикально-водотрубних, двобарабанних, котлів з природною обігом. Котел виготовлений з газоушільнювального котла, з полегшеною теплоізоляцією, зовні покритий декоративною обшивкою з тонколистової сталі.

Котел призначений для виробництва насиченої пари такого тиску використовується підприємствами легкої, харчової промисловості, сільського господарства та інших галузей для технологічних і опалювальних потреб.

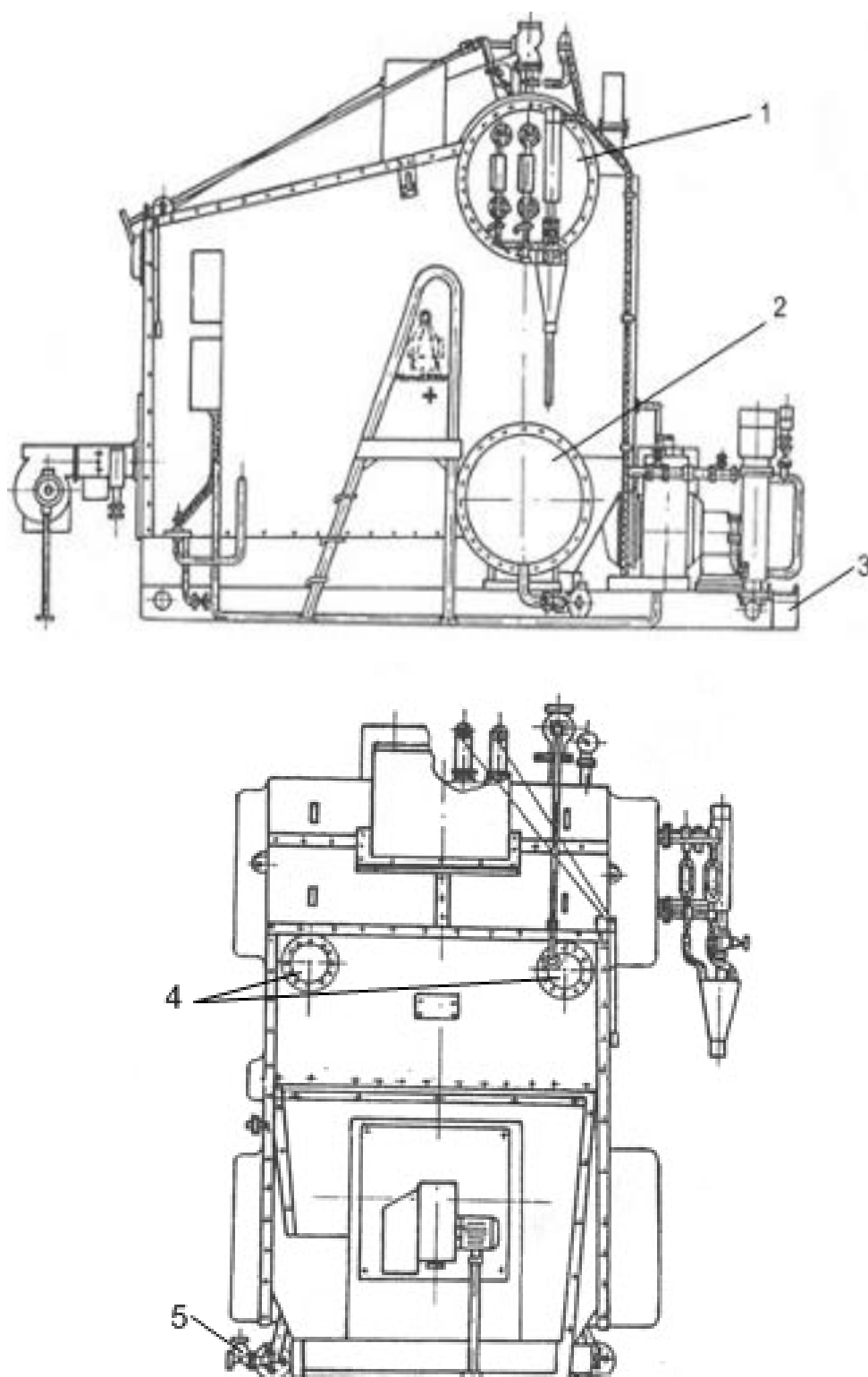


Рисунок 1.1 – Схема парового котла Е-1,0-0,9Г: 1-верхній барабан; 2-нижній барабан; 3-опорна рама; 4-верхній колектор; 5-продувні труби

Технічні характеристики парового котла Е-1,0-0,9Г представлені в таблиці 1.1.

Для котельного агрегату, що працює на природному газі, система управління автоматикою забезпечує:

- Автоматичний запуск котельного агрегату.
- Підтримання тиску пари і рівня води в котлі в заданих межах.
- Захист котла при підвищенні тиску пари вище допустимого рівня, опусканні води нижче аварійного рівня, припиненні подачі повітря і тяги, гасінні полум'я пальника, короткому замиканні або перевантаженні електродвигунів;
- Відригування подачі та тягу повітря відповідно до подачі палива.
- Захист для зниження розрідження в печі і гасіння полум'я.

Таблиця 1.1 Технічні характеристики

Номінальна продуктивність, т/год	1,0
Робочий тиск пари, МПа	0,8
Вологість насиченої пари	3
Розрахункова температура насиченої пари, С	174,5
Розрахункове паливо та його теплотворна здатність, МДж/кг (ккал/кг)	Природний газ 35.59 (8500)
Витрата палива: газ, Нм3/год	86/82
Об'єм топкового простору, м3	2,2
Діаметр труби, мм	51 x 3
ККД, %, не менше	90,0
Встановлена електрична потужність, кВт	6,0
Температура, °С	
Живильної води	50
Димові гази	250
Вага котла (тонн)	4,5
Габаритні розміри, мм, не більше	
Довжина	4200
Ширина	2350
Висота	2600
Поверхня нагріву, м2	30,6
Об'єм води в бойлері, м3	1,1
Маса, т:	
Цегляні матеріали	1,20
Котельний агрегат (загальний)	4,2

Для виконання цього технологічного процесу використовуються такі засоби автоматизації:

- Датчик тиску газу;
- Фотосенсор;
- Датчик вакууму в печі;
- Датчик тиску повітря;
- Датчик тиску пари (технологічний вихід);
- Датчик рівня води.

Конструкція котла.

Система труб (рис.1.2) виконана в газощільному виконанні з використанням в якості радіаційної поверхні топки цільнозварних екранів і складається з наступних компонентів: верхнього (1) та нижнього (2) барабанів, з'єднаних між собою пучком труб (7), що утворюють конвективну поверхню нагріву (осі барабанів розташовані в одній вертикальній площині); двох бічних топкових екранів (3), включених у циркуляційний контур котла через колектори (4) та (10), які вварені в барабани (1) та (2), а також стельового екрана (6), ввареного у верхній барабан і поперечний фронтний колектор(13), сполучений з нижніми і верхніми колекторами (10) та (4). Для очищення та огляду колекторів на їх торцевій частині є лючки (8). Доступ у внутрішню частину барабанів і до конвективних труб пучка можливий завдяки люкам барабанів (9). Отвір у листі фронту використовується для огляду внутрішніх поверхонь топки під установку перехідника пальникового пристрою. Труби потокового зв'язки розділені двома перегородками (12) жаростійкої сталі, які змінюють напрямок потоку газу та вдосконалять теплообмін. На нижньому барабані та нижніх колекторах бічних екранів є продувні штуцери (5) та (11). На днищі верхнього барабана розміщені патрубки водовказівної арматури (14) та рівнемірної колонки (15). Форсунки водонепроникного фітинга (14) і колонки індикатора рівня(15) розташовані в нижній частині верхнього барабана. На верхній частині корпусу верхнього барабана встановлені фітинги для кріплення пружинного запобіжного клапана (16), головний паровідвідний штуцер (17), трубка кріплення манометра (18),

труба підведення живильної води (21), всередині верхнього барабана змонтовані сепараційний пристрій (19). Система труб зібрана на загальній рамі (20).

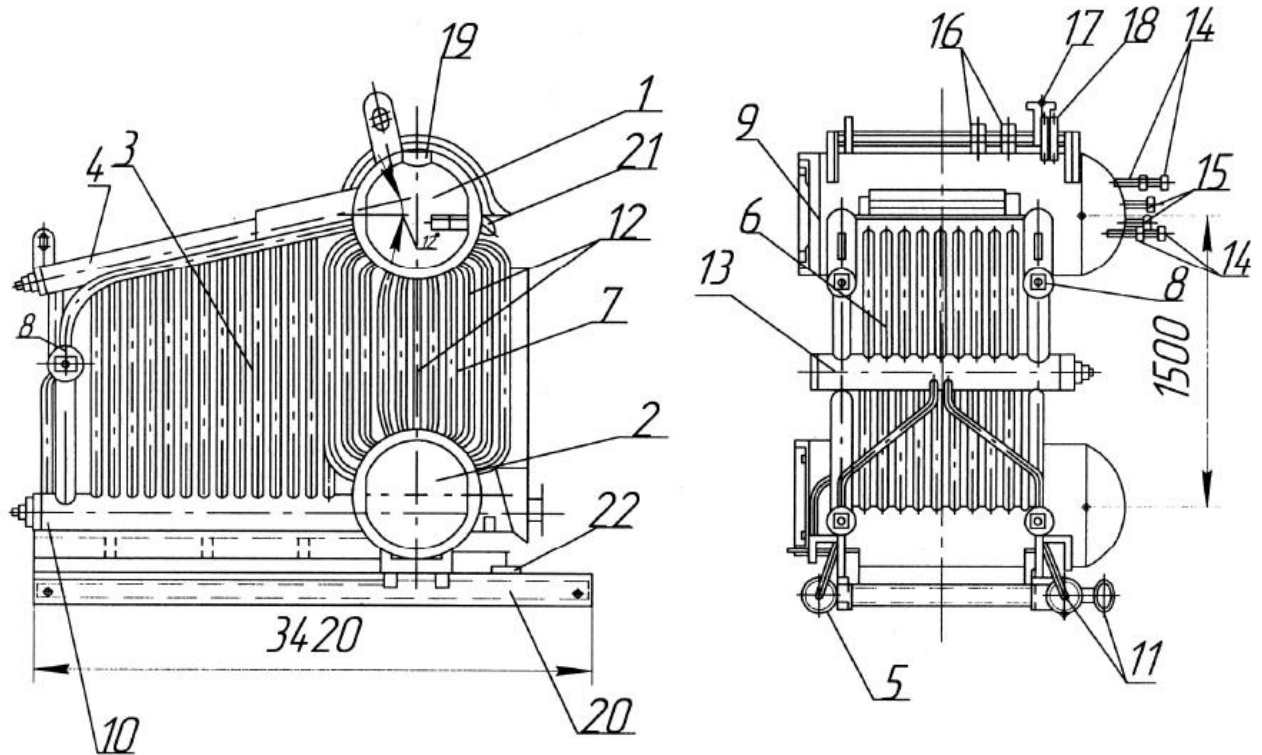


Рисунок 1.2 – Трубна система парового котла

1.3 Обґрунтування необхідності автоматизації технологічних параметрів

Регулювання подачі котлоагрегату і регулювання тиску в барабані котла в основному зводиться до підтримки матеріального балансу між відбором пари і подачею води. Балансовим параметром є рівень води в барабані котла. Надійність котельного агрегату в першу чергу визначається якістю контролю рівня. При підвищенні тиску, якщо рівень падає нижче допустимої межі, циркуляція в екранних трубах може порушуватися, що призводить до підвищення температури нагрітих стінок труби і прогорання. [8]

Збільшення рівня може так само призвести до аварійної ситуації, оскільки вода може потрапляти в пароперегрівач, призводячи до поломки. Таким чином

високі вимоги поставляються підтримці певного рівня. Контроль якості кормів визначається також однорідністю живильної води.

Барабан котла з природною циркуляцією має значну резервну ємність, що стає очевидним у перехідному режимі. У стабілізованому режимі рівень води в барабані котла визначається масовим балансом, але у перехідному режимі його рівень залежить від великої кількості факторів. Серед них варто виділити зміни витрати живильної води, зміни продуктивності пари котла при зміні навантаження споживача, зміни продуктивності пари при зміні навантаження на палубу та зміни температури живильної води.

Регулювання співвідношення газ/повітря має важливе значення як з фізичної, так і з економічної точок зору. Одним з ключових процесів у котельні є процес згоряння палива. Хімічний аспект горіння полягає у реакції окислення горючих компонентів молекулами кисню. Кисень, що міститься в атмосфері, використовується для горіння. Повітря з газом подається в топку в постійному співвідношенні каналним вентилятором. Співвідношення газ/повітря становить приблизно 1,10, і якщо в камері згоряння немає повітря, паливо згорить неповністю. Незгорілі гази будуть викидатися в атмосферу, що є економічно та екологічно неприйнятним. Якщо в камері згоряння буде надлишок повітря, газ згорить повністю, але піч охолоне. Однак у цьому випадку повітря, що залишилося, утворює діоксид азоту. Ця сполука є екологічно непринятною, оскільки шкідлива для людини та навколишнього середовища.

САР розрідження в топці котла призначена для забезпечення постійного тиску в топці, зберігаючи стале розрідження (приблизно 4 мм водяного стовпа). Без наявності розряду плам'я факела буде тиснути, що призведе до прогорання пальників і дна печі. При цьому димові гази будуть йти в приміщення цеху, що заважає роботі обслуговуючого колективу.

Сіль розчиняється в джерелі води, допустима кількість якого визначається нормативом. Під час процесу випаровування ці солі залишаються в котельній воді і поступово накопичуються. Деякі солі утворюють мул, тверду речовину, яка кристалізується в котельній воді. Важкі шматки бруду накопичуються в нижній

частині барабана і колекторах. Сконцентрованість солей в котловій воді понад допустимі значення може призвести до міграції солей в пароперегрівач. Таким чином, солі, накопичені в котловій воді, видаляються безперервним продуванням, але в цьому випадку продування не регулюється автоматично. Розрахункова кількість продувки парогенератора в усталеному режимі визначається з рівняння балансу домішок для води в парогенераторі. Тому швидкість продувки залежить від співвідношення концентрації домішок у продувній воді та живильній воді. У міру поліпшення якості живильної води і збільшення допустимої концентрації домішок у воді швидкість продувки зменшується.

1.4 Мета та завдання роботи

Мета роботи – модернізація системи керування системою автоматики парового котла покращення показників якості регулювання на основі сучасної елементної бази.

Реалізація мети потребує здійснення наступних завдань:

- 1) Проаналізувати наявні САР регулювання газоповітряного співвідношення.
- 2) Зробити математичну модель САР регулювання параметрів роботи парового котла та провести розробку контуру стабілізації покращеної системи та вибрати необхідне обладнання для впровадження цієї системи.
- 3) Моделювати модернізованої системи та обчислити показники якості.

Висновки до розділу 1

1. Виконано аналіз існуючих технологій одержання пари, наукових дослідів та опрацювань з цієї області.

2. Наукові роботи останніх років, присвячені дослідженням та розробці приводів ВСП, зокрема покращенню їх динамічних характеристик, свідчать про актуальність теми.

3. Зроблено опис дизайну парового котла Е-1,0-0,9Г проведено аналіз його роботи.

2 ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ПАРОВИМ КОТЛОМ

2.1 Вибір засобів автоматизації

Набір пристроїв "Контур Г" розроблено для створення систем автоматичного регулювання теплових процесів в енергетиці, промисловості, теплопостачанні та опаленні. Він включає в себе чотирнадцять різновидів багатофункціональних пристроїв керування із імпульсним виходом типу RS-29, а також два варіанти трипозиційного підсилювача типу В-29. [14]

Набір «Контур-2» побудований за модульним принципом на сучасній мікроелектронної-елементній базі. Він пропонує розширені функціональні можливості, розширеним вживанням сигналів постійного струму, надійність, габаритність, точність і меншою вагою в порівнянні з набором приладів «Контур».

Прилади управління типу RS29 забезпечують посилення, гасіння та індикацію сигналу зміщення. Регулятор разом з приводом з постійною швидкістю встановлює закон управління PI або PID і дозволяє управляти приводом вручну. Вони забезпечують індикацію положення виконавчого механізму, оснащеного реостатним або індуктивним датчиком положення, а також аналогове релейне перетворення по 2 каналах з робочою індексацією.

В залежності від версії пристрої можливі додаткові функції: обробка сигналів за аперіодичним законом, нелінійне перетворення сигналів, цифрове відображення одного з чотирьох сигналів за викликом. Конструкція керуючих пристроїв уніфікована. Більшість версій пристроїв має функціональну структуру, яку можна легко змінити, переміщуючи перемички на спеціальному комутаційному полі, доступному для користувача. Це дозволяє здійснювати аналогово-релейне перетворення з демпфуванням, вводити сигнали похідними та встановлювати динамічний зв'язок між регуляторами.

2.2 Опис схеми автоматизації

Функціональна схема систем автоматизації технологічних процесів є ключовим технічним документом, який визначає структуру та характер таких систем, а також їх обладнання приладами та засобами автоматизації. На цій схемі подано спрощене уявлення про агрегати, які підлягають автоматизації, а також про пристрої та засоби автоматизації та управління, зображені у відповідності з чинними стандартами, а також лінії зв'язку між ними. [7]

Схема автоматики регулювання і управління паровим котельним агрегатом передбачає такі системи:

- Автоматична система регулювання та управління тепловим навантаженням котла
- Автоматична система регулювання та управління подачею котла
- Система автоматичного регулювання та контролю співвідношення газ-повітря
- Автоматичне регулювання і контроль розрідження в топці котла
- Автоматична система контролю тиску
- Автоматична система контролю температури
- Автоматична система перекриття газу.

2.2.1 Автоматична система контролю та управління тепловим навантаженням

Регулятор теплового навантаження працює за двома параметрами:

1. На мембрані ДКЦ 10-200-А/Г на паропроводі виникає тиск, який залежить від витрати пари. Цей тиск перетворюється в уніфікований сигнал струму 0-5 мА за допомогою вимірювального перетворювача САПФІР-22ДД-2420 та подається до вузла витяжки кореню БИК-1. Цей вузол призначений для лінеаризації статичної характеристики перетворювача САПФІР-22ДД, а сигнал з

його виходу подається на регулятор РС 29.0.12. Додатково, сигнал також подається на вторинний пристрій DISC-250-2121. [12]

2. Сигнал, що вказує на зміну тиску в барабані котла, вимірюється за допомогою перетворювача САПФІР-22ДІ-2150. Отриманий уніфікований сигнал струму 0-5 мА передається на регулятор RS 29.0.12 та на вторинний пристрій DISC-250-2121.

Регулятор підсумовує сигнали від перетворювачів із заданим значенням. При рівних значеннях регулятор ніяк не впливає на об'єкт. Якщо регульований параметр відхиляється від заданого значення, регулятор формує імпульсний сигнал на виході, який перетворюється в зміну стану безконтактних ключів у підсилювачі У29.3. Цей підсилювач має три безконтактних перемикача для управління виконавчим механізмом МЕО 40/25-0,25Р, вал якого з'єднаний з регулюючим органом КРП 100 через систему штанг і важелів, що регулює подачу газу в топку котла.

2.2.2 Автоматична система регулювання і управління подачею котла

Регулятор подачі котла працює за триімпульсною схемою, використовуються три способи: подача живильної води; витрата пари; розрівнювання в барабані казана. [14]

Завдяки змінному диференціальному методу визначається витрати водопостачання та пари. Перепад тиску, який пропорційний витраті живильної води на діафрагмі ДКС 10-100-А/Г-1, а також перепад тиску, що відповідає витраті пари на діафрагмі ДКС 10-200-А/Г-1, вимірюються й перетворюються за допомогою перетворювачів SAPFIR-22ДД-2420 у стандартні сигнали струму 0-5 мА. Сигнали з цих перетворювачів подаються на вузли витяжки кореню БИК-1 для лінеаризації статичної характеристики перетворювачів САПФІР-22ДД.

Сигнали 0-5 мА від блоків НІР-1 передаються на вторинні пристрої DISC-250-2121 і на вихід регулятора RS 29.0.12.

Перетворювачем SAPFIR-22ДІ-2150 вимірюється рівень в барабані котла і конвертується у стандартний сигнал струму 0-5 мА. Цей сигнал подається на вторинний пристрій DISC-250-2121 і на вхід регулятора RS 29.0.12.

У випадку відхилення одного з заданих параметрів, регулятор RS 29 діє через підсилювач В 29.3 на механізм МЕО 40/25-0,25, який активує регулятор КРП 100. Цей регулятор встановлений на трубопроводі водопостачання.

2.2.3 Автоматична система регулювання і управління співвідношенням газ-повітря

Витрати газу і повітря вимірюються за допомогою методу змінного диференціала. Зміни тиску на діафрагмі постійного струму 0,6-100-А/Г-1 та діафрагмі постійного струму 0,6-400-А/Г-1 вимірюється перетворювачем SAPFIR-22ДД-2420. Сигнал 0-5 мА від перетворювача передається на вузол витяжки кореню НІР-1, призначений для приведення статичної характеристики перетворювача до лінійної форми SAPFIR-22ДД. Сигнал 0-5 мА від кореневого вузла НІР-1 передається на вторинний пристрій DISC-250-2121 і на регулятор RS-29.0.12. [11]

У контролері RS-29 вхідні сигнали сумуються, порівнюються з заданим значенням та у разі відхилення формується сигнал про невідповідність. Цей сигнал подається на підсилювач У29.3, який керує виконавчим механізмом МЭО 40/10-0,25 для зміни подачі повітря через регулюючий орган. У цій системі проводиться корекція кисню (O₂) у вихлопних газах. Сигнал від індикатора для кисню "Альфа" через вторинний пристрій DISC-250-2121 (поз.3-10) передається на контролер RS 29.0.42 де створюється коригуючий сигнал для регулятора RS 29.0.12.

2.2.4 Система автоматичного регулювання і управління в топці котла

Тиск в топці котла обчислюється конвертером SAPFIR-22 DIV-2310. Сигнал від перетворювача передається на вторинний пристрій DISC-250-2121 і на регулятор RS 29.0.12. Відхилення від заданого значення регульованого параметра мусить регулятор RS 29 через підсилювач У29.3 керувати електродвигуном виконавчого механізму МЭО 40/10-0,25Р, що впливає на положення напрямних димососа.

2.3 Опис схеми підключення

В даному проекті представлена установка вимірювального перетворювача SAPFIR-22-DD-2420, виконаного для зручності зчитування в двох типах: спереду і справа. [16]

Вимірювальний прилад призначений для вимірювання і перетворення його в електричний сигнал.

2.4 Опис принципової схеми

Принципові схеми автоматики - це конструкторські документи, в яких розшифровується принцип роботи і роботи агрегатів, електричних приладів і систем автоматики.

Принципові схеми підключення автоматики, які використовують умовні графічні, буквені і числові зображення та позначення, показують послідовність роботи електрообладнання та використані елементи для досягнення поставлених завдань для конкретних агрегатів, приладів і систем. [18]

Схеми автоматики створюються для керування агрегатами, регулювання технологічних процесів, встановлення блокувань за технологічними параметрами, забезпечення протиаварійного захисту виробничих і технологічних процесів, а також для систем оповіщення і сигналізації.

Елементи принципової схеми:

1. силові ланцюги;
2. елементні схеми управління, регулювання, вимірювання, захисних і блокувальних залежностей і сигналізації;
3. контакти апаратів, приладів і ключів цієї схеми, що використовуються в інших ланцюгах, і такі ж контакти з інших ланцюгів;
4. лінії зв'язку між приладами, апаратами або пристроями та їх частинами, включеними в дану схему;
5. необхідні пояснення та примітки;
6. перелік елементів.

Розміщення графічного та текстового матеріалу на кожному рисунку повинно сприяти зручному сприйняттю цього рисунка.

Електричні схеми складаються і малюються за допомогою звичайних графічних зображень.

2.5 Опис монтажу та пусконаладжувальних робіт системи автоматичного регулювання (САР)

Три етапи налаштування САР:

- 1) На першому етапі виконуються дослідження проекту автоматизації, підготовка до пусконаладжувальних робіт, передмонтажна перевірка приладів і засобів автоматизації;
- 2) Роботи другого етапу включають перевірку процесу монтажу; випробування і налагодження ланок автоматичних систем управління;
- 3) Робота третього етапу полягає у включенні та налаштуванні САР, тестуванні та введенні в експлуатацію САР.

2.5.1 Опис роботи першого етапу

Варто поділяти увагу наступним критеріям при дослідженні:

- характеристика параметрів і каналів управління, регулювання, контролю, метрологічні вимоги до цих каналів;
- граничні значення параметрів контролю і регулювання;
- відповідність приладів та засобів автоматизації умовам роботи на об'єкті та вимогам метрології;
- дотримання умов безпеки при виконанні пусконаладжувальних робіт на об'єкті автоматизації.

Після перевірки та дослідження документації складається:

- пояснювальна записка;
- перелік заходів з підготовки коригування із зазначенням термінів і способів виконання робіт.

2.5.2 Пояснювальна записка

Регулятор теплового навантаження працює за цими параметрами:

Перепад тиску, який залежить від витрати пари, створюється на мембрані DCS 10-200-A/Г, встановлений на паропроводі. Цей перепад тиску перетворюється вимірювальним перетворювачем SAPFIR-22ДД-2420 в уніфікований сигнал струму 0-5 мА, який потім подається на вузол витягу кореню БИК-1 для лінеаризації статичної характеристики перетворювача SAPFIR-22ДД. З цього вузла сигнал надходить на регулятор РС 29.0.12 і на вторинний пристрій DISC-250-2121. Сигнал щодо зміни тиску в барабані котла вимірюється за допомогою перетворювача SAPFIR-22ДІ-2150. Уніфікований сигнал струму 0-5 мА від цього перетворювача передається на регулятор RS 29.0.12 і на вторинний пристрій DISC-250-2121. [14]

Регулятор отримує сигнали від перетворювачів із заданими значеннями. Якщо ці значення однакові, то регулятор не втручається у роботу об'єкта. Коли

регульований параметр відхиляється від заданого значення, регулятор формує імпульсний сигнал на виході. Цей сигнал перетворюється в зміну стану безконтактних ключів в підсилювачі У29.3. Підсилювач У29.3 має три безконтактних перемикачі для керування виконавчим механізмом МЕО 40/25-0,25Р, вал якого з'єднаний з регулюючим органом КРП 100 через систему штанг і важелів, що регулює подачу газу в топку котла.

2.5.3 Перелік заходів з підготовки до коригування

Перелік заходів з підготовки до введення в експлуатацію може включати:

- виготовлення необхідної оснастки;
- закупівля стандартних вимірювальних приладів, допоміжних матеріалів та обладнання;
- складання графіків надання робіт кваліфікованими спеціалістами;
- видача організаційно-розпорядчої документації;
- підготовка приміщення під виробничу базу пусконаладжувальних робіт.

2.5.4 Виробнича база для пусконаладжувальних робіт

Виробнича база являє собою приміщення, обладнане всіма необхідними стендами, приладами, обладнанням для проведення пусконаладжувальних робіт. Приміщення має бути підготовлене для роботи з проектною документацією, тимчасового зберігання обладнання, комплектації вхідних матеріалів, проведення інструментальної перевірки, налаштування приладів і засобів автоматизації, зберігання необхідного інструменту та обладнання для виконання пусконаладжувальних робіт. Приміщення повинні відповідати вимогам безпеки та виробничої санітарії.

2.5.5 Передмонтажний контроль приладів і засобів автоматизації

Метою обстеження є встановлення справності приладів і засобів автоматики, що надходять на монтаж.

Передмонтажний огляд приладів і засобів автоматизації включає зовнішній огляд, підготовчі роботи і перевірку основних характеристик обладнання.

1) Візуальний огляд включає:

- перевірка комплектності за супровідними документами;
- перевірка відповідності пристроїв (типу, конструкції і т.д.) вимогам проекту;
- перевірка наявності штампів і печаток заводу-виготовлювача;
- перевірка на наявність зовнішніх пошкоджень.

2) Підготовчі роботи:

Підготовка до перевірки обладнання включає в себе відмінення або розслаблення кріплень для транспортування, перевірку електричних контактів, розміщення перевіряючого приладу у робочому положенні, вибір обладнання для оцінки характеристик пристрою, складання випробувальної схеми, підготовку різних механізмів та пристроїв до роботи, створення комфортних умов на робочому місці, а також перевірку ізоляції, герметичності тощо.

3) Перевірка основних характеристик обладнання.

Для вимірювального перетворювача включає встановлення початкового значення вихідного сигналу та перевірку основної похибки вихідного сигналу. Для контрольного приладу проводиться лабораторний огляд технічного стану, вимірювання параметрів, статичне і динамічне налаштування тощо.

Основні характеристики термоелектричних термометрів, термометрів опору, пірометрів, ротаметрів, індукційних перетворювачів потоку, датчиків складу і властивостей середовища, а також баластів не підлягають перевірці.

Зразкове вимірювальне обладнання повинно відповідати таким вимогам:

- Максимальна абсолютна похибка еталонного приладу при максимальному знанні вхідного сигналу;
- Діапазон вимірювання вхідного сигналу (нормалізуюче значення);
- Абсолютна похибка приладу, що перевіряється;
- Постійна величина.

Для вимірювальних перетворювачів еталонні вимірювальні прилади повинні відповідати технічним умовам.

Основна похибка приладу визначається максимальною абсолютною похибкою, виміряною в шести точках, що відповідають 0, 20, 40, 60, 80, 100% діапазону вимірювань, і одночасно визначається варіація.

2.5.6 Перевірка перед встановленням передавача SAPFIR 22-DI

Перед проведенням огляду необхідно провести підготовчі роботи:

1. Встановити манометр диференціального тиску в робоче положення.
2. Перевірити герметичність системи (що складається з з'єднувальних ліній і опорного пристрою). [13]

Під час огляду необхідно виконати такі операції:

1. Встановити початкового значення виходу перетворювача.
2. Перевірити на герметичність між позитивною та негативною камерами вимірювального блоку.
3. Визначити основну похибку і варіації вихідного сигналу.

Межа допустимої основної похибки SAPFIR-22, виражена у відсотках від нормуючого значення або діапазону вимірювань вихідного сигналу, чисельно відповідає класу точності каліброваного вимірювального перетворювача.

Нормуюче значення дорівнює граничному номінальному перепаду тиску для вимірювальних перетворювачів з лінійною залежністю вихідного сигналу від вимірюваного перепаду тиску.

На рисунку відображена схема передмонтажних випробувань вимірювального перетворювача САПФІР-22ДІ.

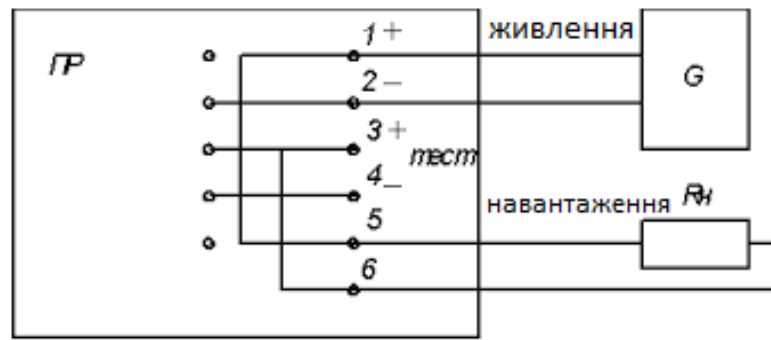


Рисунок 2.1 – Схема перевірки перетворювача SAPFIR-22ДІ

Перетворювач САПФІР-22ДД проходить тестування у тому ж самому порядку, що і перетворювач САПФІР-22ДІ.

2.5.7 Перевірка перед встановленням DISC-250

Передмонтажний огляд пристрою DISC-250 включає в себе:

1. Зовнішнє обстеження
2. Випробування ізоляції на електричну міцність
3. Вимірювання опору електричної ізоляції
4. Перевірка індикації, коли пристрій підключено до мережі
5. Підходи до перевірки показчика
6. Вимірювання продуктивності
7. Перевірка допустимого числа напівколивань
8. Визначення основної похибки
9. Визначення варіації
10. Перевірка індикації параметра, що перевищує межі налаштувань контрольно-сигнальних пристроїв
11. Перевірка індикації обриву датчика
12. Перевірка відхилення діаграми швидкості обертання диска від номінальної.

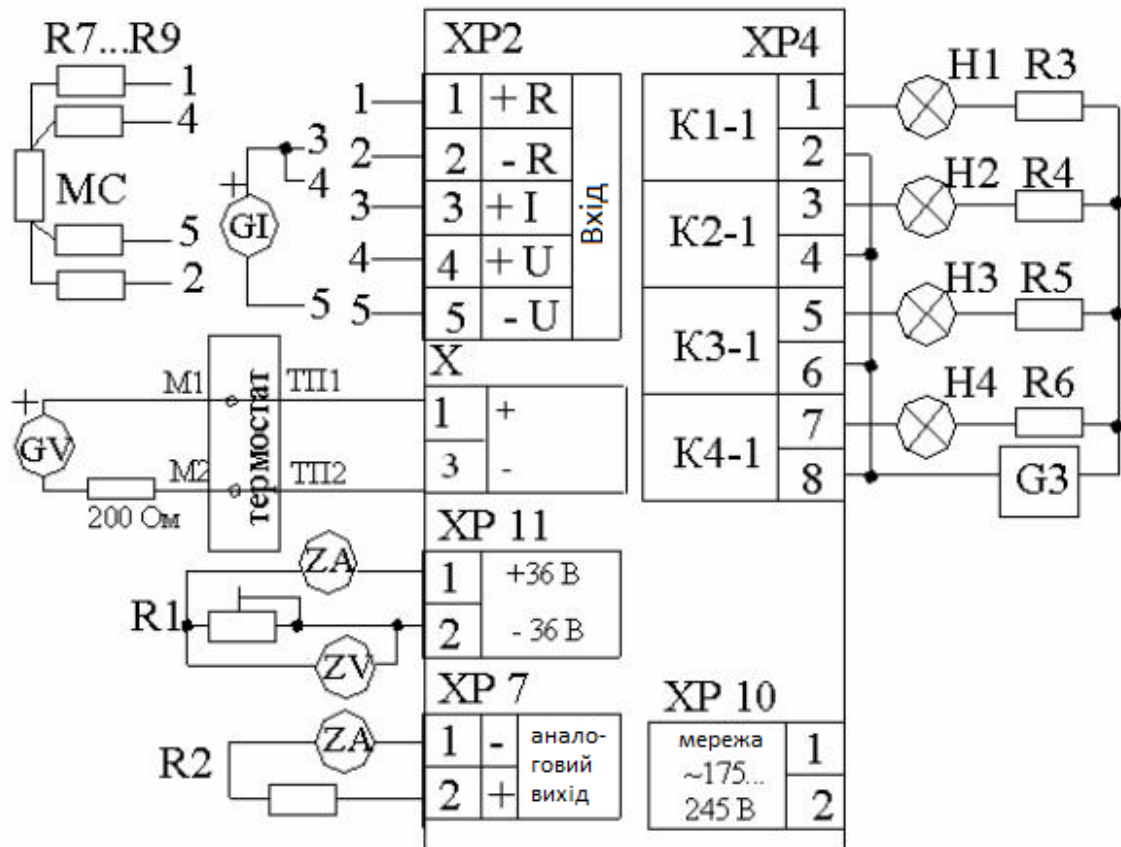


Рисунок 2.2 – Електрична випробувальна схема DISC-250.

Порядок перевірки основної зведеної похибки, плавно змінюючи значення струму за допомогою реостата, встановлюють показчик приладу на числові позначки шкали послідовно від початку до кінця, а потім у зворотному порядку, записуючи при цьому значення струму в таблицю.

Дійсне значення вимірюваного струму визначається падінням напруги на опорній котушці опору за допомогою еталонного потенціометра класу не гірше 0,05.

Зміна показань приладу визначається на всіх числових відмітках шкали як різниця показань при зростанні і зменшенні значень вимірюваної величини. Визначення відхилення проводиться одночасно з визначенням основної похибки приладу.

Величину виштовхування записувача перевіряють вимірюванням найбільшого відхилення рядка запису при стрибкоподібній зміні вхідного

сигналу, що відповідає 30,60,90% діапазону вимірювань як у бік збільшення, так і зменшення значень вхідного сигналу.

Для визначення часу, коли покажчик приладу пройде всю шкалу на еталонному приладі, вхідний сигнал різко змінюють від початкової до кінцевої позначки шкали. Секундомір фіксує час досягнення покажчиком початку шкали, а також час для проходження всієї шкали в зворотньому напрямку. Середнє арифметичне з чотирьох вимірів цих часів визначає загальний час проходження покажчиком всієї шкали.

2.5.8 Перевірка стану та вимірювання параметрів контрольного пристрою RS-29.0.12

Узагальнюючи інформацію з технічного опису та посібника користувача, можна підготувати схему та методичні рекомендації щодо перевірки та вимірювання параметрів приладу управління RS 29.0.12, де вимірювальні та регулюючі пристрої об'єднані в один модуль IP029. [11]

Дії для перевірки стану і оцінки параметрів пристроїв:

1. Зовнішнє обстеження
2. Випробування опору ізоляції
3. Перевірка загальної продуктивності пристрою
4. Перевірка максимальних значень діапазону зміни установок порогів спрацьовування, зворотної зони і вихідних сигналів під час аналого-релейного перетворення.
5. Тестування вихідної напруги
6. Тест на зону нечутливості
7. Перевірка швидкості передачі
8. Перевірка константи часу інтеграції
9. Перевірка ширини імпульсу
10. Перевірка часу демпфування
11. Зовнішній огляд.

Під час зовнішнього обстеження перевіряється повнота комплектації регулятора згідно з супровідними документами, перевіряється наявність пломби від заводу-виробника, відсутність зовнішніх пошкоджень та відповідність приладів (тип, конструкція і т.д.) вимогам проекту.

Вимірювання електричного опору ізоляції проводиться за допомогою мегомметра з напругою постійного струму 100-200 В після відключення всіх зовнішніх проводів від приладу.

Під час випробування вхідні та вихідні контакти з'єднуються між собою групами, після чого вимірюється опір ізоляції між кожною з груп контактів та корпусом приладу. Вимірюваний опір має бути не менше 100 Ом.

Для перевірки приладу RS 29.0.42 схема збирається згідно з рисунком 2.3.

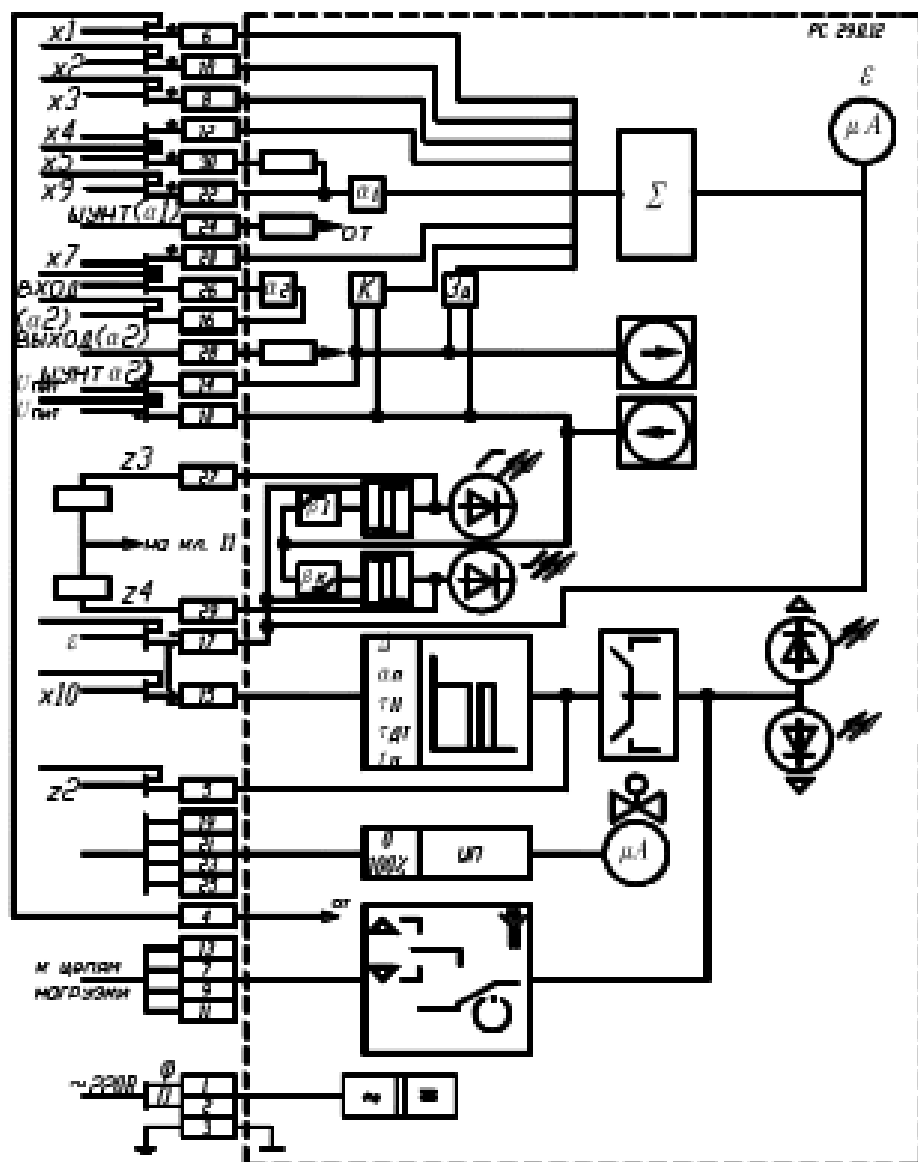


Рисунок 2.3 - Схема приладу RS 29.0.42

Перед випробуванням на працездатність всього пристрою рекомендується перевірити баланс пристрою управління (ПДУ) модуля ІЧ 029. Перемикач 2 повинен бути переведений в положення 0. Інші елементи схеми та налаштування повинні знаходитися в початковому стані.

Якщо напруга живлення 220 В подається на клеми 1.2 приладу і індикатори не вмикаються, тоді слід розпочати перевірку загального стану. У випадку, якщо один або обидва індикатори вмикаються, необхідно збалансувати пристрій управління, використовуючи рекомендації з керівництва.

Поверніть ключ 2 у положення 1. Вимкніть живлення. Перевірити роботу вимірювальної схеми приладу. Сигнал невідповідності контролюється індикатором і вольтметром 1, підключеним до вихідних гнізд. Бажано перевірити входи пристрою, які передбачається використовувати.

Для приладу RS 29.0.12 необхідно встановити шафку знака коректора в положення "+", коректора К - на 100%, а органу - в крайнє праве положення. При отриманні сигналу від аварії, який дорівнює -10В, індикатор повинен повністю відхилитися вліво на шкалі, індикатори також повинні ввімкнутися. З початковими налаштуваннями регулювальних елементів, органів К та регулятора вони повинні бути у рівновазі з оперативним задавачем. Момент рівноваги вказує на відключення індикаторів, при цьому індикатор повинен зупинитися на позначці 0 на шкалі.

Поверніть привід управління праворуч на 0,5% відносно положення балансу, щоб активувати індикатор.

Регулятор врівноважується оперативним сетером. Орган повертають в крайнє праве положення. При цьому індикатори повинні включатися при повороті робочого приводу вправо і вліво приблизно на 2,5% щодо положення балансу.

Орган повертають в крайнє ліве положення. Він врівноважується регулятором операційним сетером. Орган - на 0,8 шкали. Перемикач режимів - ПІІІ.

Оперативний сетер різко повертається в крайній правий кут. Індикатор повинен включатися на 1-3 секунди, потім вимикатися і потім періодично включатися, причому тривалістю близько 0,1 секунди час між імпульсами має становити близько 1,5-4 секунд. При цьому, якщо множник встановлений в положення 10, то час між імпульсами має збільшитися приблизно в 10 разів, якщо ж встановити орган на позначку 3 шкали і повернути орган вправо, то тривалість імпульсів повинна збільшуватися в крайньому правому положенні, тривалість індикатора повинна становити близько 0,7-1,5 секунди. Перемикач

виду управління - (ручний). Напруга на клеммах 7.13 і 9.13 вимірюється при натисканні ручного регулятора навантаження в сторону і відповідно.

Клема 25 перемикається (перемикачем S3) на клему 23 приладу і показання індикатора органом встановлюється на нуль, потім C1.25 підключається до C1.23, показання індикатора повинні бути встановлені на нульову позначку шкали. Налаштування ручки та елементи випробувальної схеми повертаються у вихідне положення та врівноважують ручку.

Перевірка межових значень діапазону зміни установок порогів, зони повернення і вихідних сигналів під час аналого-релейного перетворення.

До гнізд «I» регулятора підключається вольтметр. Для перевірки верхнього граничного значення порогів спрацьовування плавно формується сигнал неузгодженості до тих пір, поки індикатор не буде включений і на вольтметрі не буде помічено напругу спрацьовування. Потім міняйте сигнал перекосу в зворотну сторону до тих пір, поки індикатор не згасне і індикатор не загориться. Світло слід включати при напрузі вольтметра +9,7. +10,3 В. При включенні індикаторів вимірюється напруга на клеммах 27.11 і 29.11 відповідно. Він повинен бути в межах 20,27 В постійного струму.

Щоб перевірити нижнє граничне значення, встановіть ручку регулювання в крайнє ліве положення. Зміна сигналу до тих пір, поки індикатор не згасне і індикатор не загориться. При цьому вольтметр допускається мати напругу в межах -300. +300 мВ.

Міняйте напругу до тих пір, поки індикатор не згасне (є можливість включити індикатор). При цьому напруга фіксується за допомогою вольтметра. Дopusкається зона повернення $60 < 160$ мВ.

Орган переміщують в праве положення, в ліве. Міняйте напругу до тих пір, поки світло не згасне, а потім поки воно не ввімкнеться. При цьому вольтметр допускається мати напругу -300. +300 мВ.

Міняйте напругу до тих пір, поки індикатор не згасне, і запишіть напругу на вольтметр. Дopusкається зона повернення $60 < 160$ мВ.

Налаштування регулятора і елементи випробувальної схеми повертаються у вихідне положення. Регулятор збалансований.

Тест вихідної напруги. Якщо регулятор збалансований, то напруга не повинна перевищувати 0,18 В за показаннями вольтметрів, підключених до клем 7 і 13 (висновок Less), 9 і 13 (висновок Large), 5 і 13 (висновок 0; 10V). Перейдіть у положення. За допомогою джерела мікросхеми на вхід розподільного пристрою подається напруга +0,5В, при цьому подається напруга на виході Менше +22. +26 В, а вихід дорівнює 0; Напруга +10В має бути +9. +11В.

Потім виставляється напруга - 0,5В. Вихід More має бути +22. +26 В, вихід 0; Напруга 10В має бути - 9. - 11В.

Встановіть сигнал від ID до 0. Положення перемикачів залишається колишнім.

Перевірте мінімальне значення мертвої зони. Елементи керування регулюванням знаходяться в крайньому лівому положенні. На виході MI плавно змінює напругу позитивної полярності від 0 до моменту включення індикатора зі швидкістю не більше 2 мВ/с і відзначає напругу, при якій індикатор був включений.

Таким же чином вони діють, коли напруга на виході IN негативне. Потім відзначені напруження підсумовуються. Встановіть налаштування та елементи схеми у вихідне положення, за винятком перемикача множника.

Перевірка швидкості передачі. В ході тесту визначаються три коефіцієнта передачі - максимальний, середній або проміжний, і мінімальний.

При знаходженні мінімального значення коефіцієнта передачі в першому каскаді подається напруга +1,0В і ключ переводиться в положення 1, а в другому ступені подається напруга 1,0В, і ключ переводиться в положення 1. Орган знаходиться в крайньому лівому положенні, а в крайньому правому - в режимі роботи ІІІ. Після цього створюється той же порядок роботи, що і в попередніх випадках.

Тривалість першого імпульсу на першому і другому каскадах повинна становити 1,4,2,6 с, різниця абсолютних значень імпульсів на кожному каскаді не повинна перевищувати 0,2 с.

Відрегулюйте елементи керування та елементи схеми у вихідне положення, у положення 0.

Переконайтеся, що час інтеграції є постійним. Розрізняють максимальні, проміжні та мінімальні значення.

Максимальне значення перевіряється в два етапи. До позиції 0. За допомогою ІМ створюють напругу +1,0 В в положенні 1, ручка настройки - в крайньому правому положенні в режимі роботи ІІ, а фіксатор множника - в положенні 10.

Для регуляторів РС29.0.12 допускається дорівнювати (2000+720) с. За допомогою ІН напруга на вході розподільного пристрою встановлюється на 1,0В, настроювальний елемент встановлюється в крайнє праве положення в режимі роботи ІІ, замикання - в положення «1», дії такі ж, як і на першому етапі.

Абсолютна різниця між виміряними значеннями на другому і першому ступенях не повинна перевищувати 100 с. Якщо ця умова не виконується, то реакторна установка модуля ІР029 збалансована.

Проміжне значення перевіряється в такій послідовності. Напруга на вольтметрі виставляється в положення 1,0В, в положення 0, в положення 1, настроювальний елемент в крайнє праве положення в режимі роботи ІІ, фіксатор в положення, а далі діють як на першому ступені.

Константа часу інтегрування обчислюється за допомогою рівняння. Для регуляторів RS29.0.12 допускається дорівнювати (200+72) с.

Мінімальне значення перевіряється в тій же послідовності. Виставляємо напругу +0,5В і далі діємо так само, як і при перевірці проміжного значення. Різниця лише в тому, що електричний секундомір фіксує час, коли виконується умова.

Для регуляторів РС29.0.12 допускається дорівнювати $(20+7,2)$ с. Після закінчення перевірки всі елементи схеми, регулювальні елементи - в початкове положення, в положення 0.

Перевірка максимального значення мертвої зони і постійної часу демпфування

Ручка настройки знаходиться в крайньому правому положенні, після чого напруга позитивної полярності МІ змінюється зі швидкістю не більше 20 мВ/с до включення індикатора «менше». Запишіть середню швидкість зміни напруги (в положенні 0).

Настроювальні елементи встановлюють в крайнє праве положення, напруга на виході ІН встановлюють на 1,6 від значення, записаного при середній швидкості зміни напруги, і одночасно включають сильфон. Секундомір. Зафіксуйте постійну часу демпфування за проміжок часу, що минув від моменту включення до моменту спрацьовування регулятора.

Для контролера RS29.0.12 допускається значення, рівне $(10+3,6)$ с, ручка настройки в початкове положення.

Встановіть полярність напруги на «-», а потім змінюйте сигнал зі швидкістю не більше 20 мВ/с, доки не ввімкнеться індикатор «Ще». Фіксується середня швидкість зміни напруги.

Регулятори статичного регулювання: скейлер, коректор, сетер, мертва зона.

Налаштуйте скейлер.

Для визначення оптимального положення ручки відповідно до необхідного рівня точності підтримки регульованого значення, проводиться аналіз впливу положення органів трансформатора на вихідний сигнал вимірювальної схеми при різних налаштуваннях ручки.

Налаштування сетера.

Для налаштування сетера до вихідних клем регулятора використовується імітатор, на якому встановлюється значення параметра, яке необхідно виміряти. Баланс ланцюга встановлюється за допомогою коректора. Положення рукоятки

коректора відзначається на шкалі коректора під час налаштування коефіцієнта електричної потужності. Після переведення двигуна оперативного сетера в екстремальне положення, сигнал неузгодженості спрямовується на мікросхему, і симулятор регулює значення таким чином, щоб сигнал невідповідності зникало. Подібна операція повторюється при переведенні двигуна в інші положення. На основі отриманих даних визначається діапазон дії сетера, який розділяється на певну кількість поділок для визначення кроку поділки.

Для уникнення автоколивань та прискореного зносу стартера з виконавчим механізмом, бажано обирати мінімальну зону нечутливості, хоча це може призвести до збільшення частоти роботи регулятора. При невеликій зоні нечутливості і короткій тривалості імпульсів може виникнути автоколивання, що також не бажано. Щоб уникнути автоколивань, величина зони нечутливості повинна бути не більше 0,5% від допустимого відхилення.

На практиці вибір величини зони нечутливості часто базується на значенні, рівному половині допустимого відхилення від регульованого значення, яке вважається прийнятним для умов експлуатації. Ця величина виражається у відсотках від номінального діапазону зміни регульованого параметра, який вказаний на початковому пристрої, або від номінального діапазону вхідного сигналу.

Час повного ходу приводу.

Для зменшення коливань спочатку скорочують тривалість імпульсу, а потім збільшують її.

Настройка вибирається після встановлення основних елементів під час подальшої настройки системи управління, і рекомендується обирати максимально можливу настройку. Не слід занадто сильно скорочувати імпульси, оскільки це може призвести до зниження стабільності процесу управління і повторної передачі.

Час затухання.

Встановіть постійну час демпфування на 2,5 с. Виняток становить випадок дуже маленького постійного часу контролю (кілька секунд). При цьому допустиме значення визначається експериментальним шляхом.

2.5.9 Перевірка установки схеми автоматики

Вибір місця установки САПФІР-22ДІ

З'єднувальні лінії від точки відбору тиску до приладу повинні прокладатися на найкоротшій відстані. [16]

Платформа, на яку встановлюється пристрій, повинна бути строго горизонтальною; Місце установки повинно мати можливість демонтувати швидко і зручно.

2.5.10 Коригування регулюючих органів (РО)

Розрахунок і вибір РО проводиться при проектуванні автоматичних систем управління. Проте при розробці проекту не завжди можна передбачити всі особливості потоків речовини або елементів, які можуть змінюватися і впливати на об'єкт управління, що може спричинити значну нелінійність статичних характеристик автоматичних систем управління.

Навіть при коректно підібраних налаштуваннях регулятора, нелінійність РО у поєднанні з лінійним об'єктом управління суттєво погіршує якість автоматичного керування. Тому настройка системи автоматичного регулювання починається з аналізу та вимірювання статичних характеристик регуляторної області.

Статична характеристика РО визначається шляхом проведення вимірів у прямому та зворотному напрямках 2-3 рази в найбільш ймовірних режимах згідно з технологією.

При проведенні експерименту для визначення статичної характеристики регуляторного пристрою весь діапазон переміщення розділяють на 6-10 частин і

встановлюють відповідність шкали при виявленні нелінійності. Якщо є нелінійний переріз характеристики, то відповідну частину діапазону переміщення додатково розділяють на менші відрізки. Якщо нечутливість нелінійностей у початковій та кінцевій зонах не перевищує 5% від загального ходу, то робочі переміщення обмежуються лінійною частиною характеристики від 5% до 95%. Рух регуляторного пристрою, зв'язаного з електричним приводом, контролюється за допомогою кінцевих вимикачів. У випадку, коли насичення в кінці діапазону переміщення регулюючого клапана перевищує 5%, вибирається відповідне співвідношення важелів на вихідних валах регуляторного пристрою та виконавчого механізму, щоб обмежити рух регуляторного пристрою лінійною частиною характеристики під час повного ходу імпульсного механізму.

Якщо лінійний відрізок характеристики потоку знаходиться в діапазоні від 0% до 25%, рекомендується замінити регуляторний пристрій на інший з меншим перерізом. Це можна досягти шляхом встановлення певних співвідношень для забезпечення необхідного зміщення регуляторного пристрою протягом повного ходу імпульсного механізму.

Якщо характеристика споживання, профільована РВ, не відповідає вимогам, то РВ замінюють, попередньо перерахувавши характеристику.

При експериментальному визначенні характеристик дросельної заслінки типу РО необхідно переконатися, що постійна витрата рідини, положення РО закриті, не перевищує 5-10% номінальної витрати, при відкритій 40-60% РО забезпечить витрату відповідно до повного навантаження об'єкта.

2.5.11 Регулювання інтерфейсу виконавчого механізму з регулятором

Основні вимоги до електричного імпульсного механізму (ІМ):

- Крутний момент на вихідному валу повинен бути достатнім для руху регуляторного пристрою без перегріву мотора.

- Час переміщення вихідного валу від закритого до відкритого положення (постійна часу ІМ) повинен забезпечувати необхідну якість процесу управління при максимально можливій швидкості зміни регульованого параметра.
- Розбіг вихідного валу ІМ повинен бути незначним (2% від максимального ходу).
- Вибір конкретного ІМ залежить від потреби у силі, необхідній для переміщення регуляторного вентиля. [15]

На валах виконавчого механізму та регуляторного вентиля встановлюються важелі з розрахованою довжиною. Ці важелі мають отвори для зручного регулювання перед установкою. Підключення імпульсного механізму до регуляторного вентиля повинно забезпечувати переміщення регуляторного вентиля у відповідному напрямку: проти годинникової стрілки для відкриття та за годинниковою стрілкою для закриття при повороті рульового колеса вручну.

Після з'єднання імпульсного механізму з регуляторним вентилям переконайтеся, що немає вільностей у з'єднанні. Якщо виявлено вільності, їх усувають (наприклад, заміною штифтів у місцях з'єднань). Під час налаштування імпульсного механізму з регуляторним вентилям перевіряється робота пульта дистанційного керування.

2.5.12 Регулювання дистанційного показчика положення та МІ

Встановіть імпульсний механізм у крайнє положення, що відповідає закритому стану регуляторного вентиля. Налаштуйте один з кінцевих вимикачів та поставте стрілку індикатора положення на 0, використовуючи змінний опір для нульового налаштування.

Встановіть імпульсний механізм у інше крайнє положення, щоб відкрити регуляторний вентиль. Налаштуйте другий кінцевий вимикач і підставте стрілку індикатора положення на 100% за допомогою іншого резистора налаштування. Усі роботи з пусконаладження потрібно виконувати при розділеному

імпульсному механізмі та регуляторному вентилі перед введенням системи в технологічний процес.

2.5.13 Налаштування первинного датчика

Вторинний прилад з входом струму (наприклад, DISC-250) підключається до вихідних клем вимірювального перетворювача SAPFIR-22ДІ. При налаштуванні потрібно поставити галочку навпроти 0. Для цього потрібно закрити припливні вентиля і відкрити зрівняльний ventиль. Переконайтеся, що додатковий прилад показує 0. Якщо стрілка вторинного пристрою не збігається з 0, первинний датчик налаштовується за допомогою змінного резистора.

Після налаштування первинного датчика, на вхід керуючого пристрою має надходити сигнал, який пропорційний встановленому значенню регульованого параметра. Для цього необхідно від'єднати первинний датчик від об'єкта, підключити мінусову камеру до атмосфери, а плюсову камеру підключити до тиску повітря, попередньо розрахувавши необхідний перепад тиску.

2.5.14 Налаштування відкритої системи

Налаштування відкритої системи полягає в узгодженні напрямку роботи МІ відповідно до знака сигналу неузгодженості, що виникає в результаті відхилення пропорційного сигналу до регульованого параметра, а також узгодження напрямку роботи МІ зі знаком сигналу неузгодженості, що виникає в результаті зміни завдання.

Регулювання проводиться за такою послідовністю дій: спочатку дистанційно встановлюють імпульсний механізм в середнє положення і перемикають перемикач вибору режиму роботи в автоматичне положення. Потім вони імітують відхилення регульованого параметра в більшу сторону (шляхом зміни тиску в позитивній камері SAPFIR-22), при цьому імпульсний механізм повинен працювати менше в цьому напрямку. Подібно до цього, при

моделюванні відхилень регульованого параметра в меншу сторону, імпульсний механізм повинен працювати більше в цьому напрямку. Якщо напрямок роботи імпульсного механізму не відповідає вказаному, то необхідно переключити дроти на вихідних клеммах керуючого пристрою.

2.5.15 Підготовка та введення в експлуатацію АВР до технологічного процесу

Під час дистанційного керування пристроєм і одночасного спостереження за відображеннями вторинного пристрою, налаштовують технологічний параметр на задане значення і перемикають перемикач вибору режиму роботи в автоматичне положення. Після переконання, що система працює безперебійно, встановлюється час інтеграції для перевірки якості процесу контролю. Для цього на об'єкт регулювання накладається збурення при умові стабілізації всіх інших параметрів. [12]

У зв'язку з тим, що динамічні характеристики об'єкта з часом змінюються, необхідно вносити корективи в налаштування регулятора. Коригування параметрів налаштування слід проводити шляхом послідовної апроксимації - здійснення невеликих змін у параметрах налаштування відповідно до попередньо розробленого графіку.

Кожне змінення параметрів налаштування регулятора повинно бути перевірене на відповідність отриманим показникам якості управління процесом.

Регулювання параметрів налаштування завжди необхідно проводити під час зміни режимів роботи агрегатів, оскільки при переході в інший режим або зміні сировини змінюються статичні та динамічні властивості об'єкта.

Висновки до розділу 2

Під час підбору обладнання для автоматизації було уважно підібрано різноманітні компоненти, включаючи датчики, виконавчі механізми, регулюючі

пристрої та контролерні засоби. Кожен з цих елементів був обраний на основі ретельних розрахунків, враховуючи функціональні вимоги технологічного процесу.

Далі було розроблено повний набір графічних документів, які включають у себе детальну функціональну схему автоматизації, електричну схему для підключення датчиків та загальний вигляд щита автоматизації. Ці документи надають повну інформацію про структуру та принцип роботи автоматизованої системи, що сприяє ефективному та безперебійному функціонуванню управління технологічними процесами.

3 СИНТЕЗ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ САР

3.1 Розрахунок чутливості системи управління парою

Вхідні параметри включають: [18]

- тиск в трубопроводі (p),
- характеристика відкриття заслінки (a).

Де:

- Q - кількість пара,
- p - тиск в трубопроводі,
- a - відповідність притулків,
- W - ККД системи.

$$Q = p + a. \quad (3.1)$$

Чутливість системи визначається співвідношенням:

$$W = \frac{p}{p+a}. \quad (3.2)$$

Вихідними параметрами є: $p_n = 0,8$; $a_n = 0,5$; $Q_n = 1,2$; $W_n = 0,71$

Коефіцієнти чутливості дорівнюють: $a_{11} = 1$; $a_{12} = 1$

Знайдемо коефіцієнти абсолютної чутливості:

$$a_{21} = \frac{a}{(p+a)^2} = 0.29 \quad (3.3)$$

$$a_{22} = \frac{p}{(p+a)^2} = -0.47 \quad (3.4)$$

Значення a_{ij} і b_{ij} для всіх вихідних параметрів складають матриці чутливості:

$$A = \begin{vmatrix} 1 & 1 \\ 0.29 & -0.47 \end{vmatrix} \quad (3.5)$$

Знайдемо коефіцієнти відносної чутливості:

$$b_{11} = \frac{p}{Q} = -0,66 \quad (3.6)$$

$$b_{12} = \frac{p}{Q} = 0,25 \quad (3.7)$$

$$b_{21} = \frac{a_{21} \cdot a}{W} = 0,33 \quad (3.8)$$

$$b_{22} = \frac{a_{22} \cdot a}{W} = -0,33 \quad (3.9)$$

Матриця чутливості становить:

$$B = \begin{vmatrix} 0,66 & 0,25 \\ 0,33 & -0,33 \end{vmatrix}$$

$$\Delta W = b_{21} \Delta p + b_{22} \Delta a = 0,33(\Delta p - \Delta a)$$

$$\Delta p = \Delta a = \Delta z$$

$$0,03 < 0,66 \text{ с } \Delta V_{\text{mash}};$$

$$\Delta W_{\text{max}} = 0,66 \Delta z_{\text{max}}$$

$$\Delta W_{\text{max}} < 3\% = 0,03$$

$$0,03 \&l; 0,66 = \Delta V_{\text{mash}}$$

$$\Delta W_{\text{max}} < \frac{0,03}{0,66} = 0.045 \text{ или } 4,5\%$$

Отже, для забезпечення чутливості системи W менше 3% необхідно мати датчик з точністю не гірше ніж 4,5%.

3.2 Розрахунок системи автоматичного регулювання температури

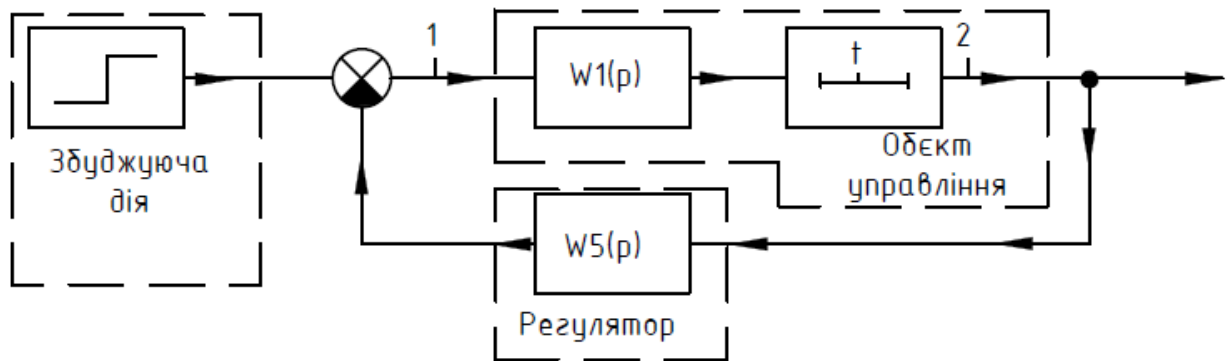


Рисунок 3.1 - Схема котла як об'єкта керування виглядає наступним чином

Регульований об'єкт має такі параметри: $K_{об} = 1,2^{\circ}\text{C}/\text{с}$; $T_1 = 8\text{с}$; $T_2 = 11\text{с}$. Об'єкт регулювання можна описати наступним диференціальним рівнянням:

$$T_1 T_2 x''_{обх}(t) + (T_1 + T_2) x'_{обх}(t) + x_{обх}(t) = K_{об} Y_{вх}(t) \quad (3.10)$$

Підставляючи в цей вираз всім відомі T_1 , T_2 і $K_{об}$, отримаємо наступне рівняння:

$$88p^2 X_{обх}(p) + 19p X_{обх}(p) + X(p) = \frac{1,2}{p} \quad (3.11)$$

$$X_{обх}(p) = \frac{1,2}{(88p^2 + 19p + 1)p}$$

Вирішивши це квадратне рівняння, отримаємо:

$$p_{1,2} = \frac{-b \mp \sqrt{b^2 + 4ac}}{2a} = \frac{-7 \mp \sqrt{9}}{176}$$

$p_1 = -0,0909$; $p_2 = -0,125$. Далі знаходимо $X(t)$:

$$X_{\text{блх}}(t)L^{-1}[X_{\text{блх}}(p)] = 0,9 \left(\frac{C_0}{p} + \frac{C_0}{p+0,09} + \frac{C_0}{p+0,33} \right) = C_0 + C_1 e^{-0,0909t} + C_2 e^{-0,125t}$$

$$C_0 = pX_{\text{блх}}(p)|_{p=0} p \frac{1}{88p(p+0,0909)(p+0,125)} = 1$$

$$C_0 = p - p_1 X_{\text{блх}}(p)|_{p=p_1} (p+0,0909) \frac{1}{88p(-0,0909)(p+0,0909)(-0,0909+0,125)} = -3,66$$

$$C_0 = p - p_2 X_{\text{блх}}(p)|_{p=p_2} (p+0,125) \frac{1}{88p(-0,125)(p+0,125)(-0,125+0,0909)} = 2,66$$

$$X_{\text{блх}}(t) = 1 - 3,66e^{-0,0909t} + 2,66e^{-0,125t}$$

Перевіряти:

$$X_{\text{блх}}(0) = 1 - 3,66 + 2,66 = 0$$

$$X'_{\text{блх}}(0) = 1,2(3,66e(-0,0909t) + 2,66(-0,125t))$$

Потім, на основі цього рівняння, ми побудуємо графік функції $X(t)$ (рис 3.2) за допомогою Таблиці 3.

Таблиця 3.1 – Розрахунки залежності $X(t)$

T	$x' = 1,2(-3,66(-0,0909) + 2,66(-0,125))$
1	0,012
2	0,084
3	0,145
4	0,276
5	0,389
10	0,567
15	0,765
20	0,812

Потім встановлюємо параметри регулятора, використовуючи криву прискорення:

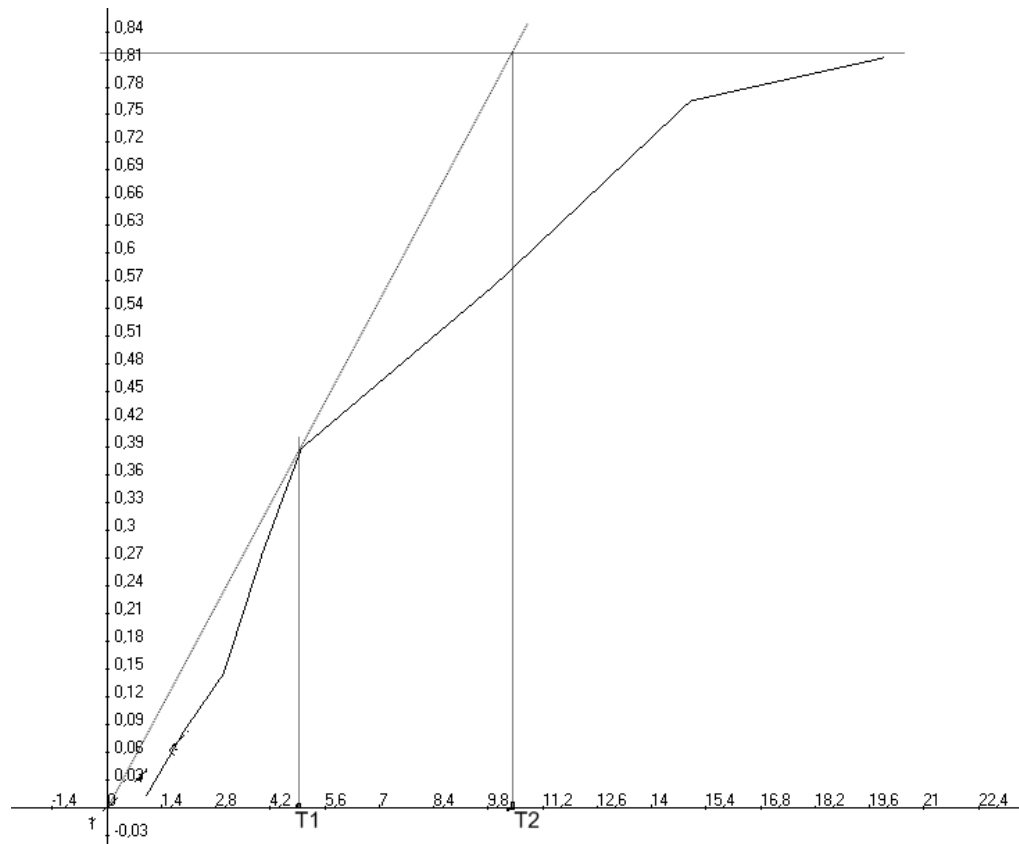


Рисунок 3.2 – Графік залежності $X(t)$

$$W_{об} = \frac{K_{об}}{T_p} e^{-\varphi}; K_{рег} = \frac{0,7}{K_{об} \frac{\tau}{T}}$$

$$W_{рег}(p) = \frac{K_{рег}(1 + T_u p)}{T_u p}; T_u = 0,7T$$

Проведемо лінію тангенсу до графіка функції та визначимо точку її перетину з прямою 1.

З графіка визначаємо значення: $\tau = 1,2$; $T_2 = 9,9$.

Охарактеризуємо об'єкт як аперіодичне динамічне зв'язок першого порядку та пов'язане із ним затримане зв'язок.

$$W_{об} = \frac{1}{9,9p+1} e^{-1,2p}$$

Далі обчислюємо налаштування ПІ контролера:

$$K_{рег} = \frac{0,7}{1,2 \frac{1,2}{9,9}} = 4,8;$$

$$T_u = 0,7 \cdot 9,9 = 6,93$$

$$W_{рег}(p) = \frac{4,8(1+6,93p)}{6,93p} \quad (3.12)$$

Функція передачі замкнутого циклу (збурення навантаження):

$$W_c = \frac{W_{об}}{1+W_{об}W_{рег}} = \frac{\frac{1,2}{(88p^2+19p+1)p}}{1+(\frac{19}{(88p^2+19p+1)p} \cdot \frac{4,8+46,8p}{6,93p})} = \frac{7,2p}{74,4p^3+43,4p^2+48,3p+6,93}$$

Наступні обчислення проводяться за допомогою амплітудно-фазових характеристик. Для цього необхідно побудувати амплітудно-фазову характеристику замкнутої системи:

$$W_c = \frac{7,2p}{74,4p^3+43,4p^2+48,3p+6,93} = \frac{7,2j\omega}{(-6,93\omega^2+6,93)-j(74,4\omega^3+48,3\omega)} \quad (3.13)$$

$$W_c = \frac{270,5\omega^2-416,6\omega^4}{5535,4\omega^6-5303,5\omega^4+1742,2\omega^2+46,2} + j \frac{(38,1\omega^2-243\omega^2)}{5535,4\omega^6-5303,5\omega^4+1742,2\omega^2+46,2}$$

Таблиця 3.2 – Розрахунок даних для побудови замкнутої системи годографа (критерій Михайлова)

ω	K	B
0.00000	11.73000	0.00000
1.00000	218.04258	145.53326
2.00000	306.86261	-197.32447
3.00000	-295.59782	-396.39833
4.00000	-887.76368	357.83268
5.00000	-302.30067	1422.83946
6.00000	1079.58738	1227.79263
7.00000	1348.27711	-340.42410
8.00000	-311.08265	-1219.90947
9.00000	-1977.22042	229.28306
10.00000	-1194.37690	2584.27908

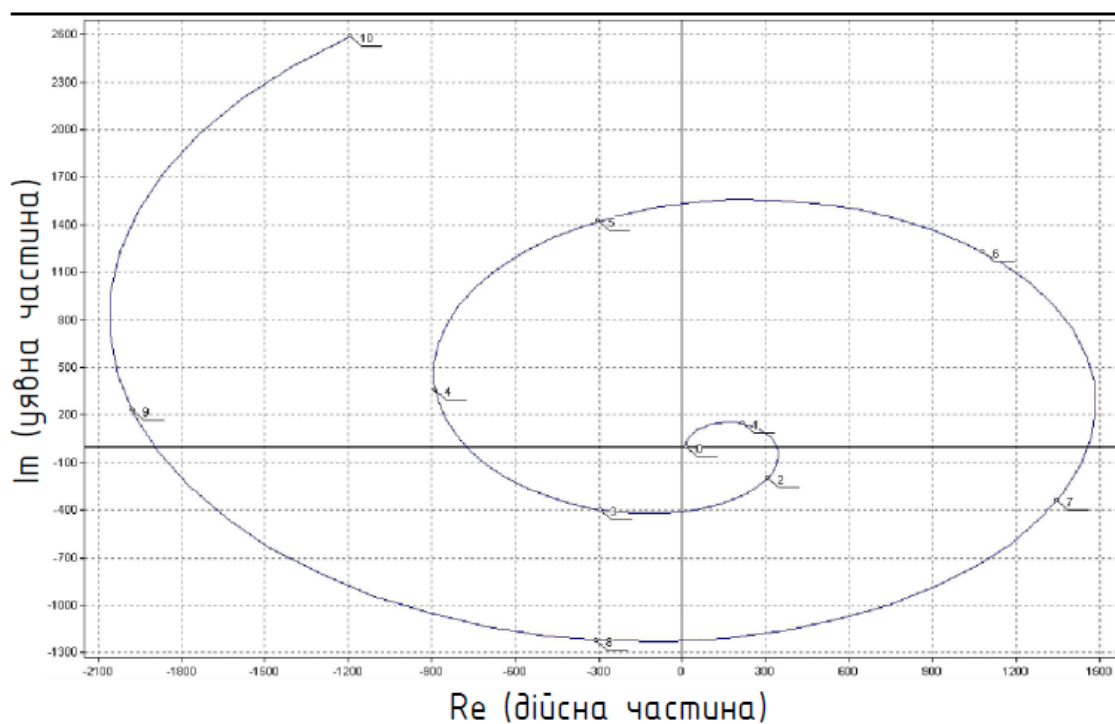


Рисунок 3.3 - Діаграма побудови годографа замкнутої системи

Для створення перехідного процесу необхідно побудувати реальну частотну характеристику, на основі якої відображається трапецієподібна форма характеристики (рисунок 3.4).

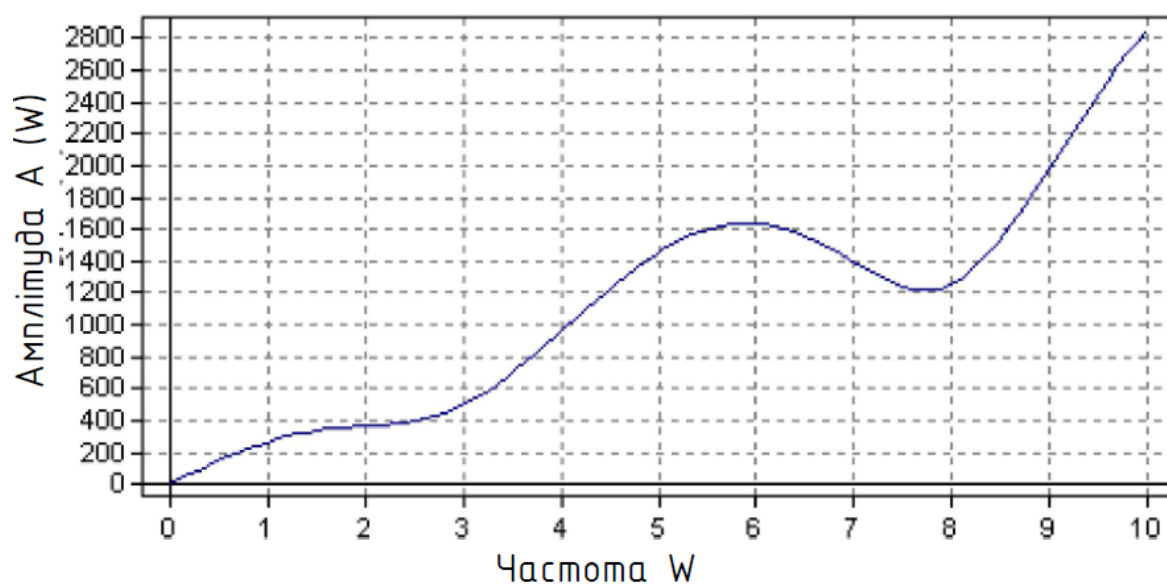


Рисунок 3.4 – Графік трапецієподібній форми характеристики

Таблиця 3.3 – Розрахунки перехідного процесу частотної характеристики

ω	R
0.00000	0.69264
1.00000	3.25847
2.00000	3.27032
3.00000	3.27253
4.00000	3.27330
5.00000	3.27366
6.00000	3.27386
7.00000	3.27398
8.00000	3.27405
9.00000	3.27410
10.00000	3.27414

Далі визначаємо висоти трапецій:

1-а трапеція:

$$r_{01} = 0 - r_2 = 0 - 0,178 = -0,0178;$$

$$\omega_d = 0;$$

$$\omega_0 = 0,43;$$

$$X = \frac{\omega_d}{\omega_0} = 0.$$

2-а трапеція:

$$r_{02} = r_2 - r_3 = 0,178 - (-0,072) = -0,25;$$

$$\omega_d = 0,66;$$

$$\omega_0 = 0,92;$$

$$X = \frac{\omega_d}{\omega_0} = 0,717.$$

3-тя трапеція:

$$r_{03} = 0 - r_3 = 0 - 0,072 = -0,072;$$

$$\omega_d = 1,1;$$

$$\omega_0 = 5;$$

$$X = \frac{\omega_d}{\omega_0} = 0,292.$$

Таблиця 3.4 – Дані для створення перехідного процесу

Параметри Трапеція	Трапецієподібні числа		
	1	2	3
r_{03}	-0.178	0.25	-0.072
ω_d	0	0.66	1.1
ω_0	0.43	0.92	5
$X = \frac{\omega_d}{\omega_0}$	0	0.717	0.22

Таблицю даних складено для створення перехідних процесів з трапецієподібними характеристиками з використанням таблиці h-функцій.

Таблиця 3.5 – Розрахунок перехідного процесу з трапецієподібними характеристиками

T	h1	h2
0.00000	0.00000	-0.50069
1.00000	4.51938	8.86483
2.00000	-27.84986	14.11156
3.00000	-81.22874	-12.24610
4.00000	9.87518	-39.53562
5.00000	236.24507	-14.79124
6.00000	221.57842	46.53552
7.00000	-245.92473	59.74299
8.00000	-625.29284	-12.82199
9.00000	-164.66158	-87.20709
10.00000	830.04969	-53.96457

Наступним кроком буде створення таблиці з експериментально визначеними значеннями структури загального перехідного процесу.

Таблиця 3.6 – Експериментально визначені значення структури загального перехідного процесу

t	i(τ)	b(τ)	Y(τ)
0	0.00000	1.00000	324.84848
1	0.00000	1.00000	0.69264
2	3.07485	-2.07485	6.36296
3	-7.05514	8.05514	-38.97197
4	27.68405	-26.68405	205.38669
5	21.44396	-20.44396	171.37380
6	-69.09764	70.09764	-770.41106
7	247.33395	-246.33395	3335.80335
8	-911.77282	912.77282	-14159.69883
9	-525.88635	526.88635	-10422.99688
10	1916.47259	-1915.47259	42442.70019

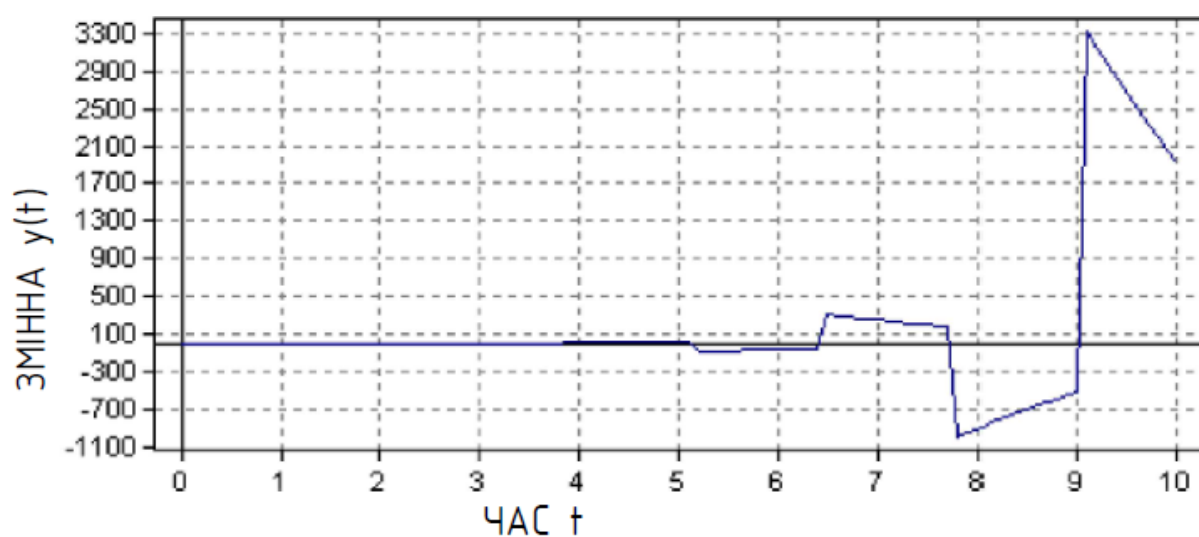


Рисунок 3.5 – Графік загального перехідного процесу

Висновки до розділу 3

Для створення автоматизованої системи було проведено синтез, що включав в себе визначення оптимальних значень коефіцієнтів регуляторів. Шляхом порівняння процесів з різними налаштуваннями було виявлено найкращі коефіцієнти з точки зору якісних показників функціонування системи.

Після проведення імітації було проведено глибокий аналіз реакції системи на зміни тиску пари на виході з котла до споживачів у реальних умовах. Цей етап дозволив отримати важливі висновки щодо ефективності та надійності автоматизованої системи управління.

Важливо зазначити, що автоматична система управління є стійкою, оскільки годограф Михайлова починається на дійсній позитивній півосі та обходить лише проти годинникової стрілки всі 4 квадранти координатної площини. Це підтверджує надійність та ефективність роботи системи у різних умовах та сценаріях використання.

ВИСНОВКИ

Результатом випускної роботи є розроблена система автоматичного керування роботою барабанного котла Е-1-0,9Г.

Для цього було проведено дослідження літературних джерел, що стосуються даного об'єкту та процесу автоматизації парових установок в цілому.

Було підібрано необхідне обладнання для автоматизації, зокрема: датчики, виконавчі механізми, регулюючі пристрої, контролерні засоби. Вибір компонентів автоматизації базувався на розрахунках кожної функції технологічного процесу.

Було створено набір графічних документів з функціональною схемою автоматизації, електричною схемою підключення датчиків та загальним виглядом щита автоматизації.

Для розробки автоматизованої системи був проведений синтез, який дав можливість отримати значення коефіцієнтів регуляторів. Порівнюючи процеси з різними налаштуваннями, було зроблено висновок про кращі коефіцієнти за якісними показниками якості.

Після імітації було проаналізовано поведінку системи на реальному об'єкті при зміні тиску пари на виході з котла до споживачів.

Автоматична система управління є стійкою, оскільки годограф Михайлова починається на дійсній позитивній півосі та обходить лише проти годинникової стрілки 4 квадранта координатної площини.

Усі параметри перехідного процесу знаходяться в заданих межах, а підбір та розрахунок налаштувань регулятора здійснено правильно.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Боженко М.Ф., Сало В.П.. Джерела теплопостачання та споживачі теплоти: навч. посіб. К.: ІВЦ „Видавництво «Політехніка»”, 2004. 192 с.
2. Герасименко І.Є., Герасименко О.І., Герасименко В.І. Посібник інженера з введення в експлуатацію, налагодження та експлуатації котельних установок. К.: Техніка, 1986. 335 с.
4. Григор'єв Ст. А., Зорін В. М. Теоретичні основи теплотехніки. Теплотехнічний експеримент. Довідник.
5. . Документація протоколу передачі даних Modbus. URL: <https://modbus.org> (дата звернення 18.12.2022).
6. Документація до пристрою автоматичного керування та захисту АBB-REF615 (МЕК). URL: <https://abbua.com.ua/keruvannya-zakhistom-i-fidera-ref615-ies> (дата звернення 18.12.2022).
7. Електромеханічні системи автоматичного керування та електроприводи: навч. посібник / М Г. Попович, О. Ю. Лозинський, В. Б Клепиков та ін. К.: Либідь, 2005. 680 с.
8. Казачковський М.М. Комплектні електроприводи: навч. посібник Дніпропетровськ: НГУ, 2003, 226 с.
9. Котел паровий Е-1,0-0,9Г-3(Е) «Технічний опис та інструкція з експлуатації» ПАТ «Монастирищенський машзавод». 48 с.
10. Методичні вказівки до виконання дипломного проекту для студентів спеціальності “Автоматизоване управління технологічними процесами” / Маренич К.М., Оголобченко О.С., Нікулін Е.К., Гавриленко Б.В., Калінін В.В., Ставицький В.М. Донецьк: ДонНТУ, 2006. 35с.
11. Міжнародний науково-технічний журнал молодих учених, аспірантів і студентів «Сучасні проблеми електроенерготехніки та автоматики». URL: <http://jour.fea.kpi.ua/>.

12. Мілих В.І., Павленко Т.П. Електропостачання промислових підприємств : Підручник для студентів електромеханічних спеціальностей. Харків : ФОП Панов А. М., 2016. 272 с.

13. Здрок В. Системний підхід до дослідження виробничих процесів інформаційно–технологічних підприємств. URL: http://www.lnu.edu.ua/faculty/ekonom/Visnyk_Ekonom/2008_39/30.pd

14. Правила улаштування електроустановок. Міненерговугілля України. – 5-те вид., перероб. і доп. (чинне з 22.11.2014). Харків, 2012. 793 с.

15. Системи опалення, вентиляції і кондиціювання повітря будівель: навч. посіб. для студентів спеціальності 144 «Теплоенергетика» Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. 380 с.

16. Тепловий розрахунок промислових парогенераторів. Під ред. В.І. Частухіна. Київ: Вища школа, 1980. 184с.

17. Тепловий розрахунок промислових парогенераторів. Під ред. В.І.Частухіна.- Київ: Вища школа, 1980. 184с.

18. Technical manual, Transformer protection RET670 version 2.2 ANSI. URL: <https://search.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=1MRK504164-UUS&LanguageCode=en&DocumentPartId=&Action=Launch>.

Додаток А

ОХОРОНА ПРАЦІ

А.1 Потенційні небезпеки і шкідливості на об'єкті дослідження

В даній бакалаврській роботі досліджується і розробляється система автоматичного управління видобувним комбайном з винесеною системою подачі з приводами на основі електромагнітних гальм ковзання.

Видобувні комбайни є основною і важливою вуглевидобувною технікою на шахтах України.

Вугільна шахта – це гірниче підприємство підвищеної небезпеки, під час виробничої діяльності в підземних виробках якої можуть виникнути небезпечні та шкідливі виробничі чинники (НШВЧ), від дії яких працівники мають бути захищені.

До НШВЧ на підприємстві відносяться:

- рухомі частини виробничого обладнання;
- підвищена температура поверхонь обладнання;
- підвищена температура повітря робочої зони (несприятливий мікроклімат);
- підвищений рівень шуму та вібрації від обладнання;
- підвищене значення напруги в електромережі;
- підвищений вміст метану, вугільного пилу;
- значна фізична напруга;
- відсутність або нестача природного освітлення.

Комбайн експлуатується згідно з вимогами «Правил техніки безпеки, що діють, для вугільних шахт», технічних стандартів для експлуатації електрообладнання у вугільних шахтах.

При виїмці пластів небезпечних по раптових викидах вугілля і газу застосовується дистанційне управління комбайном.

А.2 Основні шкідливі виробничі фактори, що впливають на умови праці робітників відділу АСУ ТП

До основних шкідливих та небезпечних факторів виробничого середовища, пов'язаних з роботою на персональному комп'ютері належать: напруга зорових органів та перевтомлення очей; навантаження на кисті рук та пальці; тривале знаходження в статичному стані, що викликає застійні явища в організмі; випромінювання різного виду (рентгенівське, електромагнітне, інфрачервоне, статистичні поля); механічні шуми, пов'язані з роботою кулера, дискового приводу, оргтехніки; іонізація повітря; виділення в повітря робочого приміщення різних хімічних речовин (озон, триметілфосфат, біфеніли); небезпека статичної електрики.

До психологічно шкідливих факторів можна віднести розумову напругу та нервово-емоційне перевантаження, які виникають внаслідок підвищеної концентрації уваги. Усі ці фактори негативно впливають на здоров'я працівників відділу АСУ ТП та сприяють виникненню професійних захворювань: комп'ютерний зоровий синдром; радіохвильова хвороба; синдром висихання рогівки ока; кистьовий тунельний синдром; захворювання шкіри; захворювання кишкового тракту; серцево-судинні захворювання; комп'ютерна алергія.

А.3 Заходи щодо поліпшення умов праці робітників відділу АСУ ТП

Для зменшення шкідливого впливу негативних факторів виробничого середовища на працівників відділу АСУ ТП необхідно вжити заходів щодо поліпшення їх умов праці: при облаштуванні робочих місць з ПК не допускати розміщення комп'ютеру у підвальних приміщеннях; приміщення має бути обладнане системою опалення, кондиціонування повітря, вентиляцією; для боротьби зі статичним полем підтримувати відносну вологість повітря на рівні 50-60% за допомогою кондиціонування, для підлоги використовувати матеріали з антистатичного матеріалу; дотримуватися параметрів: площа на одного

працюючого – 6 м², об'єм – 20 м³; відстань від робочого місця з ПК до стіни з вікном повинна становити не менше ніж 1,5 м, від інших стін – на відстані 1 м, а відстань між столами – 1,5 м; не застосовувати для обробки приміщення полімерні матеріали, що виділяють шкідливі хімічні речовини; відстань від екрану комп'ютера до очей повинна складати 50-70 см; час праці за ПК не повинен перевищувати 20 годин на тиждень, при цьому робити перерву кожні 45 хвилин на 5 хвилин.

Для зменшення шкідливого впливу негативних факторів виробничого середовища робоче місце з ПК повинно відповідати наступним гігієнічним вимогам: екран та клавіатура повинні розташовуватись на оптимальній відстані від очей користувача, що становить 600...700 мм; висота робочої поверхні робочого столу має регулюватися в межах 680...800 мм; робочий стіл повинен мати простір для ніг заввишки не менше ніж 600 мм, завширшки не менше ніж 500 мм, завглибшки (на рівні колін) не менше ніж 450 мм, на рівні простягнутої ноги - ніж 650 мм.

Для зменшення негативного впливу мобільного апарату необхідно: скоротити до мінімуму час розмови по телефону; обирати мобільний телефон з мінімальним значенням SAR (Specific Absorbtion Rate). SAR – одиниця виміру питомої величини поглинання випромінювання організмом людини; максимальна потужність випромінювання телефону. Максимальне значення SAR у Європі складає 2 Вт/кг;[4] підносити термінал до вуха після з'єднання з абонентом. Під час здійснення з'єднання збільшується потужність випромінювання телефону.

Згідно з приведеними вимогами можемо розробити схему необхідного розташування робочих місць, яка приведена на рис. 4.1:

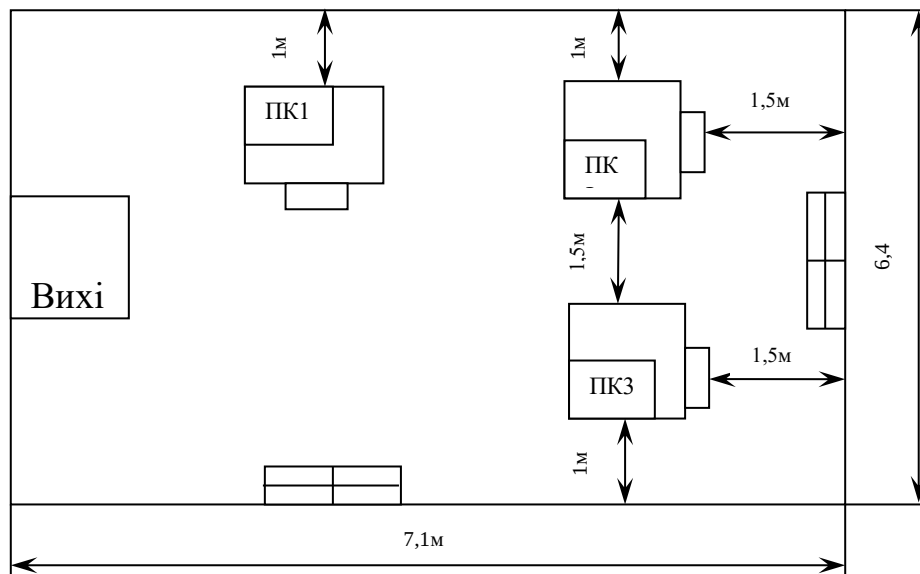


Рисунок А.1 – Облаштованість робочих місць із ПК відділу

Таким чином, дотримано всіх вимог. При цьому працюючі не звернені обличчям до вікна при роботі за комп'ютером.

А.4 Розрахунок кондиціонування та вентиляції для відділу АСУ ТП

У відділі АСУ ТП є джерела екстремальних температур, тому необхідно визначити необхідні умови їх вентилявання. Витрату повітря у відділі з додатковим тепловиділенням визначаємо по формулі:

$$L = \frac{Q_{над}}{c \cdot p (t_b - t_n)}, \quad (A.1)$$

де $Q_{над}$ - надлишкове виділення тепла в робочому приміщенні, ккал/год.;

c - теплоємність повітря (0,237 ккал/кг);

p - обсягова вага повітря (1,226 кг/ м³);

t_b - температура витяжного повітря (26°С);

t_n - температура повітря, що притікає (18°С).

Розрахуємо надлишкове надходження тепла по формулі:

$$Q_{над} = Q_{уст} + Q_{пер} + Q_{осв} + Q_{ср}, \quad (A.2)$$

де $Q_{уст}$ - виділення тепла від устаткування;

$Q_{пер}$ - виділення тепла робітниками;

$Q_{осв}$ - надходження тепла від електричного освітлення;

$Q_{ср}$ - надходження тепла від сонячної радіації через вікна.

Визначимо виділення тепла від устаткування по формулі:

$$Q_{уст} = P \cdot K_a \cdot K_b \cdot 860 \text{ ккал/год}, \quad (A.3)$$

де P - сумарна потужність устаткування, кВт/год;

K_a - коефіцієнт установленної потужності (0,95);

K_b - коефіцієнт одночасної роботи (1,0).

$$Q_{уст} = [(x_1 \cdot k_1) + (x_2 \cdot k_2) + (x_3 \cdot k_3) + (x_4 \cdot k_4)] \cdot K_a \cdot K_b \cdot 860 \text{ ккал/год}, \quad (A.4)$$

де x - кількість системних блоків, моніторів, принтерів, кондиціонерів відповідно; k - потужність системних блоків, моніторів, принтерів, кондиціонерів відповідно.

Розрахуємо:

$$Q_{уст} = [(3 \cdot 0,5) + (3 \cdot 0,1) + (1 \cdot 0,4) + (1 \cdot 6,3)] \cdot 0,95 \cdot 1 \cdot 860 = 490,2 \text{ ккал/год}. \quad (A.5)$$

Визначимо виділення тепла від обслуговуючого персоналу за допомогою формули:

$$Q_{\text{пер}} = n \times g, \quad (\text{A.6})$$

де n - кількість працюючих;

g - кількість тепла, що виділяє один працівник за годину (100 ккал/год.)

Розрахуємо:

$$Q_{\text{пер}} = 6 \times 100 = 600 \text{ ккал/год.} \quad (\text{A.7})$$

Визначимо надходження тепла від електричного освітлення по формулі:

$$Q_{\text{осв}} = E_{\text{м}} \cdot g_1 \cdot S, \quad (\text{A.8})$$

де $E_{\text{м}}$ – нормована освітленість для цієї зорової роботи, приймаємо рівним 400 лк;

g_1 – питоме тепловиділення на 1 м² підлоги при 1 лк освітленості (для люмінесцентних ламп – 0,05 ккал/год.);

S – площа приміщення, м².

Розрахуємо:

$$Q_{\text{осв}} = 400 \cdot 0,05 \cdot 45,44 = 908,8 \text{ ккал/год.} \quad (\text{A.9})$$

Визначимо надходження тепла від сонячної радіації через вікна по формулі:

$$Q_{\text{ср}} = F \cdot g_2 \cdot K_{\text{осл}}, \quad (\text{A.10})$$

де F - площа віконних прорізів (1,55 м²);

g_2 - кількість тепла, що надходить через 1 м² віконного прорізу (65 ккал/год.);

$K_{\text{осл}}$ - коефіцієнт ослаблення, приймаємо - 0,4.

Розрахуємо:

$$Q_{cp} = 1,55 \cdot 65 \cdot 0,4 = 40,3 \text{ ккал/год.} \quad (A.11)$$

Визначимо кількість надлишкового тепла:

$$Q_{над} = 490,2 + 600 + 908,8 + 40,3 = 2039,3 \text{ ккал/год.} \quad (A.12)$$

Визначимо витрати повітря в приміщенні:

$$L = \frac{2039,3}{0,237 \cdot 1,226 \cdot (26 - 18)} = 877,31 \text{ м}^3 / \text{год} \quad (A.13)$$

Існуюча в наявності система вентилявання має продуктивність 600 куб. м./годину, але це не задовольняє необхідним нормативам. Потрібно замінити функціонуючу систему вентилявання на більш потужнішу. Параметри мікроклімату на робочих місцях регламентуються ДСН 3.3.6.042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень». Відповідно доданих санітарних норм температура повітря, швидкість руху повітря і відносна вологість у холодні періоди року повинна складати 22-24 градуса по Цельсію, 0,1 метра в секунду і 40-60 % відповідно. У теплі періоди року температура повітря повинна складати 23-25 градусів Цельсія, рухливість повітря 0,1-0,2 метрів секунду, вологість 40-60 %. Температура може коливатися від 22 до 26 градусів Цельсія при збереженні всіх інших параметрів мікроклімату. Вище зазначені норми цілком відповідають фактичним відділу АСУ ТП.

А.5 Розрахунок системи загального рівномірного освітлення з лампами розжарювання

Розміри відділу: довжина ($a=7,1$ м), ширина ($b=6,4$ м), висота ($h=3$ м). Визначимо норми освітлення для та розрахункову висоту для виділених зон. Мінімальна освітленість за нормами $E=400$ лк. Приміщення має світлу побілку: коефіцієнт відбиття - $P_{\text{стелі}} = 70\%$, $P_{\text{стін}} = 50\%$. Висота робочих поверхонь (столів) $h_p = 0,7$ м. Для освітлення прийнято світильники типу УПМ-15, які підвищуються до стелі, відстань від світильника до стелі $h_c = 0,5$ м. Мінімальна освітленість за нормами $E=400$ лк.

1) Визначимо висоту підвісу світильників над підлогою:

$$h_0 = H - h_c = 3 - 0,5 = 2,5 \text{ м.} \quad (\text{A.14})$$

Для світильників загального освітлення з лампами розжарювання потужністю до 200 Вт мінімальна висота підвісу над підлогою відповідно до СНіП П-4-79 повинна бути у межах 2,5 - 4,0 м, залежно від характеристики світильника. В нашому випадку по відповідає цій вимозі.

2) Визначимо висоту підвісу світильника над робочою поверхнею:

$$h = h_0 - h_p = 2,5 - 0,7 = 1,8 \text{ м.} \quad (\text{A.15})$$

Рівномірність освітлення досягається при відповідному співвідношенні відстані між світильниками (L) і висоти їх підвісу (h).

3) Визначимо рекомендовану відстань між світильниками:

$$L = 0,7h = 0,7 \cdot 1,8 = 1,26 \text{ м.} \quad (\text{A.16})$$

4) Розрахуємо необхідну кількість світильників:

$$N = \frac{ab}{L^2} = \frac{7,1 \cdot 6,4}{1,26^2} = 33,77 \approx 35 \quad (\text{A.17})$$

Приймаємо 35 світильників, враховуючи розміри приміщення розміщуємо їх у 3 ряди по 7 штук.

5) Світловий потік лампи світильника визначається за формулою:

$$\Phi_{\text{л}} = \frac{E \cdot K_3 \cdot S \cdot Z}{N \cdot n \cdot \eta} \text{ ккал/год} , \quad (\text{A.18})$$

де E - нормативна освітленість, лк;

K_3 - коефіцієнт запасу, що враховує зниження освітленості в результаті забруднення та старіння ламп (1,5);

S - площа приміщення, що освітлюється, м^2 ;

Z - коефіцієнт нерівномірності освітлення для ламп розжарювання (=1,15);

N - кількість світильників;

n - кількість ламп у світильнику;

η - коефіцієнт використання світового потоку, який визначається за світлотехнічними таблицями залежно від показника приміщення (i) та коефіцієнтів відбиття стін та стелі.

6) Визначимо показник приміщення для кожної зони:

$$i = \frac{ab}{h(a+b)} = \frac{7,1 \cdot 6,4}{1,8 \cdot (7,1 + 6,4)} = 1,8 . \quad (\text{A.19})$$

7) З таблиці 3.25 [2] знаходимо коефіцієнт використання ($\eta = 0,52$) для світильників УПМ-15 (при $P_{\text{стелі}} = 70\%$, $P_{\text{стін}} = 50\%$).

8) Світловий потік одного світильника, а значить і лампи, оскільки за конструктивним виконанням у світильнику цього типу встановлена лише одна лампа, дорівнює:

$$\Phi = \frac{E \cdot S \cdot K_3 \cdot Z}{N \cdot \eta} = \frac{400 \cdot 45,44 \cdot 1,5 \cdot 1,15}{35 \cdot 0,52} = 1722,73 \text{ лм} \quad (\text{A.20})$$

9) З таблиці 3.27 [2] обираємо лампу БК (біспіральна криптонова) потужністю 100 Вт, світловий потік якої становить 1450 лм. Хоча це значення менше розрахованого на 14%, однак не перевищує встановлену норму ($-0\% < \Delta\Phi_{\text{л}} < +20\%$). Сумарна електрична потужність усіх світильників, встановлених у приміщенні становить:

$$\Sigma P_{\text{св}} = P \cdot N = 100 \cdot 35 = 3,5 \text{ кВт.} \quad (\text{A.21})$$

A.6 Пожежна безпека

У приміщенні відділу АСУ ТП основні міри для забезпечення пожежної безпеки визначає Інструкція про заходи пожежної безпеки для службових приміщень. Вона є обов'язковою для виконання всіма співробітниками. В інструкції про засоби пожежної безпеки для службових приміщень забороняється: улаштовувати тимчасові електромережі, застосовувати саморобні плавкі вставки в запобіжниках, прокладати електричні проводи безпосередньо по пальній основі, експлуатувати світильники зі знятими ковпаками (розсіювачами), використовувати саморобні подовжувачі, що не відповідають вимогам Правил пристрою електроустановок; пристосовувати вимикачі, штепсельні розетки для підвішування одягу й інших предметів, обгортати електролампи і світильники, заклеювати ділянки електромережі пальною тканиною, папером; використовувати побутові електрокип'ятильники, чайники тощо без непалених підставок, залишати без нагляду включеними в електромережу кондиціонери, комп'ютери, рахункові і друкарські машинки і т.п.; захаращувати підступи до засобів пожежогасіння, використовувати пожежні крани, рукави і пожежний інвентар не за призначенням, зберігати документи, різні матеріали, предмети й інвентар у шафах (нішах) інженерних

комунікацій; курити (крім спеціально відведених для цього адміністрацією місць, позначених написом «Місце для паління» і забезпечених урною чи попільницею з непаленого матеріалу), проводити зварювальні й інші вогневі роботи без оформлення відповідного дозволу, застосовувати легкозаймисті рідини.

А.7 Безпека при надзвичайних ситуаціях на підприємстві

Меблі й устаткування повинні розміщатися таким чином, щоб забезпечувався вільний евакуаційний прохід до дверей виходу з приміщення (шириною не менше 1 м). Евакуаційні шляхи і виходи необхідно постійно держати вільними, нічим не захащувати. Засоби протипожежного захисту в приміщеннях потрібні триматися у справному стані.

У випадку виявлення пожежі слід: негайно повідомити державну пожежну охорону за телефоном «101», вказати при цьому адресу, кількість поверхів, місце виникнення пожежі, наявність людей, своє прізвище; повідомити про пожежу керівництву, а в нічний час черговому охоронцю;

У разі можливості почати гасіння пожежі наявними засобами, організувати зустріч пожежних підрозділів.

При виникненні пожежі у початковій стадії його розвитку випромінюється тепло, токсичні продукти згоряння, імовірні руйнування будівельних споруд. Тому слід як можна швидше провести евакуацію людей із палаючої будівлі. Показником ефективності евакуації є час, протягом якого працівники можуть при необхідності залишити окремі приміщення і будівлю в цілому. Безпека евакуації досягається тоді, коли час евакуації не перевищує час настання критичної фази розвитку пожежі, тобто часу від початку пожежі до досягнення граничних для людини впливів факторі пожежі (критичних температур, ступені задимлення, зниження концентрації кисню и т.п.). Число евакуаційних виходів повинно бути не менш двох. Вони повинні розташовуватися розосереджено.

Двері на шляхах евакуації повинні відкриватися у напрямку виходу із будівлі. У кожному приміщенні на видному місці повинен бути вивішений план евакуації при пожежі. При пожежі обов'язково необхідно враховувати небезпечні чинники і механізм їх дії на людину. Користуватися ліфтом категорично забороняється. Шахта ліфта є шляхом для поширення диму і отруйних продуктів горіння, до того ж при пожежі ліфт часто відключають і можна опинитися в пастці при пожежі.

Якщо ви знаходитесь в приміщенні де немає пожежі, но відрізани вогнем, димом, високою температурою від головних шляхів евакуації, то в першу чергу необхідно заважити доступу диму и продуктів горіння в це приміщення. Для чого необхідно негайно закрити усі щілини у дверях та під ними змоченими водою ганчірками, рушниками, робочими халатами та іншим.

Якщо приміщення все ж заповнено димом, необхідно підповзти до вікна, закрити при цьому рот та ніс змоченою тканиною, яка грає роль фільтру та в певної мірі захищає від продуктів горіння.

Рухатись у задимленій зоні поповзом або максимально пригнувшись, необхідно тому що більшість нагрітих газоподібних отруйних речовин та дим збираються у верхній зоні приміщення, окрім цього, в приміщенні при горінні температура на рівні очей людини у 6 разів вище за температуру на рівні полу, до того ж внизу завжди зберігається більша концентрація кисню. Коли ви опинились біля вікна трохи відкрийте його та дихайте через щілину, очікуючи прибуття пожежників. При їх прибутті негайно зверніть на себе увагу. Ніколи не стрибайте через вікно без відомої на це необхідності (кожний другий стрибок з 4-го поверху при пожежі - смертельний).