

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

Автоматика та телекомунікації
(повна назва кафедри)

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

- (підпис) (ініціали, прізвище)
“ ” 20_ р.

Випускна кваліфікаційна робота

магістра

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему «Дослідження та розробка системи автоматичного керування котлом
теплоцентралі Авдіївського коксохімічного заводу»

Виконав : студент 2 курсу, групи СУАм-20
(шифр групи)

Спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Білянський С.О.

(прізвище та ініціали)

(підпис)

Керівник _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

(підпис)

Рецензент _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

(підпис)

Рецензент _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

(підпис)

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

Студент _____
(підпис)

Покровськ – 2021 р.

ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»
Факультет комп'ютерно-інтегрованих технологій та
автоматизації

(повне найменування інституту, назва факультету)

Автоматика та телекомунікації

(повна назва кафедри)

Захист відбувся _____
(дата)

з оцінкою _____
секретар ДЕК _____
(підпис)

Випускна кваліфікаційна робота

магістра

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему «Дослідження та розробка системи автоматичного керування котлом
теплоцентралі Авдіївського коксохімічного заводу»

Виконав студент групи СУАм-20 _____ С. О. Білянський
(підпис, дата) (ініціали, прізвище)

Керівник _____ В.Я. Воропаєва
(підпис, дата) (ініціали, прізвище)

Зав. каф. автоматики та телекомунікацій _____ І.С. Лактіонов
(підпис, дата) (ініціали, прізвище)

Консультанти _____
(підпис, дата) (ініціали, прізвище)

_____ (підпис, дата) (ініціали, прізвище)

_____ (підпис, дата) (ініціали, прізвище)

Нормоконтролер _____ Д.О. Жуковська
(підпис, дата) (ініціали, прізвище)

Покровськ – 2021 р.

ДВНЗ «Донецький національний технічний
університет»

Факультет комп'ютерно- інтегрованих технологій та автоматизації

Кафедра автоматика та телекомунікації

Освітній ступінь магістр

Спеціальність 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Завідувач кафедри

_____/_____
“ ____ ” _____ 20__ року

З А В Д А Н Н Я
НА ВИПУСКНУ КВАЛІФІАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Білянський С.О.

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Дослідження та розробка системи автоматичного керування котлом теплоцентралі Авдіївського коксохімічного заводу»

керівник роботи:

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

затверджені наказом від _____

2. Строк подання студентом роботи _____
3. Вихідні дані до роботи: існуючі рішення реалізації роботи систем автоматичного керування котлами теплоцентралі
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):
- 1) Автоматизовані системи управління котлами ТЕЦ.
 - 2) Аналіз процесів в роботі котлів ТЕЦ.
 - 3) Охорона праці.
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):
- 1) Структурні схеми
 - 2) Функціональні схеми

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

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

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Аналіз об'єкта	25.09.21- 05.10.21	
2	Огляд існуючих рішень	06.10.21- 20.10.21	
3	Знаходження способу реалізації	22.10.21- 03.11.21	
4	Вибір технічних засобів	07.11.21- 18.11.21	
5	Розробка алгоритму роботи системи	19.11.21- 27.11.21	
7	Охорона праці	29.11.21- 01.12.21	
8	Оформлення	12.12.21- 16.12.21	

Студент

_____ (підпис)

Білянський С.О.

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)

_____ (підпис)

Воропасва В.Я.

_____ (прізвище та ініціали)

ЛИСТ ЗАУВАЖЕНЬ

Посада П.І.Б.	Суть зауваження, оцінка та підпис

АНОТАЦІЯ

Білянський Сергій Олександрович «Дослідження та розробка системи автоматичного керування котлом теплоцентралі на базі АКХЗ»/ Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «магістр» за спеціальністю 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології. – ДВНЗ ДонНТУ, Покровськ, 2021 рік.

Робота містить 90 сторінок, складається зі вступу, чотирьох розділів, висновку, 11 переліків використаних джерел з найменувань та 22 рисунка.

Метою даної кваліфікаційної роботи є дослідження та розробка системи автоматичного керування котлом теплоцентралі на базі Авдіївського коксохімічного заводу.

У ході роботи треба вирішити наступні задачі:

- зібрати та обробити необхідну інформацію;
- розглянути існуючу модель автоматичного керування роботи котла теплоцентралі;
- на основі отриманої інформації запропонувати власну систему автоматичного керування об'єктом, що буде задовольняти потребам сьогодення.

Об'єктом проектування виступає існуючий котел теплоцентралі Авдіївського коксохімічного заводу.

Ключові слова: АВТОМАТИЗОВАНИЙ КОТЕЛ, ПРОГРАМОВАНИЙ ЛОГІЧНИЙ КОНТРОЛЕР, АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ,

АНОТАЦІЯ

ПАРОВИЙ КОТЕЛ, ДАТЧИКИ, SCADA, ЕКРАННІ ФОРМИ.

Список публікацій здобувача: Результати були представлені на всеукраїнському науково-практичному форумі ТАК-2021, м. Покровськ.

ABSTRACT

Bilyansky Serhiy "Research and development of the automatic control system of the boiler of the thermal power plant on the basis of AKHZ" / Final qualification work for the degree of "master" in the specialty 151 Automation and computer-integrated technologies. - SHEI DonNTU, Pokrovsk, 2021.

The work contains 84 pages, consists of an introduction, four chapters, a conclusion, 11 lists of sources used by name and 22 figures.

The purpose of this qualification work is to study and develop a system of automatic control of the boiler of the thermal power plant on the basis of Avdiivka Coke Plant.

In the course of work it is necessary to solve the following tasks:

- collect and process the necessary information;
- consider the existing model of automatic control of the boiler plant;
- on the basis of the received information to offer own system of automatic control of object which will satisfy needs of the present.

The object of design is the existing boiler of the Avdiivka Coke Plant.

Keywords: AUTOMATED BOILER, PROGRAMMED LOGICAL CONTROLLER, AUTOMATED CONTROL SYSTEM, STEAM BOILER, SENSORS, SCADA, SCREEN FABRICS.

List of publications of the applicant: The results were presented at the All-Ukrainian scientific-practical forum TAK-2021, Pokrovsk

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ	11
ВСТУП.....	12
1 Дослідження сфери керування котлом теплоцентралі та постановка задачі.....	14
1.1 Характеристика стану та проблематика керування котлом теплоцентралі	14
1.2 Аналіз особливостей функціонування котла теплоцентралі	16
1.3 Методологічна база з побудови типових систем керування.....	17
1.4 Постановка задачі.....	19
Висновки до розділу 1	22
2 Проектування системи автоматичного керування котлом теплоцентралі	24
2.1 Побудова структурної схеми.....	24
2.2 Функціональна схема системи автоматичного керування.....	27
2.3 Побудова математичної моделі САК котлом теплоцентралі	28
2.4 Алгоритм роботи системи	30
2.5 Методика налагодження та перевірки роботи системи	35
2.6 Вибір апаратної бази для системи	36
Висновки до розділу 2.....	45
3. Розрахунок надійності системи автоматичного керування	47
3.1 Структурно-логічний аналіз технічних систем.....	47
3.2 Розрахунок надійності та часової надмірності.....	49
Висновки до розділу 3... ..	51
4. Подальший розвиток розробленої САК.....	52
4.1 Стан і тенденції розвитку АСУ ТП.....	52
4.2 Індустрія 4.0	54
4.3 MES-системи.....	58
4.4 Вибір платформи та інструмента розробки для SCADA-системи	62
Висновки до розділу 4.....	67
ВИСНОВКИ.....	69
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	70
ДОДАТОК А Охорона праці та безпека при НС на підприємстві.....	71

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ

ТЕЦ – Теплоелектроцентрально

ОУ – Об'єкта управління

ІСОІУ – Інтелектуальна система обробки інформації та управління

ПК – Прямоточний котел

КВП – Контрольно-вимірювальні прилади

ТЕЦ – Теплоелектроцентрально

КЕС – Конденсаційна електростанція

САК – Система автоматичного керування

АСУ ТП – Автоматизована система управління технологічним процесом

ЕОМ – електронно-обчислювальна машина

ПЕОМ – Персональна електронно-обчислювальна машина

ПЛК – Програмований логічний контролер

SCADA – Supervisory control and data acquisition

MES – Manufacturing execution system

СУБД – Система управління базами даних

СПУ – Система планування та управління

ВСТУП

Актуальність. Автоматизація технологічних процесів, керування виробництвом і окремим господарством є одним з найважливіших стратегічних напрямків економічного розвитку. Поруч зі створенням нових матеріалів і технологій, автоматизація технологічних процесів і виробництва є пріоритетним напрямком економічного розвитку.

Технологія коксохімічного виробництва пройшла складний шлях розвитку і в даний час має більш ніж столітню історію. Все почалося від коксування в штабелях і дійшло до сучасних коксових печей. Інтенсивне забруднення повітряного басейну під час коксування у відвалах вимагало вдосконалення технології. Важливим кроком у розвитку коксохімічного виробництва стала розробка коксових печей з уловлюванням хімічних продуктів і використанням тепла димових газів, що забезпечило різке поліпшення екологічних та економічних показників.

Авдіївський коксохімічний завод є найбільшим коксохімічним заводом Європи, входить до Групи Метінвест, з проектною річною потужністю 6,87 мільйонів тон коксу. В основному він виробляє продукцію для металургії (20% всього доменного коксу в Україні). У період російської агресії Авдіївський коксохімічний завод зазнав значних втрат від обстрілів, підприємство неодноразово зупинялося. Але, незважаючи на це, завод працює і розвивається, а в його модернізацію вкладаються значні кошти. Шість цехів АКХЗ забезпечують виробництво хімічних продуктів з кам'яновугільної смоли і коксового газу, які виділяються при коксуванні вугільної шихти.

Очищений коксовий газ використовується для нагріву батарей коксових печей на комбінованій теплоелектростанції (ТЕЦ) для вироблення електроенергії, тепла і технологічної пари для виробничих потреб заводу, а також для невеликих споживачів. Для виробництва пари та електроенергії на АКХЗ також використовується теплова енергія гарячого коксу, яка утилізується на установках сухого гасіння коксу.

Потужність ТЕЦ дозволяє забезпечувати Авдіївський коксохімічний завод власною технологічною парою, тепловою та електричною енергією.

Крім того, Заводська ТЕЦ виробляє тепло і гарячу воду для жителів Авдіївки.

Метою даної кваліфікаційної роботи є дослідження та розробка системи автоматичного керування котлом теплоцентралі на базі Авдіївського коксохімічного заводу.

У ході роботи треба вирішити наступні **задачі**:

- зібрати та обробити необхідну інформацію;
- розглянути існуючу модель автоматичного керування роботи котла теплоцентралі;
- на основі отриманої інформації запропонувати власну систему автоматичного керування об'єктом, що буде задовольняти потребам сьогодення.

Об'єктом проектування виступає існуючий котел теплоцентралі Авдіївського коксохімічного заводу.

На виробничих ділянках/агрегатах Активів Холдингу в даний час експлуатується 4500 єдино каналних приладів паперової реєстрації параметрів технологічних процесів (ТП) та систем. Дані прилади мають високу трудомісткість обслуговування, великі експлуатаційні витрати на витратні матеріали (папір, чорнило, запчастини), не забезпечують необхідну точність при розрахунку сумарних значень параметрів за період часу та не мають можливості передачі поточних значень параметрів ТП у режимі реального часу, вносяться до існуючі системи обліку вручну. Частина параметрів реєструються лише у журналі диспетчера та не бере участі у формуванні загальної картини показників ТП на управлінському рівні.

Очікувані результати роботи:

- зниження трудомісткості обслуговування реєстраторів, виключення витрат на витратні матеріали реєстраторів старого типу;
- підвищення точності обліку сумарних значень контрольованих

параметрів ТП щонайменше 1% з допомогою застосування устаткування з меншою похибкою виміру;

- можливість накопичення статистики, зберігання та аналізу даних.

Забезпечення передумов для проекту впровадження MES: отримання необхідного формату та швидкості передачі параметрів ТП та виробничих систем для подальшої обробки у MES.

1 ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ КЕРУВАННЯ КОТЛОМ ТЕПЛОЦЕНТРАЛІ ТА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

1.1 Характеристика стану та проблематика керування котлом теплоцентралі

Випуск коксу на АКХЗ забезпечують 9 коксових батарей у складі чотирьох коксових цехів загальною проектною потужністю 6,87 млн тонн коксу валового 6% вологості на рік.

Коксові цехи обладнані установками сухого (УСТК) та мокрого гасіння коксу (крім коксового цеху №4, де застосовується у роботі тільки УСТК). Гасіння коксу за допомогою інертного газу (сухий метод) є прогресивною екологічною технологією.

Шість цехів АКХЗ забезпечують виробництво хімічної продукції з кам'яновугільної смоли та коксового газу, що виділяються при коксуванні вугільної шихти. Це два цехи уловлювання хімічних продуктів, два цехи сіроочищення (очищення коксового газу від сірководню), а також смолопогонний та пекококовий цех.

Очищений коксовий газ (після вилучення з нього низки хімічних речовин у хімічних цехах заводу) використовується для обігріву коксових батарей, на теплоелектроцентралі (ТЕЦ) для виробництва електроенергії, тепла та технологічної пари для виробничих потреб заводу, а також дрібнішими споживачами. Для виробництва пари та електроенергії на АКХЗ знаходить застосування теплова енергія розжареного коксу, яка утилізується на установках сухого гасіння коксу (УСТК).

Продукція Авдіївського коксохімічного заводу реалізується як в Україні, так і постачається споживачам до країн СНД та далекого зарубіжжя. Зокрема,

експортується до Туреччини, Єгипту, Італії, Чехії, Польщі, Бразилії, а також до інших країн.

Останнім часом на заводі великі роботи проводяться в цеху ТЕЦ, призначеного для забезпечення виробництва коксохімічної продукції тепловою та електричною енергією. На ТЕЦ встановлено сім енергетичних котлів сумарною продуктивністю 515 тонн пари на годину. Паливом для казанів є очищений коксовий газ.

Теплоелектроцентрально (ТЕЦ) - різновид теплової електростанції, яка не тільки виробляє електроенергію, але і є джерелом теплової енергії в централізованих системах тепlopостачання (у вигляді пари і гарячої води, в тому числі і для забезпечення гарячого водопостачання та опалення житлових і промислових об'єктів).^[1]

ПАТ «АКХЗ» також випускає широкий спектр коксохімічної продукції з кам'яновугільної смоли та коксового газу, що виділяються при коксуванні вугілля. Зокрема, це бензол сирий кам'яновугільний, кокс пековий електродний, пек кам'яновугільний електродний (розплавлений або твердий у вигляді гранул), сірчана технічна кислота, амонію сульфат, олії кам'яновугільні, феноляти, нафталінова фракція, сировина коксохімічна для виробництва високоструктурного технічного.

Коксохімічна продукція заводу використовується як готова продукція, так і як сировина для інших галузей народного господарства.

ТЕЦ на Авдіївському коксохімічному заводі конструктивно влаштована як конденсаційна електростанція (КЕС). Але головна відмінність ТЕЦ від КЕС полягає в можливості відібрати частину теплової енергії пари, після того, як він виробить електричну енергію. Залежно від виду парової турбіни, існують різні відбори пари, які дозволяють забирати з неї пар з різними параметрами. Турбіни ТЕЦ дозволяють регулювати кількість відбирається пара. Відібраний пар конденсується в мережевих підігрівачах і передає свою енергію мережевій воді, яка направляється на пікові водогрійні котельні і теплові пункти. На ТЕЦ є можливість перекривати теплові відбори пари, в цьому випадку ТЕЦ стає

звичайною КЕС. Це дає можливість працювати ТЕЦ за двома графіками навантаження:

- * тепловому-електричне навантаження сильно залежить від теплового навантаження (теплове навантаження-пріоритет);

- * електричному-електричне навантаження не залежить від теплової, або теплове навантаження зовсім відсутня, наприклад, в літній період (пріоритет — електричне навантаження).

Проект, за яким будувалася теплоцентраль АКХЗ, був розроблений без урахування стрімкого зростання рівня розвитку електроніки та мікроелектроніки. Існуючий рівень автоматизації перестав задовольняти зростаючим вимоги нашого часу.

Низька надійність і точність апаратури призводять до великих економічних витрат і погіршення умов праці.

В результаті ситуації, що склалася, коли існуючий рівень автоматизації не задовольняє зростаючим вимогам збільшенню точності ведення технологічного процесу, необхідно знайти шляхи виходу зі сформованого положення.

1.2 Аналіз особливостей функціонування котла теплоцентралі

Поєднання функцій генерації тепла і електроенергії (когенерація) вигідно, так як залишається тепло, яке не бере участі в роботі на КЕС, використовується в опаленні.

Це підвищує розрахунковий ККД в цілому (80% у ТЕЦ і 30% у КЕС), але не говорить про економічність ТЕЦ. Основними ж показниками економічності є: питоме вироблення електроенергії на тепловому споживанні і ККД циклу КЕС.

При будівництві ТЕЦ була врахована близькість споживачів тепла у вигляді гарячої води і пари, так як передача тепла на великі відстані економічно недоцільна.

Прямоточний паровий котел в своїй конструкції не має барабана. Вода проходить крізь випарний трубопровід одноразово, перетворюючись в пар поступово. Процес пароутворення припиняється в перехідній зоні. З випарного трубопроводу пароводяна суміш йде в пароперегрівач, в якому температура пара доводиться до необхідних параметрів. Більшість прямоточних парових котлів оснащені проміжним пароперегрівачем, який використовується для повторного нагрівання пари, що надходить з турбінної установки. Повторно нагріта пара повертається на турбіну. Прямоточний паровий котел являє собою розімкнуту гідросистему.

Головною перевагою прямоточних котлів є мінімальний термін, необхідний для приведення його в робочий стан і укорочений час нагріву. З урахуванням цих характеристик, прямоточні котли використовуються в якості резервних установок, що застосовуються в години пікових навантажень і при збоях і несправності основних котельних агрегатів. Щоб жаротрубні котли знаходилися завжди в стані готовності, необхідно їх підтримувати в нагрітому вигляді довгий час, що вкрай неефективно.

У ПК відсутні барабан і опускні труби, що значно знижує питому витрату металу, тобто здешевлює конструкцію котла. Істотний недолік ПК полягає в тому, що солі, що потрапляють в котел з живильною водою, або відкладаються на стінках змішувачів в перехідній зоні, або разом з парою надходять в парові турбіни, де осідають на лопатках робочого колеса, що знижує ККД турбіни.

Дуже часто прямоточні котли мають проміжний пароперегрівач, куди направляється пар з турбіни для повторного нагріву з подальшим поверненням в турбіну.

Прямоточний котел є розімкнутою гідравлічною системою. Такі котли працюють не тільки на до критичному, але і на надкритичному тиску.

Прямоточний паровий котел не вимагає особливої конструкції котельного приміщення і часто має знижені вимоги по експлуатаційному контролю і періодичному технічному нагляд.

Перевагою прямоточного парового котла є його швидка готовність до роботи з укороченим часом нагріву. Це особливо важливо там, де котел використовується в якості резервного або як котел для пікових навантажень. З такою метою жаротрубно-димогарний котел довелося б підтримувати тривалий час без необхідності в нагрітому стані.^[2]

Конденсаційна корозія в межах котла може бути виключена на жаротрубно-димогарних котлах високого тиску. Очищення на стороні ходу димових газів проводиться просто і ефективно. За рахунок цього знижується витрата палива, також як і витрати на обслуговування.

1.3 Методологічна база з побудови типових систем керування

Існує кілька варіантів поліпшення існуючої ситуації.

Перше рішення є найпростішим, але воно не вирішує проблему повністю. Можна зробити заміну існуючих контрольно-вимірювальних приладів на більш сучасні версії, а ніж встановлені тут моделі, та залишити, при цьому, в незмінному вигляді систему, замість працюючих зараз приладів, встановити сучасні моделі з регулюванням.

Ці регулятори дозволяють адаптувати себе під специфіку технологічного процесу роботи котла авдіївської теплоцентралі за допомогою програмування.

Замість встановленого перетворювача, можна застосувати новий, багатоканальний, з програмованою обробкою сигналу, або додати інтелектуальні датчики.

В якості ж апаратури збору даних поставити одно-канальні прилади. Однак таким удосконаленням можна вирішити лише частину проблем.

Кількість встановленого обладнання не зменшиться, так само гостро стоятиме проблема з витраченими матеріалами, запасними частинами і ремонтом, а за матеріальними витратами даний спосіб дорожчий, навіть у порівнянні з наступним варіантом.

Він полягає в деякій реорганізації існуючої структури системи автоматичного керування котлом, передавши контроль і керування за технологічним процесом роботи САК мікропроцесорному контролеру. Такий контролер дозволить керувати одразу декількома об'єктами і замінить собою певне число регуляторів та морально застарілі програмовані датчики.

З додаванням контролера надійність всієї системи автоматичного керування збільшиться, як і точність управління технологічним процесом. Також зменшиться час, який витрачається на ремонт обладнання. Незмінними залишаться прилади відображення та реєстрації даних. При такому підході можна отримати вигаш в матеріальному плані, однак і цей варіант не найкращий.

Останній варіант здатен вирішити практично всі проблеми, які виникають в автоматичній системі контролю і управління за технологічним процесом роботи котла теплоцентралі. Встановивши на заводі мікропроцесорні контролери і систему автоматизованого управління технологічним процесом, можна домогтися позитивного результату.

Система автоматизованого керування буде взаємодіяти з об'єктом управління через контролер і дозволить прибрати практично все застаріле обладнання, а також буде встановлений частотний перетворювач. До її складу також увійде локальна технологічна станція, куди буде стікатися вся інформація. Позитивно вирішаться завдання з моніторингу та архівування ходу процесу, спроститься оперативний контроль.^[2]

У матеріальному відношенні установка такої системи обійдеться значно дешевше, ніж реалізація двох перших способів.

Спеціалізовані САК широко застосовуються в різних галузях техніки, наприклад: стежить система управління копіювально-фрезерним верстатом по

жорсткому копію; САК металорізальних верстатів з магнітною стрічкою, перфострічкою або перфокартою (переваги такого управління полягають у відносній універсальності, легкості розбудови програми та високій точності обробки деталей); система програмного управління реверсивним прокатним станом, що включає в свій контур обчислювальну машину, що управляє.

У відносно повільних технологічних процесах у хімічній та нафтовій промисловості поширені багатозв'язні САК, що здійснюють регулювання великої кількості пов'язаних величин; так, при перегонці нафти інформація про температуру, тиск, витрату і склад нафтопродуктів, що отримується від декількох сотень датчиків, використовується для формування сигналів управління десятками різних регуляторів.

1.4 Постановка задачі

Основна мета розробки нової системи автоматичного керування котлом теплоцентралі - підвищення економічної ефективності виробництва.

Основні функції створюваної системи полягають в наступному:

- * Управління роботою котла теплоцентралі;
- * Надання можливості оперативного контролю САК котла;
- * Ведення інформаційної бази про показники стану котла ТЕЦ;
- * Моніторинг процесу роботи котла ТЕЦ.

Система, що розробляється, має «відкритий» тип, тобто така система має технічні рішення, що використовують стандартні апаратні і програмні засоби, тому має можливість розширення, в неї можуть бути додані додаткові функції, передбачається можливість модернізації окремих вузлів системи незалежно від інших. В операційних приміщеннях замість існуючих реєстраторів контрольованих параметрів встановлюються шафи збору даних, а також робочі станції оператора.

Грунтуючись на практиці впровадження автоматичних систем

управління на інших підприємствах подібного профілю, пропонується встановити одну з систем, призначену для вирішення завдань автоматичного управління технологічним процесом в реальному масштабі часу, що має розподілену структуру і взаємодіє з об'єктом управління через мікропроцесорний контролер.

Інформація про контрольовані та регулюючі параметри буде надходити на контролер (Рис. 1.1).

Він буде її обробляти і видавати керуючі впливи, згідно закладеної в нього програми.

Далі інформація про об'єкт управління передається на систему, яка управляє роботою самого контролера.

Введення такої ієрархії дозволяє чітко розподілити функції між системами. Система буде встановлена на ПЕОМ.

Основні функції контролера будуть полягати в наступному:

- * Отримання контрольованих параметрів від об'єкта управління;
- * Передача даних параметрів на ПЕОМ;
- * Управління ходом технологічного процесу шляхом вироблення керуючих сигналів і передачі їх відповідним пристроям, згідно закладеному алгоритму роботи.

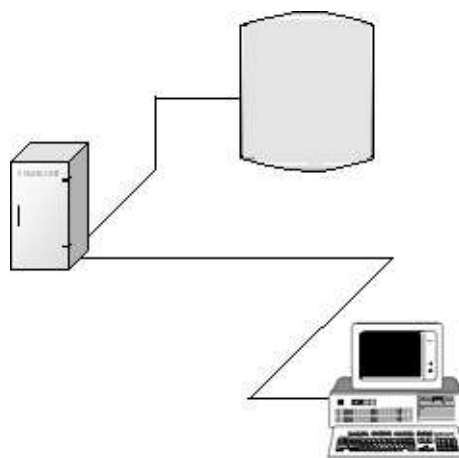


Рисунок 1.1 – Структурна схема автоматизації

Заміна контролером існуючого зараз обладнання дозволить точно дотримуватися технологічних умов виробництва пари, що призведе до підвищення його якості. Адже точність механічного завдання алгоритму роботи неможливо порівняти з програмою, записаною у вигляді машинних кодів. Значно зменшиться час, що витрачається робочим персоналом, на обслуговування обладнання. Знизяться матеріальні витрати, пов'язані з повіркою і ремонтом приладів.

Розмір робочих площ, на яких встановлено дане обладнання у багато разів скоротиться, що дозволить використовувати їх в інших цілях.

Провідна операційна система реалізує наступні функції:

- * Управління роботою контролерів, підключених до неї;
- * Створення та ведення бази даних контрольованих параметрів об'єкта управління;
- * Візуалізація протікання процесу;
- * Забезпечення інтерфейсу "людина-машина";
- * Генерування та зберігання рапортів;
- * Підготовка та виведення на друк відеокадрів та технологічної інформації.

Описані вище функції були реалізовані і на старому обладнанні, із застосуванням показують приладів і самописців. Однак, така реалізація є не задовільною. Мала надійність, конструктивна недосконалість, велика кількість витрачених матеріалів і незручність доступу до раніше записаної інформації поставили питання про заміну їх на більш досконалу техніку.

Величезна кількість самописців і приладів буде замінено на одну локальну технічну станцію, що містить в собі ПЕОМ, програмне забезпечення та засоби відображення інформації.

Обладнання однієї такої станції обійдеться в 4-5 разів дешевше, ніж установка на об'єкті останніх модифікацій працюючих зараз приладів.

Вся інформація буде стікатися сюди, що значно полегшить роботу оператора і підвищить якість оперативного контролю.

Великим плюсом буде те, що перебіг процесу буде представлено в більш зручному для людини вигляді. Так само, на даному етапі вийде велика економія матеріальних засобів.

Науково-технічний рівень розроблюваної системи можна оцінити за кількома критеріями. Розроблена структура автоматизованої системи управління актуальна і сьогодні. Введення в структуру автоматизованої системи управління верхнього рівня автоматизації з використанням ПК і підключенням до нього контролера відповідає сучасним вимогам, що пред'являються до систем автоматичного управління.

А управління технологічними процесами за допомогою мікропроцесорного контролера - це сучасний підхід розвитку систем автоматичного управління в цілому.

Що стосується технічних засобів, використовуваних при розробці системи, то слід зазначити, що термін служби контролера становить 8 років – це досить великий термін, і з урахуванням того, що науково-технічний прогрес в даний час рухається величезними темпами, за минулий час може з'явитися щось радикально нове в області автоматизованих систем управління.

Якщо заміна обладнання, що відпрацювало свій термін, буде проведена на обладнання того ж типу, але більш досконалої моделі, то великих проблем з установкою не виникне.

Алгоритм розроблюваної системи може бути використаний в майбутньому після оновлення обладнання, оскільки системи матимуть підтримку згори донизу. Це означає, що існуюче програмне забезпечення буде життєздатним протягом тривалого часу.

Після запуску системи, полегшиться оперативний контроль і керування.

Не можна забувати і про те, що перехід на більш сучасне обладнання, призведе до підвищення моральної культури виробництва і дасть поштовх робочому персоналу до свого професійного вдосконалення.

Висновки до розділу 1

Автоматизація технологічних процесів, керування виробництвом і окремим господарством є одним з найважливіших стратегічних напрямків економічного розвитку. Поруч зі створенням нових матеріалів і технологій, автоматизація технологічних процесів і виробництва є пріоритетним напрямком економічного розвитку.

Авдіївський коксохімічний завод є найбільшим коксохімічним заводом Європи, входить до Групи Метінвест, з проектною річною потужністю 6,87 мільйонів тон коксу. В основному він виробляє продукцію для металургії (20% всього доменного коксу в Україні).

Потужність ТЕЦ дозволяє забезпечувати Авдіївський коксохімічний завод власною технологічною парою, тепловою та електричною енергією.

Крім того, Заводська ТЕЦ виробляє тепло і гарячу воду для жителів Авдіївки.

Поєднання функцій генерації тепла і електроенергії (когенерація) вигідно, так як залишається тепло, яке не бере участі в роботі на КЕС, використовується в опаленні.

Проект, за яким будувалася теплоцентраль АКХЗ, був розроблений без урахування стрімкого зростання рівня розвитку електроніки та мікроелектроніки. Існуючий рівень автоматизації перестав задовольняти зростаючим вимоги нашого часу.

Проаналізувавши існуючі варіанти модернізації системи керування котлом теплоцентралі, було обрано найефективніше рішення.

Заміна контролером існуючого зараз обладнання дозволить точно дотримуватися технологічних умов роботи котла авдіївської теплоцентралі, що призведе до підвищення його якісних характеристик за зменшення витрат.

У матеріальному відношенні установка такої системи обійдеться значно дешевше, ніж реалізація двох перших способів.

САК класифікуються в основному за метою управління, типу контуру

управління та способом передачі сигналів.

Великим плюсом буде те, що перебіг процесу буде представлено в більш зручному для людини вигляді. Так само, на даному етапі вийде велика економія матеріальних засобів.

2 ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ КОТЛОМ ТЕПЛОЦЕНТРАЛІ

Система автоматичного керування котлом ТЕЦ, яка зараз функціонує на ПАТ "АКХЗ", має деякі недоліки, що негативно впливають на хід процесу в цілому.

Опираючись на наведені у попередньому розділі недоліки в існуючих автоматичних системах керування режимом роботи котлом, пропонується розробити власну систему автоматичного керування, що буде одночасно задовольняти всім ознакам сучасної САК і потребам споживачів ТЕЦ АКХЗ.

2.1 Побудова структурної схеми

Об'єктом управління є паровий котел. У барабані парового котла здійснюється замір рівня води, температури, тиску і рівня розділу фаз. Основними виконавчими пристроями є засувки з електроприводом, що регулюють які регулюють тиск води.

Специфіка конкретної системи управління визначається використовуваною на кожному рівні програмно-апаратною платформою. Нижній рівень системи складають датчики, пристрої вимірювання технологічних параметрів, приводи і виконавчі пристрої, встановлені на технологічному обладнанні і призначені для збору первинної інформації та реалізації виконавчих впливів. Цей рівень називають рівнем введення-виведення.

Пристрої даного рівня можуть бути інтелектуальними, в цьому випадку обмін інформацією з ними може здійснюватися безпосередньо по мережі передачі даних.^[3]

Наступний рівень системи-програмовані контролери. Вони виконують

функцію безпосереднього автоматичного управління технологічними процесами.

Управління виконавчими механізмами здійснюється за певними алгоритмами шляхом обробки даних про стан технологічних параметрів, отриманих за допомогою вимірювальний прилад. Цей рівень отримав найменування рівня безпосереднього керування.

Сервери технологічних даних та автоматизовані робочі місця операторів технологічного обладнання утворюють так звану SCADA-систему, верхній рівень АСУ ТП (Рисунок 2.1).

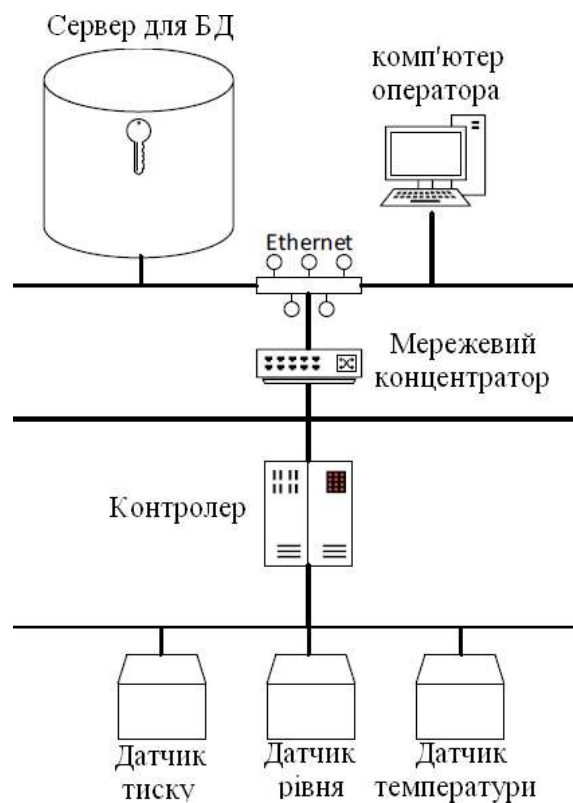


Рисунок 2.1 – Трирівнева структура САК

Відповідно до сучасних підходів проектування АСУ-ТП основні завдання управління вирішуються на нижніх рівнях системи, що дозволяє підвищити швидкодію системи і розвантажити обчислювальну мережу від передачі зайвої інформації. На верхні рівні управління покладаються тільки ті завдання, для виконання яких обчислювальні засоби нижніх рівнів не

пристосовані, наприклад, відображення поточного стану автоматизованого виробництва, робота з великими базами даних (БД), документальний супровід діяльності підприємства і т. д. [3]

Для регулювання роботою системи автоматичного керування котлом теплоцентралі зазвичай використовують типові регулятори, назви яких відповідають назвам типових ланок

- П-регулятор, регулятор пропорційний. Принцип дії у тому, що регулятор виробляє керуючий вплив на об'єкт пропорційно величині помилки (що більше помилка, то більше керуючий вплив).

- І-регулятор, що інтегрує регулятор. Керуюча дія пропорційно-інтегралу від помилки.

- Д-регулятор, що диференціює регулятор. Д-регулятор генерує керуючий вплив тільки за зміни регульованої величини.

Залежно від обраного виду регулятор може мати пропорційну характеристику (П), пропорційно-інтегральну характеристику (ПІ), пропорційно-диференціальну характеристику (ПД) або пропорційно-інтегральну характеристику з впливом похідної (ПІД-регулятор). А завдяки додатковому підключенню Д-складової ПІД-регулятор досягає покращення динамічної якості регулювання.

Пропорційно-диференціальний регулятор (ПІД-регулятор) впливає на об'єкт регулювання пропорційно відхиленню регульованої величини і похідній від величини відхилення, тобто швидкості її зміни.

ПІД-регулятори формують пропорційно-інтегрально-диференціальний закон регулювання. Для використання у системі промислового ПІД-регулятора необхідно отриману передавальну функцію коригуючого пристрою у формі нулів та полюсів перетворити у передавальну функцію з коефіцієнтами ПІД-регулятора.

САК з ПІД-регулятором не мають статичної помилки регулюючої величини із-за наявності інтегруючої складової та мають підвищену стійкість із-за наявності пропорційної складової. Величина регулюючого впливу

регулятора пропорціональна відхиленню регулюючої величини від заданого значення. Коефіцієнт k є параметром налаштування пропорціонального регулятора.

У зв'язку з присутністю жорсткого взаємного зв'язку між зміною вхідної та вихідної величини ПД-регулятор має високу швидкодію, що при його роботі в замкнутому контурі призводить до малої тривалості перехідного процесу.

2.2 Функціональна схема системи автоматичного керування

Складність сучасних автоматичних систем не дозволяє здійснити їх однозначну класифікацію, так як ряд класифікаційних ознак виявляється властивим САК різних типів. Поділ системи автоматизації на окремі елементи доцільно, так як це дозволяє більш економічно здійснювати розробку системи і подальший її аналіз. Поділ дозволяє визначити функціональну сутність окремих елементів САК, а також стає можливо побудувати функціональну схему системи автоматичного керування.

Функціональна схема автоматизації - це технічний документ, в якому визначена функціонально-блокова структура оснащення об'єкта управління (ОУ) апаратно-технічними засобами автоматизації. Всі елементи систем управління на функціональній схемі автоматизації зображуються у вигляді умовних зображень і об'єднуються лініями функціонального зв'язку.

При розробці функціональної схеми автоматизації котла теплоцентралі були вирішені наступні завдання:

- завдання отримання первинної інформації про стан технологічного процесу та апаратно-технічних засобів;
- завдання управління технологічним процесом і стабілізації технологічних параметрів;
- завдання реєстрації технологічних параметрів процесів.

Функціональна схема системи автоматичного керування котла теплоцентралі відображає принцип передачі сигналів від котельного агрегату до контролера і передачі цієї інформації на ПЕОМ, де оператор може контролювати і регулювати зміни параметрів до заданого рівня. [3-4]

Після цього датчики передають поточний сигнал з виміряними параметрами на мікропроцесорний контролер, який підключений до пульта управління і до ПЕОМ, на екрані якого відображається інформація у вигляді мнемонічних схем. Оператор може контролювати хід технологічного процесу, змінюючи контрольовані параметри з панелі управління або з ПЕОМ.

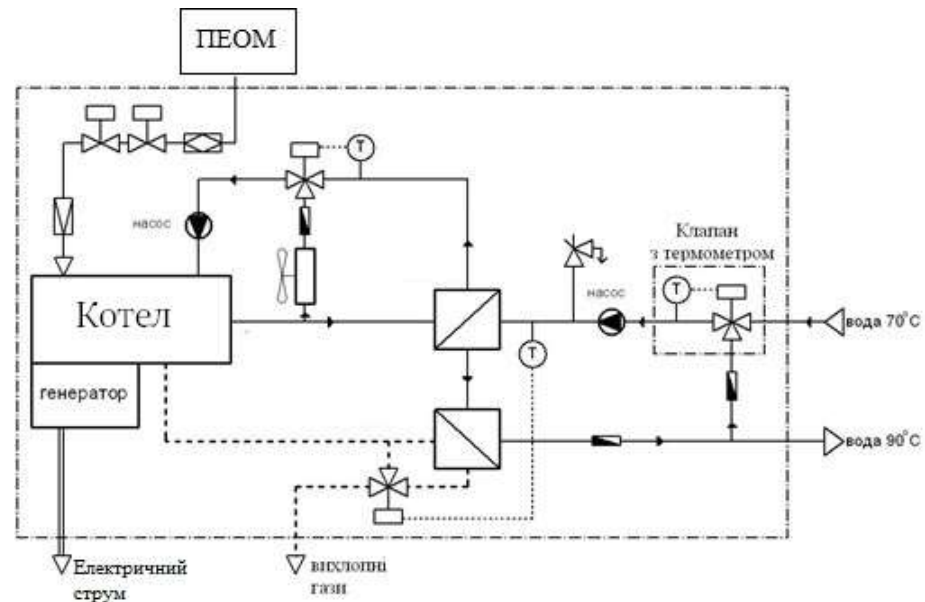


Рисунок 2.2 – функціональна схема САК котла

2.3 Побудова математичної моделі САК котлом теплоцентралі

При функціонуванні системи відбуваються якісь процеси, які впливають на різні величини і керуючи їх змінами в часі. Опис системи автоматизації вимагає математичного опис цих процесів і їх залежність від параметрів системи, які визначаються її конструкцією і технічними рішеннями.

Математичне моделювання є одним з напрямків науково-технічного

прогресу, що найбільш швидко розвиваються та забезпечує підвищення якості і скорочення термінів проектування нових видів продукції.

Математичне моделювання енергетичних котлів відноситься до класу складних задач через їх одиничне виробництво, і, як наслідок, при алгоритмізації такого роду завдань виникають певні труднощі.

У всіх пакетах початкова інформація в діалоговому режимі вводиться з клавіатури в послідовності, яка визначається запитам комп'ютера. [3-5]

Діалоговий режим забезпечується програмами для безформатного введення числових і символьних даних з дисплея.

Під час обчислень на дисплеї відображаються проміжні результати, на основі аналізу яких користувачеві пропонується вибрати стратегію поведінки: продовжити обчислення або, змінивши вихідні дані, повернутися до початку програми.

Тепловий розрахунок є основою математичного моделювання котлів.

При комп'ютерному моделюванні парових котлів для швидкого аналізу громіздкі ланцюжки контурів теплообмінника можуть бути замінені декількома теплоносіями поверхонь нагріву, щоб спростити алгоритм теплового розрахунку і в той же час зберегти якісний аналіз конструкції.

Твердопаливні котли і теплопередавальні агрегати, як системи теплообміну, мають високу інерційність, що є причиною використання великих постійних часу.

Оскільки перехідні процеси в перетворювачі частоти непропорційно повільні за часом протікання, в порівнянні з процесами підвищення і зниження температури, математична модель системи спрощується до блоку з двох ланок.

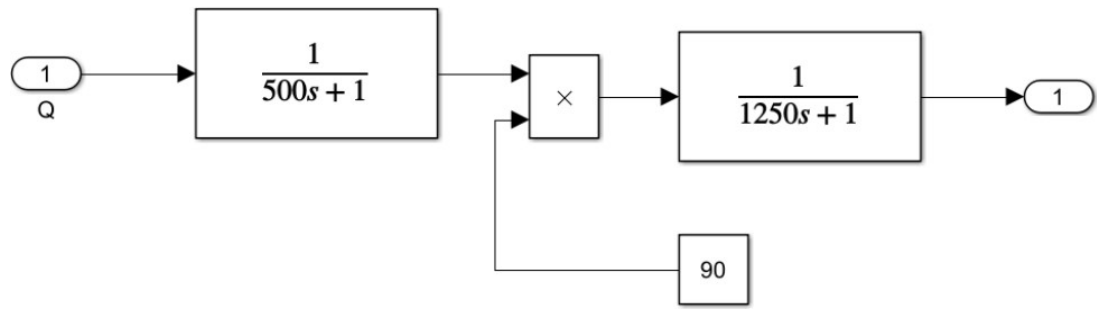


Рисунок 2.3 – Математичні моделі котла і теплообмінника

Для отримання імітаційної моделі у його роботі використовувався програмний пакет Matlab Simulink. Для простих арифметичних виразів Simulink необхідно створити міні-модель, яка буде описувати температуру води в будь-який з точок системи.

Диференціальні рівняння являють собою прості аперіодичні зв'язки.

2.4 Алгоритм роботи системи

Регульованими параметрами технологічного процесу є рівень води в баку котла. Об'єктом управління є контур області між точкою вимірювання рівня і органом управління клапаном. Довжина цієї ділянки визначається правилами установки датчика і регулюючими органами, зазвичай вона становить кілька метрів. Проміжний час затримки становить кілька секунд для рідини, значення постійної часу становить кілька секунд.

Передавальна функція об'єкта управління визначається як передавальна функція резервуара.

$$W_{oy}(s) = \frac{k_{oy}}{s}, k_{oy} = \frac{1}{2L\sqrt{Dh-h^2}} \quad (2.1)$$

де: L і D - довжина і внутрішній діаметр резервуара, м.;

h - рівень поділу фази водяної пари, мм.

В якості алгоритму управління вибрано алгоритм управління ПІД-

регулятора, який забезпечує хорошу якість управління, досить короткий час для входу в режим і низьку чутливість до зовнішніх впливів.

Робота ПД-регулятора заснована на наступному принципі: вимірюється відхилення значення, яке стабілізовано до заданого значення, за результатами відхилення цього значення видається керуючий сигнал, який являє собою суму трьох доданків, перший пропорційний відхиленню цього значення, другий пропорційний інтегралу відхилення від заданого значення і третій пропорційний похідній відхилення від заданого значення.

Відбувається порівняння - завдання за рівнем порівнюється з поточним значенням рівня, отриманим за допомогою датчика рівня води. Відповідно до розбіжності з регульованим значенням регулятор рівня генерує і видає завдання на положення регулюючого органу - клапана.

Встановлене положення порівнюється з поточним, отриманим від датчика положенням регулюючого клапана.

На підставі розбіжності в положенні блок управління генерує керуючий сигнал на привід позиціонера. [4]

Рівень води, який повинен підтримуватися в резервуарі, встановлюється на панелі оператора. Значення з датчика рівня передається на ПЛК, потім значення порівнюються. Далі формується вихідний сигнал струму, який подається на перетворювач частоти, на виході якого формується напруга живлення приводу клапана. За допомогою клапана з електричним приводом електрична енергія перетворюється в поступальний рух штока. Таким чином, рівень в баку стає рівним заданому тиску.



Рисунок 2.4 – Модель системи контролю рівня в резервуарі

Схема управління котлом, розроблена в графічному середовищі Simulink математичного пакету MATLAB, заснована на логічних елементах цього середовища і працює за принципом похибки між заданим і фактичним значенням температури теплоносія. Величина похибки буде залежати від того, в якому режимі буде здійснюватися режим роботи котла – при позитивному значенні котел знаходиться в режимі заданої температури. Після вирівнювання температури за завданням і фактичної котел переходить в режим підтримки тепла, тобто очікування.

Перетворювач частоти являє собою аперіодичну ланку, яка перетворює електричну енергію мережі в електричну енергію для управління клапаном. Далі, для складання передавальної функції перетворювача частоти необхідно розрахувати коефіцієнт передачі і постійну часу.

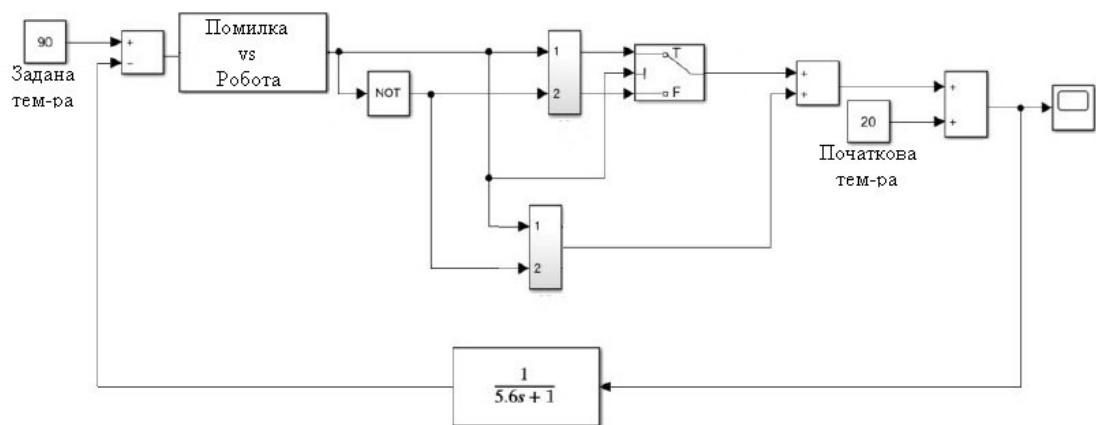


Рисунок 2.5 – Загальна схема автоматизації технологічного процесу

Коефіцієнт передачі перетворювача частоти може бути визначено в статичному режимі як відношення частоти на виході перетворювача, яка забезпечує номінальний режим роботи двигуна, до струму збудження від ПЛК на вході перетворювача.

Оскільки управління здійснюється струмом (4-20) мА, а частота змінюється в діапазоні (0-50) Гц, номінальна частота $f_n=50$ Гц буде відповідати току $I_{zn} z=20$ мА і розраховується за формулою (2.2):

$$k_{\text{чп}} = \frac{f_{\text{н}}}{I_{\text{зн}}} = \frac{50}{20} = 2,5 \quad (2.2)$$

Процес нагріву відбувається досить повільно, але так як він володіє інерцією, температура теплоносія може перевищувати задане значення. Використання температури гістерезису $T=3,2^{\circ}\text{C}$, що віднімається з значення помилки, дозволяє переключитися в режим очікування до досягнення заданої температури.

Різниця між режимами роботи котла полягає в різниці в часі паузи між порційною подачею палива з постійною швидкістю в топку.

У робочому режимі час подачі палива становить $t_{\text{ш1}} = 4,5$ с, а час паузи – $t_{\text{пз1}} = 45$ с. у режимі очікування при досягненні заданої температури час паузи між дозованими подачами палива збільшується до $t_{\text{пз2}} = 300$ с.

Ці процеси реалізуються з цими параметрами за допомогою лічильника інтегратора, який відновлює роботу через зазначений час. Схема застосовуваного робочого сигналу показана на рисунку 2.6.

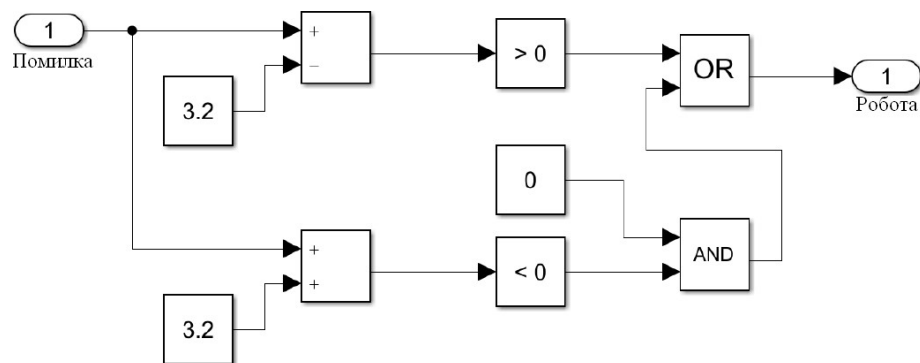


Рисунок 2.6 – Схема перемикання між режимами роботи

Схема управління котлом в разі аварійної ситуації також заснована на логічних елементах бібліотеки Simulink. Вона порівнює сигнали з датчиків температури охолоджуючої рідини-якщо ці значення перевищують допустимі значення, система приймає рішення видути паливо з печі.

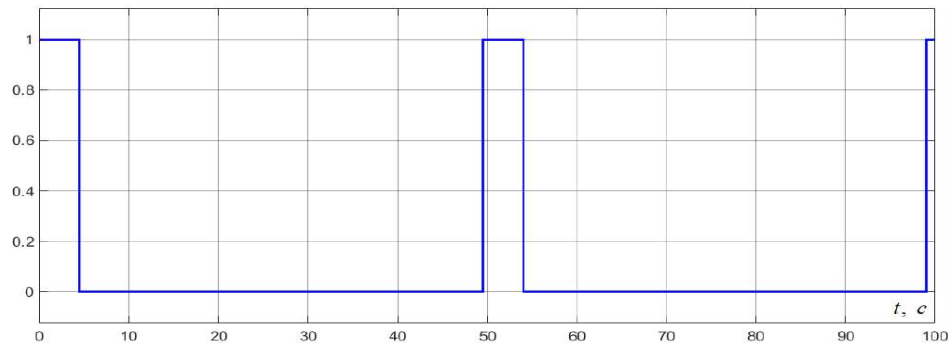


Рисунок 2.7 – Діаграма сигналів в робочому режимі

Результатом моделювання стала діаграма набору температур теплоносія $TK(t)$. Задана температура = 90 °С досягається приблизно за 30 хвилин, і котел, перемикаючись в режим очікування, підтримує її.

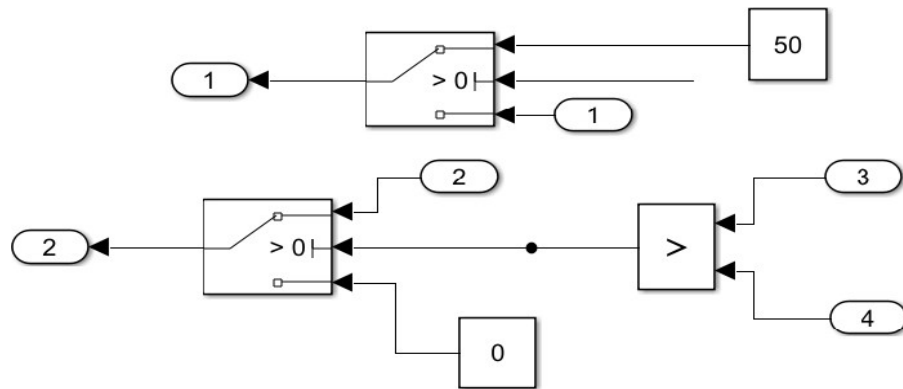


Рисунок 2.8 – Схема управління котлом в аварійному режимі

Дана динамічна модель автоматизованої системи управління твердопаливним котлом опалювальної установки враховує поточну температуру теплоносія.

У разі перевищення допустимих температур теплоносія система вживає заходів щодо виходу з описаного вище аварійного режиму.

З цієї причини таку динамічну модель можна вважати гідною альтернативою застарілій системі.

Необхідна й перевірка даної системи на стабільну роботу в разі виникнення негативних факторів.

Аналізуючи отримані результати моделювання системи, можна зробити

висновок, що система досягає заданого значення з невеликим перевищенням, що свідчить про працездатність і стабільність системи.

2.5 Методика налагодження та перевірки роботи системи

Технологічні процеси сучасних промислових об'єктів вимагають контролю великої кількості параметрів. У зв'язку з цим при проектуванні та експлуатації промислових установок виняткове значення надається питанням забезпечення надійного контролю за ходом технологічного процесу. Надійність і достовірність технологічного контролю багато в чому визначаються якістю налагодження засобів вимірювань, систем і пристроїв технологічної сигналізації, захисту і блокування.

Налагодження засобів вимірювань і систем технологічного контролю передбачає комплекс робіт по їх повірці і налагодженню, що забезпечують достовірну інформацію про значення контрольованих величин і хід технологічного процесу.

Даний комплекс робіт виконується в три етапи.

На першому етапі проводяться підготовчі роботи, вивчення та аналіз основних проектних рішень та попередня перевірка засобів вимірювань.

На даному етапі замовник надає виробничу площадку для організації виїзної лабораторії та проектну документацію для автоматизації з відповідними інструкціями та технологічними картами.

На другому етапі проводяться роботи з перевірки правильності встановлення вимірювальних приладів та систем технологічного контролю, автономного введення в експлуатацію та підготовки систем до включення в роботу для забезпечення індивідуального тестування технологічного обладнання.

З метою скорочення термінів введення об'єкта в експлуатацію автономне введення в експлуатацію може здійснюватися одночасно з виробництвом

відповідно до комбінованого графіка монтажу і введення в експлуатацію. Включення окремих пристроїв і систем в експлуатацію здійснюється в процесі індивідуальних випробувань і комплексних випробувань агрегатів і технологічного обладнання на інертних середовищах і їх поступової заміни робочими продуктами.

На третьому етапі ведуться роботи з комплексного налагодження технологічних систем управління і доведення їх параметрів до значень, при яких вони використовуються при нормальній експлуатації. [5]

Введення в експлуатацію встановлених систем автоматизації здійснюється як окремими вузлами, так і в комплексі - установками, цехами, виробництвами.

У багатьох випадках посібники виробника з технічного обслуговування регуляторів містять процедуру налаштування конкретних регуляторів і, крім того, приклади різних типів кривих управління перехідними процесами, які можуть відображатися на діаграмному магнітофоні. Це можуть бути ідеальні криві переходу, а також ряд інших кривих, які можна використовувати для аналізу системи.

2.6 Вибір апаратної бази для системи

Комплекс технічних засобів системи автоматичного управління котлом теплоцентралі включає в себе вимірювальні прилади, виконавчі механізми, керуюче обладнання, комутаційне обладнання, а також системи сигналізації та допоміжне обладнання.

Вимірювальні прилади збирають інформацію про технологічний процес. Виконавчі механізми перетворюють електричну енергію в механічну або іншу фізичну величину для впливу на об'єкт управління відповідно до обраного алгоритму управління.

Керуюче обладнання обробляє сигнали від датчиків, реалізує алгоритми

локального управління і аварійного захисту і видає керуючі сигнали виконавчим механізмам. За допомогою комутаційного обладнання здійснюється зв'язок і передача даних між технічними засобами середнього і верхнього рівнів. Панелі оператора використовуються в якості допоміжного обладнання для контролю і управління технологічним процесом.

ПЛК використовуються практично у всіх сферах людської діяльності для автоматизації технологічних процесів, у системах протиаварійного захисту та сигналізації, у верстатах з ЧПУ, для управління дорожнім рухом, у системах життєзабезпечення будівель, для збору та архівування даних, у системах охорони, у медичному обладнанні, для управління роботами, в системах зв'язку, при постановці фізичного експерименту, керувати космічними кораблями, автоматизації випробувань продукції тощо. Тим не менш, досі залишається багато галузей економіки, куди контролери лише починають проникати.

На АКХЗ для операторських пультів з кількістю контрольованих параметрів до 32 сигналів комплект системи вимірювання КВП повинен складатися з:

- первинного датчика вимірювання з уніфікованим струмовим виходом 4-20мА;
- Лінії зв'язку;
- цифрового вторинного приладу з відеографічною візуалізацією та електронною реєстрацією вимірюваних параметрів, ємністю від 8 до 16 каналів, з наявністю інтерфейсних виходів RS-485 та Ethernet.

Для пультів операторського відстеження з кількістю контрольованих параметрів більше 32 сигналів, в комплекті системи вимірювання КВП як вторинний прилад з відеографічною візуалізацією та електронною реєстрацією вимірюваних параметрів рекомендується використовувати два персональні комп'ютери, що працюють в режимі гарячого резервування, в комплекті з модулями введення аналогових сигналів.

Технічні засоби КВП повинні зберігати працездатність або бути

укомплектовані засобами захисту, що забезпечують їхнє функціонування в умовах короткочасної відсутності електропостачання диспетчерського щита КВП.

Система має відповідати вимогам "Стандарту АСУТП". Технічні засоби мають будуватися на основі сучасних засобів обчислювальної техніки, за модульним принципом з можливістю розширення при розвитку системи.

У комплексі мають використовуватись виключно технічні засоби серійного виробництва.

В даний час на ринку переважають контролери іноземних фірм, таких як Siemens, Mitsubishi, ABB, Schneider Electric, GE Fanuc.

Для розроблюваної системи автоматичного керування котлом теплоцентралі був обраний контролер Siemens Simatic S7-300. Програмований логічний контролер Simatic S7 - 300 призначений для побудови систем автоматизації малої та середньої складності.

Модульна конструкція контролера S7-300, робота з вільним охолодженням, можливість використання локальних і розподілених структур вводу-виводу, широкі комунікаційні можливості, безліч функцій, підтримуваних на рівні операційної системи, висока простота використання і обслуговування дозволяють отримати оптимальні рішення для побудови систем автоматичного управління технологічними процесами в різних галузях промислового виробництва.

Принцип дії ПЛК Siemens полягає у циклічному зчитуванні вхідних сигналів, за якими за допомогою заданого програмою алгоритму обчислюються стани вихідних (керуючих) сигналів. Одна така послідовність дій називається циклом контролера.

Програмування ПЛК Siemens спрощується за рахунок великої кількості інтегрованих функцій, у сукупності з широким вибором різних типів модулів (сигнальних, комунікаційних та функціональних) систему дуже просто адаптувати до вирішення конкретних завдань.

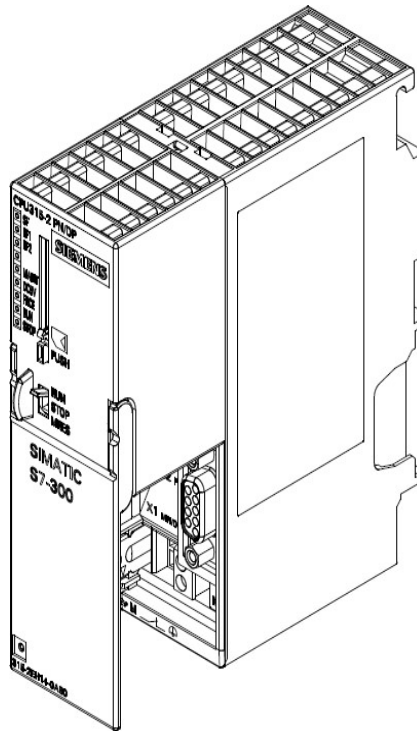


Рисунок 2.9 – Програмований логічний контролер Siemens Simatic S7-300

Основними перевагами контролерів серії S7-300 є:

- наявність широкого спектру процесорних модулів і модулів розширення дозволяє максимально ефективно побудувати автоматизовану систему управління на базі S7-300 для потреб конкретного технологічного процесу;
- швидке і просте розширення автоматизованої системи управління технологічними процесами за рахунок використання розподілених структур введення-виведення і простого включення додаткових контролерів в існуючу мережу;
- через низький тепловиділення не потрібно додаткового охолодження типу вентилятора;
- завдяки великій кількості вбудованих функцій і зовнішніх підключаються бібліотек ПЛК S7 - 300 володіє великою функціональною ємністю і може використовуватися для великого числа як стандартних, так і спеціалізованих завдань.

ПЛК Siemens має модульну конструкцію, що дозволяє збільшувати функціонал системи при ускладненні або модернізації технологічного процесу, що дозволяє поступово нарощувати виробничу потужність без великих витрат. Корпус пристроїв серії S7-300 охолоджується природним чином, а також має високий рівень стійкості до вібрацій і ударних впливів. Електроніка контролера здатна витримати різноманітні електромагнітні перешкоди.

Це дозволяє ПЛК від фірми Siemens успішно використовуватись у багатьох інженерних системах виробничого та цивільного призначення, наприклад:

- хімічна та нафтохімічна промисловість;
- енергетика та ЖКГ (насосні станції, пускові котли тощо);
- автоматика цивільних будівель (автоматичні двері, ескалатори тощо);
- верстатобудування та машинобудування;
- харчова промисловість (пакувальні, розливні, екіпірувальні машини тощо);
- виробництва електроніки та електротехніки.

Таблиця 1 - Технічні характеристики контролера

Номінальний споживаний струм зовнішнього центрального процесора, В	24
Номінальний споживаний струм, мА	750
Діапазон робочих температур, °С	-25 .. +60
Інтерфейси зв'язку	MPI, Profinet, Profibus DP
Робоча пам'ять	384 Кбайт
Енергонезалежна область пам'яті для зберігання блоків даних	128 Кбайт
Кількість модулів	8
Додаткова пам'ять	До 8 Мбайт
Час роботи на відмову, год.	100 000
Мови програмування	LAD, FBD, STL, SCL, CFC, GRAPH

Залишаючись у межах лінійки приладів Siemens, в якості промислового мережевого комутатора для передачі інформації між обладнанням контролера і панеллю оператора, а також автоматизованою системою керування, був

обраний Siemens Scalance X005.

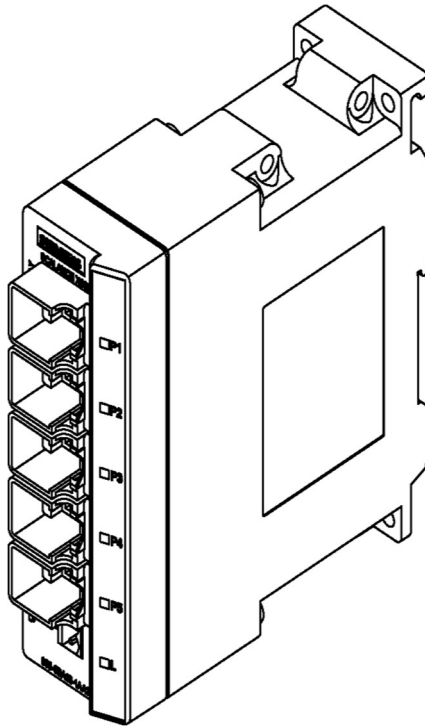


Рисунок 2.10 – Промисловий комутатор Switch Scalance X005

Переваги цього перемикача полягають в наступному:

- Некерований промисловий комутатор Ethernet початкового рівня SCALANCE X005 оптимізований для побудови невеликих мереж Ethernet зі швидкістю 10/100 мегабіт в секунду з лінійною або зіркоподібною структурою;
- П'ять електричних вузлів або мережевих з'єднань;
- Міцний металевий корпус для установки в шафу на стандартну рейку, DIN-рейку S7-300 або для настінного монтажу;
- Міцне з'єднання промислового стандарту зі станціями за допомогою роз'ємів Profinet, що забезпечує додаткове механічне посилення з'єднання;
- Діагностика пристрою за допомогою світлодіодів (джерело живлення, стан підключення, передача даних).

Датчик рівня був обраний з таких варіантів приладу: Metran 150cd, Deltabar s PMD75, Siemens Citrans P DS III.

В результаті аналізу був обраний датчик рівня Citrans P DS III.

Серія перетворювачів даних включає цифрові датчики тиску для вимірювання надлишкового тиску, абсолютного тиску, перепаду тиску, витрати і рівня.

Вони дозволяють втілити комплексні функції діагностики та моделювання в поєднанні з високою надійністю.

Після того як тиск надходить в камеру вимірювального блоку, отримане значення перетворюється за рахунок деформації чутливого елемента і зміни електричного сигналу.

За допомогою одного приладу SITRANS P DS III може бути досягнутий такий самий рівень безпеки, як із двома звичайними вимірювальними перетворювачами. Це означає, що ви заощаджуєте вартість додаткового перетворювача, включаючи вартість монтажу та обслуговування, додаткових кабельних ліній та розділових джерел живлення.

Досвід використання в ряді програм показав, наскільки добре сконструйовано SITRANS P DS III для практичного використання. Якщо вам потрібен високий рівень безпеки та надійності, вам слід помістити прилад DS III у верх вашого списку, особливо враховуючи функціональність PROFIsafe. Завдяки використанню протоколу PROFIsafe SIEMENS є першим виробником, що гарантує надійну передачу даних із польового рівня на рівень управління.

Таблиця 2 - Технічні характеристики датчика рівня

Точність	$\leq 0.065 \%$
Довгочасна надійність	$\leq 0.125\%$ за 60 місяців
Діапазон виміру	від 0-1 мБар до 0-700 Бар
Рівень безпеки	для використання в додатках SIL2 / 3 відповідно до IEC 61511
Сертифікація	ATEX EEx ia, EEx ib, захист від вибухонебезпечного пилу, FM, CS
Комунікація	HART, PROFIBUS PA, PROFIsafe или FF

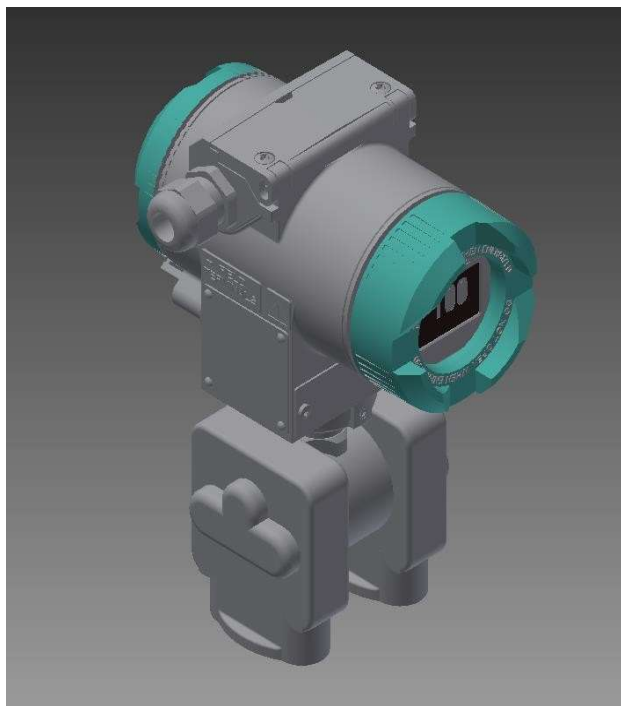


Рисунок 2.11 – Зовнішній вигляд датчика рівня Citrans P DS III

Один з найбільш популярних у промисловості типів термометрів - термометр опору, що є первинним перетворювачем, для отримання точного значення температури від якого необхідний додатковий, нормуючий перетворювач або промисловий ПЛК - програмований логічний контролер.

Термометр опору є конструкцією, в якій дріт з платини або міді намотана на спеціальний діелектричний каркас, розміщений усередині герметичного захисного корпусу, зручного за формою для монтажу.

Датчик температури обраний для вимірювання температури води. Більш підходящим варіантом був датчик температури Metran-226. Принцип дії заснований на явищі зміни електричного опору металів при зміні їх температури.

Величина зміни електричного опору визначається типом матеріалу чутливого елемента і величиною зміни температури.

Таблиця 3 - Технічні характеристики датчика температури Metran-226

Середовище вимірів	Рідина
Діапазон навколишніх температур, °C	-5..+60
Діапазон вимірюваних температур, °C	-30..+200
Похибка у вимірах $\pm$, %	0,25
Вихідний сигнал PT100, мА	За супротивом

Вимірювальний блок являє собою плівковий чутливий елемент, що представляє собою платинову плівку, нанесену розпиленням на ситальну підкладку. Чуттєвий елемент поміщається в захисну арматуру, матеріал і розміри якої обрані так, щоб бути стійкими до навколишнього середовища, температура якого вимірюється.



Рисунок 2.12 – Вигляд датчика температури Metran-226

Інтелектуальні датчики тиску серії Metran-75 призначені для безперервного перетворення вхідних вимірних значень в уніфікований вихідний струм або цифровий сигнал з використанням протоколу HART.

Датчик складається з сенсорного модуля і електронного перетворювача. Модуль датчика складається з вимірювального блоку і плати аналого-цифрового перетворювача.

Тиск, прикладений до камери вимірювального блоку, перетворюється в деформацію чутливого елемента і зміна електричного сигналу. Електронний перетворювач перетворює електричний сигнал у відповідний вихідний сигнал.



Рисунок 2.13 – Зовнішній вигляд датчика тиску Metran-75

Електропривід призначений для приведення в дію запірної і регулюючої трубопровідної арматури в системах автоматичного управління технологічними процесами відповідно до командних сигналів регулюючих і керуючих пристроїв.

Принцип дії виконавчих механізмів полягає в перетворенні електричної енергії в обертальний рух вихідного вала відповідно до сигналом, що надходить від регулюючого або керуючого пристрою.

При створенні систем автоматичного управління котлом опалювальної установки виконавчий механізм вибирається для лінії управління подачею води в барабан парового котла. Регулювання подачі води є одним з основних вузлів автоматизації парового котла.

Для управління регулюючим клапаном обраний електропривод Bray70.

Електроприводи Брау компактні за розмірами, надійні в експлуатації, прості в налаштуванні і інтегровані в систему автоматизації.

Основою приводу є двигун змінного струму з високим крутним моментом. Передбачений захист двигуна від перевантаження.

Всі версії приводів мають вбудований ручний подвоювач з маховиком і індикатором положення. Базова модель приводу будь-якого розміру оснащена перемикачами кінцевого положення, захистом від конденсації і механічними обмежувачами ходу. В якості опцій доступні: моментні вимикачі, позиціонер, локальний блок управління.

Для завдань, де необхідно регулювання, в базовому приводі встановлена плата SERVO-PRO з різними варіантами вхідного сигналу: 4...20 мА, 0...10 В, потенціометр. Характеристика регулювання є лінійною. Сигнал зворотного зв'язку: 4...20 мА або сигнал точкового вимірювача.

Форма і з'єднувальні розміри фітінгів Bray виконані відповідно до європейського стандарту ISO 5211, що дозволяє встановлювати електропривод практично будь-якого європейського або вітчизняного виробника.



Рисунок 2.14 – Зовнішній вигляд електроприводу Bray

Цей електропривід не вибагливий в обслуговуванні, надійний і підходить для кліматичних умов навколишнього середовища. Також цей привід має локальне управління, на випадок виходу з ладу пульта дистанційного керування.

Висновки до розділу 2

Основним завданням в даній роботі була розробка системи управління котлом теплоцентралі шляхом розробки алгоритмів управління на основі логічних елементів.

Розділяючи режими роботи котла на два набори і підтримуючи температуру, досягається оптимальний результат у вигляді найбільш ефективного використання об'єкта для досягнення заданої температури теплоносія.

Оскільки самостійне відключення котла в разі перегріву теплоносія або палива за межами камери згоряння є важливим моментом в автоматизованій системі, було побудовано додаткове рішення для входу в аварійний режим.

На основі зібраних даних про котли теплових станцій запропоновано технічне рішення щодо модернізації системи управління. При реалізації проекту програмний комплекс Matlab Simulink враховував дані, отримані від датчиків.

Ефективність розробленої автоматизованої системи управління технологічним процесом котла полягає в зниженні можливих помилкових дій обслуговуючого персоналу.

Метою впровадження системи автоматичного керування котлом теплоцентралі є цифровізація технологічних параметрів із заміною існуючих морально та фізично застарілих паперових реєстраторів на засоби цифрової реєстрації даних, із частковою заміною датчиків КВП, що мають не уніфікований вихідний сигнал.

Комплекс технічних засобів системи автоматичного управління котлом теплоцентралі включає в себе вимірювальні прилади, виконавчі механізми, керуюче обладнання, комутаційне обладнання, а також системи сигналізації та допоміжне обладнання.

Відібрані технічні засоби КВП зберігають працездатність та укомплектовані засобами захисту, що забезпечує їхнє функціонування в

умовах короткочасної відсутності електропостачання диспетчерського щита КВП.

Оскільки операційна система контролера взаємодіє безпосередньо з його апаратними ресурсами, для забезпечення високої якості рішення бажаний контроль виробника ПЛК над усім циклом виробництва продукту – від вибору схемотехнічних рішень та підбору елементної бази до модифікації нижнього рівня ПЗ. Тільки в цьому випадку рішення будуть дійсно оптимальними та ефективними.

Пристрої автоматизації, інтегровані в ІТ-інфраструктуру, обмінюються даними через відкриті мережі, тому потенційно вразливими елементами.

Для захисту інформації від несанкціонованого доступу, а також контролю дій користувачів системи передбачається система контролю облікових записів користувачів. Тобто кожен користувач системи має бути авторизований шляхом введення свого логіну та пароля.

3 РОЗРАХУНОК НАДІЙНОСТІ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ

3.1 Структурно-логічний аналіз технічних систем

Відповідно до правил побудови систем автоматичного контролю, необхідно мати такі показники надійності:

- середнє напрацювання на відмову - не менше 10000 год;
- ймовірність безвідмовної роботи – 0,95;
- середній час відновлення – не більше 1,5 год.

Пристрій у процесі експлуатації може перебувати у трьох станах:

1 – повністю працездатний стан (відбувається визначення значення технологічних параметрів газу, працює система обчислення похибки та працює блок індикації);

2 - часткова працездатність (відбувається процес контролю, але ланцюг індикації не працює);

3 – стан відмови (основна функція не виконується). При переході системи з першого стану стан 2 або 3 виробляється відновлення повної працездатності.^[6]

Граф переходів системи контролю та управління з одного стану до іншого показаний на рисунку 3.1.

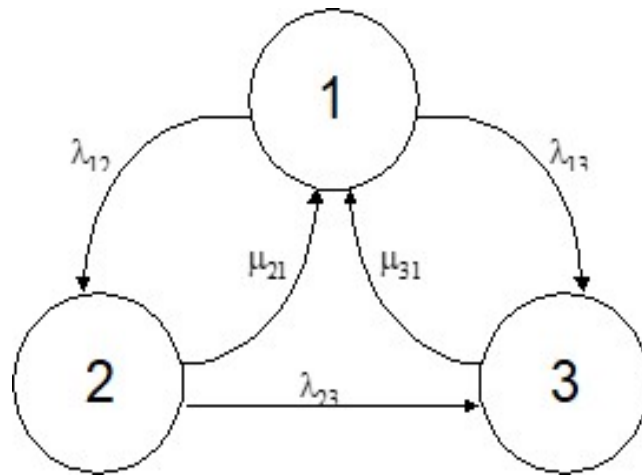


Рисунок 3.1 – Граф станів

де: λ_{12} - інтенсивність відмов блоку індикації;

λ_{13} - інтенсивність відмов МПС;

λ_{23} - інтенсивність відмов системи контролю після відмови блоку індикації;

μ_{31} - щільність ймовірності відновлення першорядної функції;

μ_{21} - інтенсивність відновлення блоку індикації.

Для опису графа станів САК системою диференціальних рівнянь використовують правило Колмогорова та отримують наступне:

$$\begin{cases} \frac{dP_1(t)}{dt} = -\lambda_{12} P_1(t) - \lambda_{13} P_1(t) + \mu_{21} P_2(t) + \mu_{31} P_3(t), \\ \frac{dP_2(t)}{dt} = \lambda_{12} P_1(t) - \mu_{21} P_2(t) - \lambda_{23} P_2(t), \\ \frac{dP_3(t)}{dt} = \lambda_{13} P_1(t) + \lambda_{23} P_2(t) - \mu_{31} P_3(t). \end{cases} \quad (3.1)$$

У разі, якщо під час розрахунку враховуються процеси відновлення, потоки відмов є Марківськими, ймовірність перебування у тому чи іншому стані залежить від часу. Рівняння системи залежні, тому третє рівняння замінено виразом $P_1 + P_2 + P_3 = 1$.

Отриману систему можна вирішити щодо P_i .

Вирішивши систему щодо P_i , знайдемо ймовірність перебування системи в кожному із станів:

$$\begin{cases} P = \frac{\mu_{31}(\mu_{21} + \lambda_{23})}{(\mu_{21} + \lambda_{23})(\mu_{31} + \lambda_{12} + \lambda_{13}) - \lambda_{12}(\mu_{21} - \mu_{31})}, \\ P = \frac{\mu_{31}\lambda_{12}}{(\mu_{21} + \lambda_{23})(\mu_{31} + \lambda_{12} + \lambda_{13}) - \lambda_{12}(\mu_{21} - \mu_{31})}, \\ P = 1 - \frac{(\mu_{21} + \lambda_{23})(\mu_{31} + \lambda_{12} + \lambda_{13}) - \lambda_{12}(\mu_{21} - \mu_{31})}{(\mu_{21} + \lambda_{23})(\mu_{31} + \lambda_{12} + \lambda_{13}) - \lambda_{12}(\mu_{21} - \mu_{31})}. \end{cases} \quad (3.2)$$

Для визначення часу перебування системи в одному із станів члени, пов'язані з третім станом, виключені; зроблено заміну $P_i(t) = T_i$, внаслідок чого отримуємо систему, вирішивши яку щодо T_1 і T_2 , отримаємо:

$$\begin{cases} T = \frac{\mu_{21} + \lambda_{23}}{(\lambda_{13} + \lambda_{12})(\mu_{21} + \lambda_{23}) - \lambda_{12}\mu_{21}}, \\ T_2 = \frac{\mu_{21}\lambda_{12}}{(\lambda_{13} + \lambda_{12})(\mu_{21} + \lambda_{23}) - \lambda_{12}\mu_{21}}. \end{cases} \quad (3.3)$$

Для знаходження значень P_1, P_2, P_3, T_1, T_2 виконується розрахунок значень $\lambda_{12}, \lambda_{13}, \lambda_{23}, \mu_{21}, \mu_{31}$ наближеним або уточненим методом. [6-7]

3.2 Розрахунок надійності та часової надмірності

Режим експлуатації приладів КВП на АКХЗ – безперервний, з періодичними перервами щодо регламентних робіт.

Середнє напруження комплексу КВП на відмову має бути не менше 10000 год., Середній ресурс системи - не менше 10 років. Середній час відновлення комплексу КВП після відмови не більше 2 годин.

Для оцінки ймовірності безвідмовної роботи проекрованої системи

автоматичного керування котлом теплоцентралі можна спочатку оцінити дану ймовірність для існуючої системи, не виводячи її з робочого режиму.

Передбачається, що зламані елементи замінюють ідентичними по надійності елементами. Потрібно визначити показники надійності елемента, що характеризують час його роботи між сусідніми відмовами.

Для розрахунків візьмемо статистичні данні, зібрані під час відпрацювання змін у піврічний період з 1 березня 2018 року по 31 серпня 2018 року.

За вказаними вище формулами розрахуємо інтенсивність відмов обладнання за $T = 25000$ годин та вносимо результати до таблиці 4.

Таблиця 4 - Характеристики надійності обладнання

Найменування обладнання	Напрацювання на відмову	Інтенсивність відмов
Датчики	100000 годин	1110^{-6}
Контролер	75000 годин	$15,31523^{-6}$
ПК	65000 годин	2012^{-6}

Побудуємо графік зміни ймовірності безвідмовної роботи стосовно часу роботи системи.

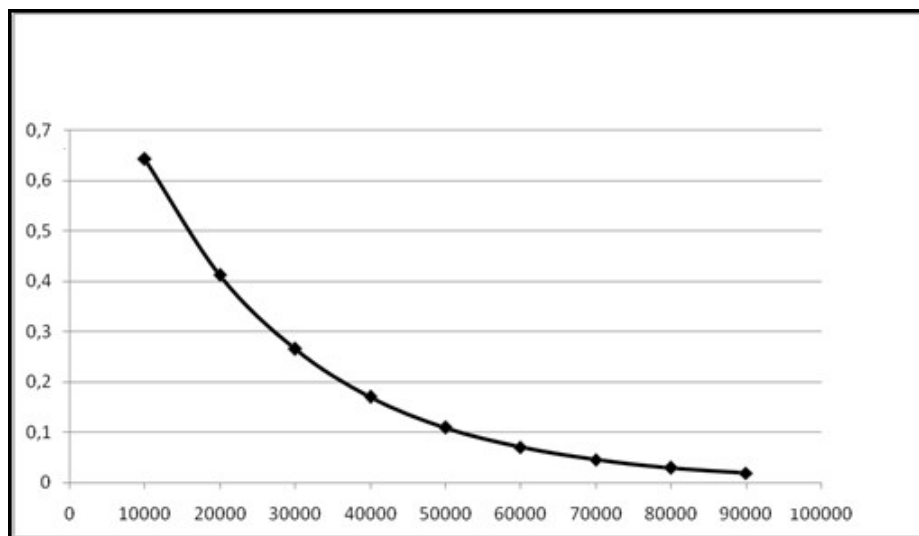


Рисунок 3.2 – Вірогідність безвідмовної роботи

Провівши розрахунки надійності системи, і роблячи аналіз отриманих

результатів по суті хорошої надійності системи з урахуванням її передбачуваної тривалості роботи.

Висновки до розділу 3

У процесі розрахунку надійності системи автоматичного керування котла ТЕЦ та окремих її частин ґрунтуючись правилом Колмогорова, було виявлено позитивні показники надійності.

На основі розрахунків було побудовано графік вірогідність безвідмовної роботи системи.

При виборі обладнання для сучасних систем автоматизації обов'язково враховуються умови та особливості роботи цієї системи, що вплине на підвищення загальної надійності промислових систем автоматизації.

4 ПОДАЛЬШИЙ РОЗВИТОК РОЗРОБЛЕНОЇ САК

4.1 Стан і тенденції розвитку АСУ ТП

Управління підприємством - складний і трудомісткий процес. Особливо якщо мова йде про велике виробництво з сотнями співробітників і великою кількістю обладнання. Для оптимізації та підвищення продуктивності компанії часто використовуються методи, що дозволяють автоматизувати хід робіт. Це дозволяє значно збільшити швидкість розробки і виробництва продукту. Чим вище рівень автоматизації - тим вище рівень виробництва. Велика роль автоматизованих систем управління (АСУ) в забезпеченні комплексної автоматизації та комп'ютеризації виробництва.

Створення автоматизованої системи управління сприяє:

- збільшенню обсягів виробництва за рахунок зниження непродуктивних витрат сировини, енергоресурсів в організації;
- підвищенню якості продукції за рахунок більш точного регулювання всіх технологічних параметрів;
- підвищити продуктивність праці, скоротити основний і допоміжний персонал;
- підвищення ефективності виробництва економічного об'єкта та підвищення якості управління;
- поліпшити організацію і зберігання інформації, підвищити узгодженість планування та економічних рішень.

Історично можна виділити три послідовних етапи розвитку технічних засобів автоматизованої системи управління.

Перший етап доречно пов'язати з успіхами у виробництві та використанні електричної енергії з другої половини XIX століття. Цей етап відзначений створенням електродвигунів, трансформаторів, винаходом телефону і телеграфу, будівництвом протяжних ліній зв'язку. Поява цих

пристроїв викликало необхідність створення різного комутаційного обладнання, автоматичних вимикачів та інших засобів захисту електричних ланцюгів, а також датчиків електричних і неелектричних величин з електричним виходом. [8]

Другий етап слід віднести до початку 1930-х років. До цього часу були отримані фундаментальні результати в теорії автоматичного управління, що дозволили синтезувати стійкі автоматизовані системи управління з необхідними точнісними характеристиками і якістю перехідних процесів. В цей час в автоматизованій системі управління стали використовуватися електромеханічні порівнюють пристрої на сельсинах або потенціометрах, підсилювачі електричної потужності і виконавчі механізми постійного струму. Надалі, з розвитком магнітної техніки та електроніки, ему були замінені магнітними підсилювачами, ламповими, а потім напівпровідниковими. Вимірювачі неузгодженості стали більш досконалішими, і в якості виконавчих двигунів з'явилися двофазні асинхронні і крокові двигуни.

Третій етап приблизно відноситься до середини 1970-х років, коли розвиток мікросхем призвело до створення великих інтегральних схем.

Це забезпечило різке зменшення габаритів і підвищило продуктивність комп'ютера. В результаті з'являються Керуючі комп'ютери і контролери, які дозволяють створювати сучасні автоматизовані системи управління. Прогрес у вдосконаленні великих і малих контролерів різного призначення не припиняється і в даний час. Використання контролерів у поєднанні з силовими транзисторами IGBT дозволило, наприклад, в 1990-х роках створити перетворювачі частоти (інвертори) для ефективного управління потужними трифазними синхронними і асинхронними двигунами. Ці двигуни повсюдно витісняють менш надійні і дорогі двигуни постійного струму з АСУ.

На всіх етапах відомі типи датчиків безперервно продовжують вдосконалюватися, і одночасно з появою нових матеріалів з'являються нові типи датчиків. Як правило, фізичні явища, використовувані в датчиках для перетворення неелектричних величин в електричні, відомі вже давно. Однак

датчики на їх основі для практичного використання довгий час не можуть бути створені по ряду причин (низька чутливість, габарити, діапазон вимірюваних значень, стабільність показань і т.д.).

У всі часи розвиток елементної бази для створення автоматизованих систем управління йде одночасно в декількох напрямках:

- вдосконалення існуючих і створення нових типів датчиків;
- збільшення швидкості, потужності, ефективності, надійності, зменшення габаритів і створення нових типів виконавчих двигунів;
- розробка силових і перетворювальної електроніки;
- розвиток технології керуючих обчислень (швидкість і обсяг обчислень, обсяги пам'яті, зменшення розмірності, тощо).

Чим складніше виробництво, чим більше технологічних процесів відбувається одночасно, тим важливіше для прийняття раціонального рішення представити загальну картину, взаємозв'язок і взаємозалежність компонентів. Саме тому з самого початку розробки систем автоматичного управління було очевидно, що необхідно об'єднати розрізнені дані в єдине ціле і, в подальшому, пов'язати виробничі процеси з усіма іншими бізнес-процесами, енергоспоживанням, безпекою та фінансовою діяльністю. До сих пір автоматизовані системи діляться на автоматизацію технологічних процесів (АСУТП) і автоматизацію комерційної діяльності (АСУП). Технологічні процеси об'єднані в SCADA-систему, комерційну в ERP. Ведуться розробки в області об'єднання як технологічних, так і комерційних процесів, відповідно до принципу PLM-системи - життєвого циклу продукту. ^[8-9]

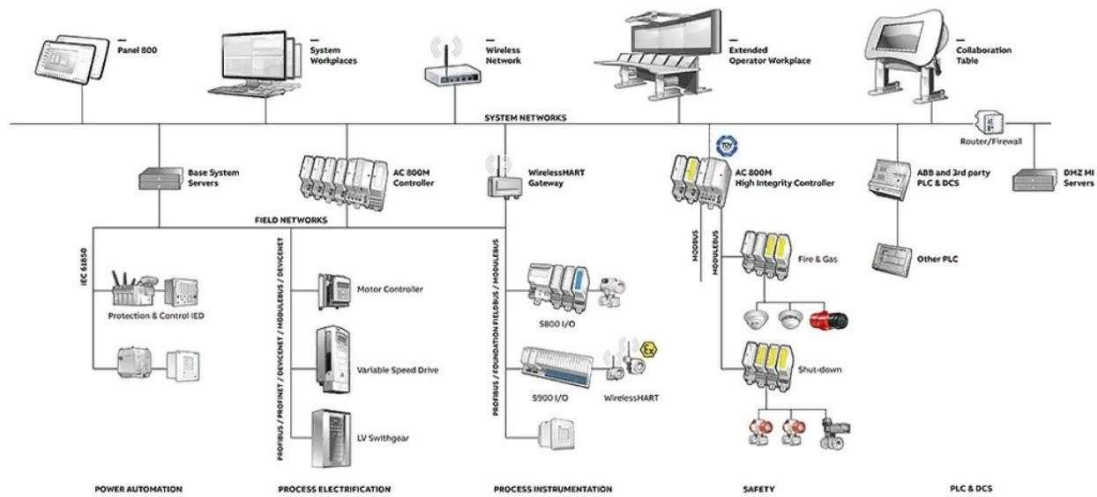


Рисунок 4.1 – Вигляд сучасної системи керування

Для того щоб уніфікація стала можливою, необхідна, перш за все, уніфікація і стандартизація систем, подолання фізичної громіздкості використовуваного обладнання і вдосконалення систем зв'язку. Всі ці завдання вирішуються на наших очах. Надійність, безпека стає більше, обладнання зменшується в розмірах.

4.2 Індустріалізація 4.0

Вчені вважають, що сучасний світ знаходиться напередодні шостого технологічного устрою і проходить стадію Четвертої промислової революції.

Перший технологічний уклад - XVIII століття, поява текстильних верстатів.

Другий технологічний уклад - XIX століття, винахід парового двигуна, використання машинного виробництва. То була Перша промислова революція (Індустрія 1.0).

Третій технологічний уклад - кінець XIX століття, початок використання електродвигуна. Друга промислова революція (Індустрія 2.0).

Четвертий технологічний уклад - початок XX століття, використання

масового потокового виробництва.

П'ятий технологічний уклад – друга половина XX століття, подальша автоматизація виробництва, впровадження інформаційних технологій, подальше освоєння можливостей мікроелектронних компонентів. То була Третя промислова революція (Індустрія 3.0).

У XXI столітті високорозвинені країни стоять на порозі шостого технологічного укладу. Це проникнення інтернету та штучного інтелекту у всі сфери економіки, тобто повна цифровізація. Злиття технологій та стирання граней між фізичною, цифровою та біологічною реальністю – це і є Четверта промислова революція, Індустрія 4.0.

Індустрія 4.0 (або Четверта промислова революція) — новий підхід до виробництва, заснований на масовому впровадженні інформаційних технологій у промисловість, автоматизації бізнес-процесів та поширенні штучного інтелекту.

Четверта промислова революція передбачає новий підхід до виробництва, що базується на масовому впровадженні інформаційних технологій у промисловість, масштабній автоматизації бізнес-процесів та поширенні штучного інтелекту. ^[9]

Переваги Четвертої промислової революції очевидні: підвищення продуктивності, велика безпека працівників за рахунок скорочення робочих місць у небезпечних умовах праці, підвищення конкурентоспроможності, принципово нові продукти та багато іншого.

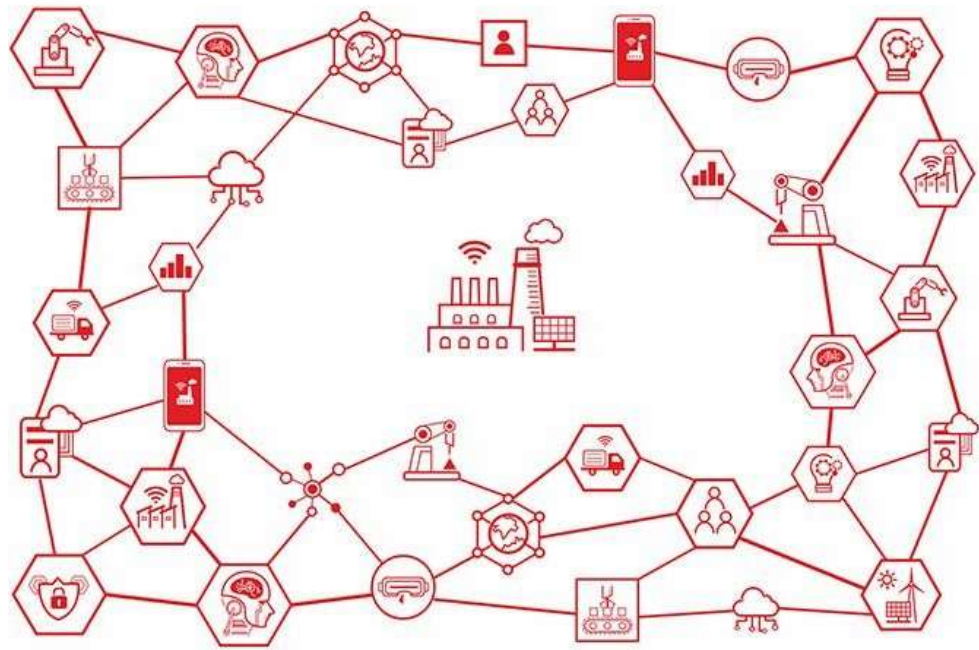


Рисунок 4.2 – Схематичне уявлення Індустрії 4.0

Подібно до всіх попередніх промислових революцій, Четверта змінює не лише виробництво, а й усе наше життя — економіку, відносини між людьми, навіть певною мірою саме розуміння того, що це означає — бути людиною. Штучний інтелект і роботизація, інтернет речей (IoT) та 3D-друк, віртуальна та доповнена реальність, біо- та нейротехнології — ці новітні методи на очах стають частиною нашого повсякденного існування.

Технології створюють нові цінності, але можуть спричинити і нові небезпеки.

Наприклад, інтернет речей, ймовірно, підвищить рівень безпеки у містах, знизить навантаження на транспортну інфраструктуру, покращить охорону здоров'я, забезпечить муніципальним господарствам економію електроенергії.

У той же час, поширення IoT, швидше за все, збільшить нестабільність у багатьох сферах економіки: більшість нових технологій викликає тимчасовий ажіотаж і бездумні інвестиції (як блокчейн і криптовалюти).

Крім того, виникнуть нові проблеми в галузі кібербезпеки: хакери прагнутимуть отримати вигоду від поширення інтернету речей. Кібератак буде

більше, ніж будь-коли.

З кожним днем даних дедалі більше. Державне управління, промисловість, медицина, ритейл, соцмережі, банки та інтернет речей - у цих та інших областях щодня з'являється величезна кількість інформації. Але звичайне програмне забезпечення не здатне проаналізувати такий обсяг даних. Тому обробкою терабайтів та зеттабайтів інформації займається машинне навчання.

Нові можливості аналізу подібних масивів впливають на багато сфер життя, включаючи бізнес, охорону здоров'я, комунікацію та розваги.

У той же час великі дані вимагають міцної та добре налагодженої системи захисту. Інформація, особливо її великий обсяг, яку аналізують компанії, має високу ціну. Її витік може призвести до катастрофічних наслідків як бізнесу, так конкретної людини.^[10]

4.3 MES-системи

Виробництво може бути класифіковано за такими критеріями:

- За характером технологічних процесів для: виробництва безперервного циклу і дискретного виробництва;
- За типом і формами організації управління: виробництво з масовим характером випуску продукції, великосерійне, дрібносерійне і одиничне.

Якщо ми звернемо увагу на еволюцію промислового виробництва за останні 200 років, то також зможемо виявити деякі закономірності, пов'язані з темою даної статті, а саме: промислове виробництво розвивалося досить швидко в цей період і було орієнтоване на масового споживача, тобто було в основному масовим і масштабним.

MES (виробничі виконавчі системи), буквально "виробнича виконавча система".

У самому узагальненому сенсі MES-це система:

- запускає виробничий процес;
- відстежує, як це відбувається в режимі реального часу;
- реагує на мінливу ситуацію на виробництві;
- складає звіти про виробничі процеси в міру їх протікання в режимі реального часу;
- обмінюється інформацією про цехові процеси з іншими інженерними та бізнес-підрозділами підприємства.

Для того щоб ефективно управляти виробничим процесом або потоком робіт на виробництві, нам необхідно чітко визначення самого об'єкта управління. Таким об'єктом можна вважати креслення, технологічні маршрути, матеріали і т.д. Суб'єктом управління на виробництві, очевидно, можна вважати людину з його зовсім іншими властивостями. Об'єкти і суб'єкти завжди створюють системну взаємодію у виробництві. ^[10]

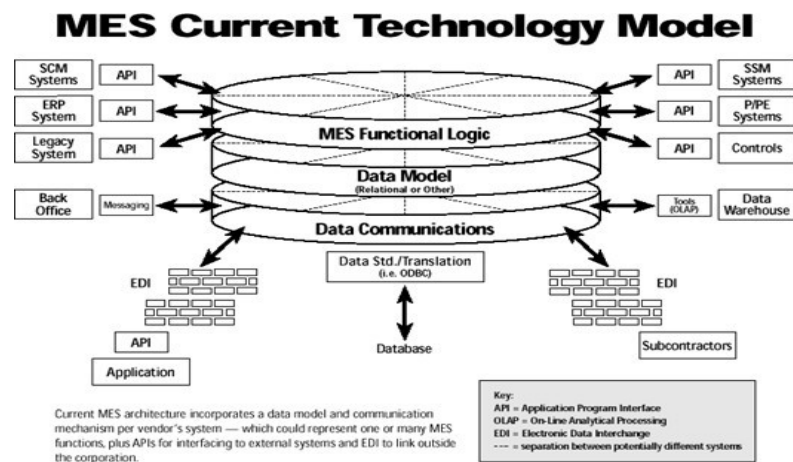


Рисунок 4.3 – Сучасна архітектура MES – системи

Згідно зі статистикою, MES надає:

- скорочення тривалості виробничого циклу в середньому на 45%;
- скорочення часу введення даних, як правило, на 75% або більше;
- скорочення кількості незавершених виробів в середньому на 24%;
- скорочення обсягу паперової звітності в середньому на 61%;
- скорочення часу розробки нових продуктів в середньому на 27%;
- скорочення непотрібної паперової документації в середньому на 56%;

- скорочення обсягу шлюбу в середньому на 18%.

За останні три роки підприємства, що використовують MES, продемонстрували більш високу продуктивність і змогли домогтися більшого зниження виробничих, матеріальних і енергетичних витрат, ніж ті підприємства, які не використовують MES.

Незалежно від розміру підприємства, галузі промисловості, типу процесу, інших програмних систем або інноваційних пропозицій, підприємства, що використовують MES, показали більш високу продуктивність, ніж інші.

Оперативні системи управління виробництвом можуть підвищити прибутковість, продуктивність і ефективність виробництва і допомогти людям на їх робочих місцях.

Стандарт ISA-95, розроблений ISA (товариство приладобудування, систем і автоматизації-спільнота приладобудування, Систем і автоматизації) і ANSI (Американський Національний інститут стандартів-Національний інститут стандартизації США), визначає термінологію і моделі, використовувані при інтеграції систем MES, визначаючи наступні компоненти, необхідні для розробки ефективної системи MES:

- функції програмного забезпечення;
- фізична модель виробничих об'єктів;
- виробничі та бізнес-процеси.

Метою стандарту є зниження ризиків, витрат і помилок, пов'язаних з впровадженням систем корпоративного рівня і систем управління виробничими операціями, які легко взаємодіють і інтегруються.

Стандарт також може бути використаний для скорочення зусиль, пов'язаних з впровадженням нових видів продукції.

Для того щоб система MES ефективно функціонувала на підприємстві, необхідний їй тісний зв'язок з корпоративною ERP. У стандартній версії системи MES і ERP підключені за наступними напрямками:

- введення і формування нормативно-довідкової інформації (HCI);

- планування виробництва;
- виробничий облік;
- складський облік;
- збут.

Використовуючи точний поточний збір даних, система MES динамічно відстежує весь виробничий процес: при необхідності ініціює операції, швидко втручається в процес і збирає дані про цей процес. ^[10]

Робота системи MES забезпечує оперативний моніторинг постійно мінливих умов і виключає непотрібні витрати.

Система MES забезпечує необхідну інформаційну підтримку управління виробництвом в інтерактивному режимі.

Існує певна тенденція до використання систем MES на територіально розподілених підприємствах (при цьому виробник стає ближче до замовника і субпідрядників), заснована на використанні передових комп'ютерних і мережевих технологій.

Сучасне виробництво мікроелектроніки-складний процес.

В даний час інтенсивно розвиваються комп'ютеризовані системи управління виробничими процесами. Більш того, підприємства, які не використовують сучасні технології, ризикують виявитися "вічно відсталими" і, в кінцевому рахунку, можуть не витримати ринкової конкуренції. Тому можна з упевненістю сказати, що розробка автоматизованих систем управління технологічними процесами необхідна. При розробці такої системи доцільно використовувати підходи, методи і принципи побудови систем ситуаційного управління, принципи створення сучасних комп'ютерних мережевих MES-систем і SCADA-систем.

Тому, для більш ефективної роботи автоматичної системи управління котлом теплоцентралі було вирішено розробити проект SCADA-системи, яка б задовольняла потребам виробничих потужностей та споживачів продукції.

4.4 Вибір платформи та інструмента розробки для SCADA-системи

Для таких автоматизованих систем управління розробляються спеціальні програми. Вони повинні забезпечувати контроль і реєстрацію виробничого процесу, управляти порядком виконання процесів на установках з тривалими операціями, формувати плановий термін виконання кожної технологічної операції і контролювати його дотримання, оцінювати втрати з їх розкладанням на кожній ділянці для кожної зміни.

SCADA-системи призначені для моніторингу та диспетчеризації великої кількості віддалених або одного географічно розподіленого об'єкта.

Основним завданням SCADA-систем є збір інформації про безліч віддалених об'єктів, що надходить з контрольних точок, і відображення цієї інформації в єдиному диспетчерському центрі.

Існує два типи віддаленого управління об'єктами SCADA: автоматичне і те, що ініціюється системним оператором. Визначають п'ять функцій людини-оператора в системі диспетчерського управління і характеризують їх як набір вкладених циклів, в яких оператор:

- планує, які наступні дії необхідно виконати;
- програмує комп'ютерну систему для подальших дій;
- відстежує результати роботи автоматизованої системи;
- втручається в процес у разі критичних подій, коли автоматизація не може керувати або при необхідності коригувати (коригувати) параметри процес;
- навчається в процесі роботи (отримує досвід).

Ця презентація SCADA послужила основою для розробки сучасних методологій побудови ефективних систем диспетчеризації. ^[11]

До SCADA-систем пред'являються наступні основні вимоги:

- надійність системи (технологічна і функціональна);
- безпека управління;
- точність обробки і представлення даних;

— простота розширення системи.

Вимоги безпеки і надійності управління в SCADA включають наступні:

— жодна одинична відмова устаткування не повинна викликати видачу помилкової вихідної дії (команди) на об'єкт управління;

— жодна одинична помилка оператора не повинна викликати видачу помилкової вихідної дії (команди) на об'єкт управління;

— всі операції по управлінню мають бути інтуїтивно-зрозумілою і зручними для оператора (диспетчера).

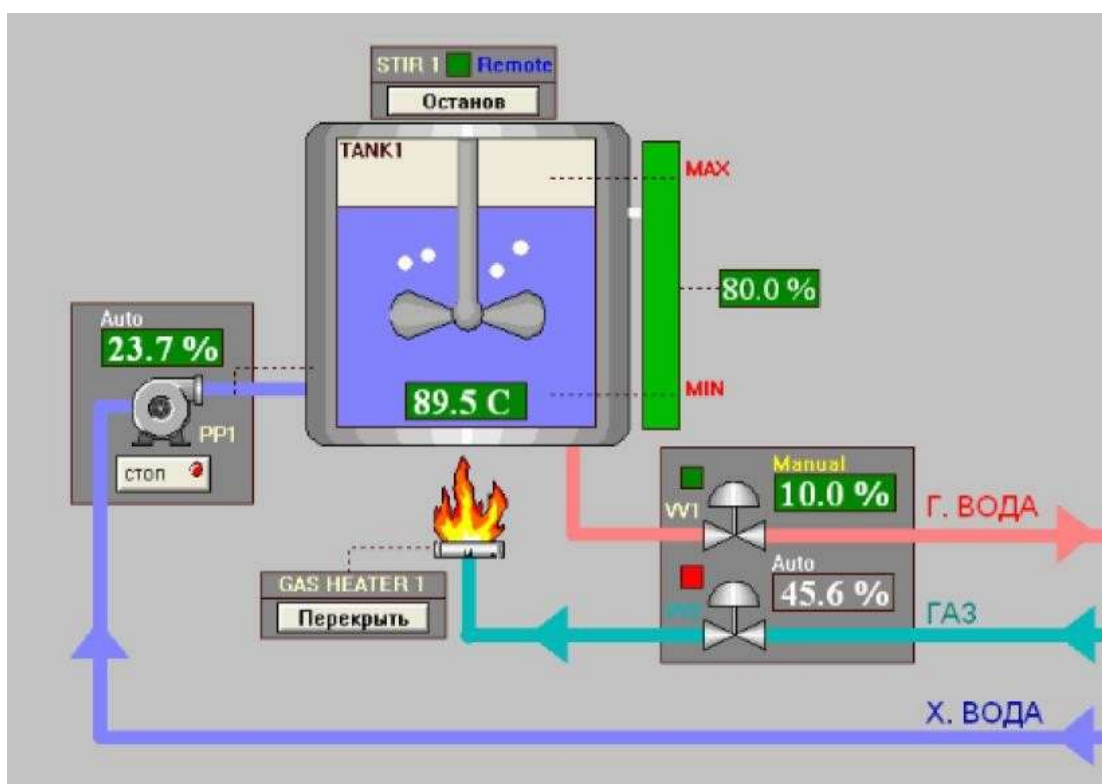


Рисунок 4.4 – Фрагмент дисплейної мнемосхеми

Розробка сучасної автоматизованої системи вимагає великих вкладень і виконується в тривалі терміни. І саме тому в більшості випадків розробникам прикладного програмного забезпечення (ППЗ), що управляє, зокрема АСУТП, представляється доцільним йти по дорозі, набуваючи, освоюючи і адаптуючи який-небудь готовий, вже випробуваний універсальний інструментарій.

Технічні засоби повинні відповідати «Стандарту АСУТП» та бути достатніми для виконання всіх функцій системи, зазначених у цих технічних

вимогах.

Як джерела інформації повинні бути використані сигнали датчиків контролю технологічних параметрів, а також сигнали стану технологічного та електричного обладнання.

Система безпаперової реєстрації технологічних параметрів основних цехів ПрАТ АКХЗ призначена для реконструкції існуючих щитів КВПіА основних цехів заводу та заміни існуючих паперових реєстраторів на електронні функціональні аналоги. Метою впровадження системи є:

- організація людино-машинного інтерфейсу. Реєстрація, візуалізації, архівування у погодженому вигляді параметрів ходу технологічного процесу з відображенням вимірних поточних та розрахункових значень, сигналізацією не регламентних режимів роботи, наданням можливості аналізу подій у ретроспективі, ведення протоколів подій;
- зниження впливу "людського фактора" на якість ведення технологічного процесу;
- створення єдиної електронної бази даних параметрів технологічних процесів ПрАТ АКХЗ;
- забезпечення інформацією вищих систем управління, у тому числі – оперативну систему управління виробництвом ПрАТ АКХЗ (MES ПрАТ АКХЗ).

Тоді виникає питання вибору вже існуючого SCADA-пакету.

В світі налічуються не один десяток компаній, що активно займаються розробкою і розповсюдженням SCADA/HMI -пакетів.

Кожен SCADA-пакет - це ноу-хау компанії, і тому інформація про ту або іншу програму дещо обмежена. Вибір SCADA-пакету досить важке завданням в умовах багатьох критерій, що ускладнює неможливістю кількісної оцінки ряду критеріїв через нестачу інформації.

На ринку АСУТП існує чималий вибір SCADA, ось кілька прикладів:

Таблиця 4 – Список популярних SCADA-систем

SCADA-система	Фірма-розробник	Країна походження
Vijeo Citect	Schneider Electric	Франція
InTouch	Wonderware	США
CitectSCADA	Citect	Австралія
Factory Link	United States DATA Co	США
Visual Intellect	Мікрол	Україна
IGSS	Seven Technologies	Данія
WinCC	Siemens	Німеччина
RSView	Rockwell Software Inc	США
Cimplicity	GE Fanuc	Японія-США
iFIX	Intellution	США

В результаті аналізу була обрана SCADA-система InTouch компанії Wonderware.

SCADA-система InTouch вважається найбільш продаваною в світі. Нещодавно вже з'явилася восьма версія пакету-InTouch 8.0.

InTouch-перший продукт, який отримав сертифікат відповідності на сумісність з ОС Windows ("призначений для Windows XP") від Microsoft.

Програмний пакет InTouch, як і будь-який пакет SCADA, складається з двох основних компонентів-середовища розробки і середовища виконання. У середовищі розробки створюються мнемонічні схеми, визначаються вхідні і вихідні сигнали і параметри і прив'язуються до апаратного забезпечення, розробляються алгоритми управління і призначаються права оператора.^[11]

Створене таким чином додаток функціонує в середовищі виконання.

InTouch може використовуватися як на окремих комп'ютерах, так і в розподіленій архітектурі клієнт-сервер.

База даних реального часу також має архітектуру клієнт-сервер, вона підтримується тільки на сервері і не копіюється на клієнтські станції.

Система виконання InTouch підтримує базу даних поточних значень процесу. Ці значення можуть відображати зазначені контрольні точки пристрою, що представляють параметри фізичного об'єкта, або точки, що представляють обчислені значення.

Значення параметрів збираються і обробляються на одному або декількох комп'ютерах з використанням розподіленої структури програмного забезпечення.

Підтримуються наступні типи даних: вхідні / вихідні змінні, дійсні числа, цілі числа, дискретні числа, рядкові змінні...

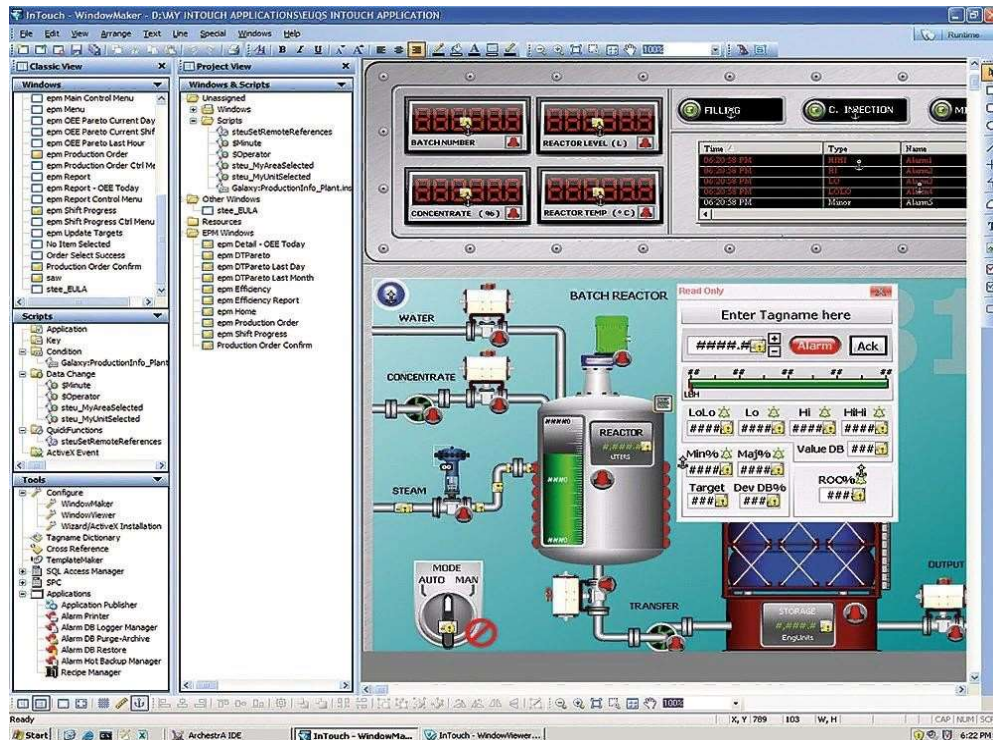


Рисунок 4.5 – Інтерфейс SCADA-системи InTouch

Значення параметрів збираються і обробляються на одному або декількох комп'ютерах з використанням розподіленої структури програмного забезпечення.

Підтримуються наступні типи даних: вхідні / вихідні змінні, дійсні числа, цілі числа, дискретні числа, рядкові змінні...

Динамічна розробка забезпечує централізоване обслуговування основної копії Програми InTouch з використанням мережевого сервера. Кожен клієнтський вузол створює локальну копію розроблюваного додатка. Це забезпечує повну Надмірність. Якщо сервер недоступний, клієнтський вузол продовжує працювати, використовуючи свою локальну копію програми. Коли

сервер стає доступним, зв'язок з ним відбувається непомітно для користувача або програми.

Інша можливість мережевої розподіленої розробки полягає в тому, що користувачі можуть отримувати зміни на клієнтських вузлах, не зупиняючи запущений додаток InTouch.

Система сигналізує оператору про наявність змін в додатку, і оператор може прийняти їх, коли це зручно. Після прийняття тільки змінені компоненти програми будуть завантажені і оновлені на клієнтських вузлах.

В цілому InTouch задовольняє практично всім вимогам, що пред'являються в даний час до SCADA-системам.

Висновки до розділу 4

Зібрана інформація, у поєднанні з дослідженнями, дозволила оцінити вплив АСУ ТП на роботу підприємств.

Важливість відстеження ходу процесів вимагає використання унікальних програмних продуктів, які дозволять їх технічному персоналу використовувати їх.

Логічний вибір на користь певної технології та програми є важливим для досягнення найкращого використання.

Для цього необхідно оцінити вплив систем АСУ ТП на різницю в графіку під час роботи підприємства.

Ми живемо під час значних змін в економіці, промисловості, освіті та медицині.

Розвиток цифрових технологій задає прототип нашого вже близького майбутнього – насиченого пристроями в цифрових фабриках і за їх межами, здатними виконувати рутинні операції самостійно без участі людини. У світі інновацій виграють ті виробничі компанії, які матимуть гнучке обладнання та технології, здатні миттєво розбудовуватись під нові завдання. Це зародження

нового технологічного укладу «Індустрія 4.0».

Для підвищення економічної та технічної ефективності експлуатації потужностей підприємства необхідно вирішити ряд завдань, які дозволять підвищити ефективність виробництва, зменшити втрати та ризики, підвищити надійність та якість роботи, а також спрогнозувати майбутні ймовірності.

Основним завданням систем SCADA є збір інформації про різноманітні віддалені об'єкти, що надходять з контрольних пунктів, і відображення цієї інформації в єдиному диспетчерському центрі.

ВИСНОВКИ

В ході виконання випускної кваліфікаційної роботи було розглянуто технологічний процес роботи котла теплоелектроцентралі на базі АКХЗ.

Проект, за яким будувалася теплоцентральною АКХЗ, був розроблений без урахування стрімкого зростання рівня розвитку електроніки та мікроелектроніки. Існуючий рівень автоматизації перестав задовольняти зростаючим вимоги нашого часу.

В процесі виконання роботи був проведений аналіз принципів побудови подібних систем, порівняльні характеристики технічного забезпечення, що випускається різними світовими виробниками.

Проаналізувавши існуючі варіанти модернізації системи керування котлом теплоцентральною, було обрано найефективніше рішення.

Основним завданням в даній роботі була розробка системи управління котлом теплоцентральною шляхом розробки алгоритмів управління на основі логічних елементів.

Розділяючи режими роботи котла на два набори і підтримуючи температуру, досягається оптимальний результат у вигляді найбільш ефективного використання об'єкта для досягнення заданої температури теплоносія.

Оскільки самостійне відключення котла в разі перегріву теплоносія або палива за межами камери згоряння є важливим моментом в автоматизованій системі, було побудовано додаткове рішення для входу в аварійний режим.

Ефективність розробленої автоматизованої системи управління технологічним процесом котла полягає в зниженні можливих помилкових дій обслуговуючого персоналу.

У процесі розрахунку надійності системи автоматичного керування котла ТЕЦ та окремих її частин ґрунтуючись правилом Колмогорова, було виявлено позитивні показники надійності.

На основі розрахунків було побудовано графік вірогідність безвідмовної роботи системи.

При виборі обладнання для сучасних систем автоматизації обов'язково враховуються умови та особливості роботи цієї системи, що вплине на підвищення загальної надійності промислових систем автоматизації.

Важливість відстеження ходу процесів вимагає використання унікальних програмних продуктів, які дозволять їх технічному персоналу використовувати їх.

Логічний вибір на користь певної технології та програми є важливим для досягнення найкращого використання.

Для цього необхідно оцінити вплив систем АСУ ТП на різницю в графіку під час роботи підприємства.

Ми живемо під час значних змін в економіці, промисловості, освіті та медицині.

Розвиток цифрових технологій задає прототип нашого вже близького майбутнього – насиченого пристроями в цифрових фабриках і за їх межами, здатними виконувати рутинні операції самостійно без участі людини. У світі інновацій виграють ті виробничі компанії, які матимуть гнучке обладнання та технології, здатні миттєво розбудовуватись під нові завдання. Це зародження нового технологічного укладу «Індустрія 4.0».

Для підвищення економічної та технічної ефективності експлуатації потужностей підприємства необхідно вирішити ряд завдань, які дозволять підвищити ефективність виробництва, зменшити втрати та ризики, підвищити надійність та якість роботи, а також спрогнозувати майбутні ймовірності.

Основним завданням систем SCADA є збір інформації про різноманітні віддалені об'єкти, що надходять з контрольних пунктів, і відображення цієї інформації в єдиному диспетчерському центрі.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Справочник коксохимика. В 6-и томах. Том 3, Улавливание и переработка химических продуктов коксования / Под общ. ред. д-ра техн. наук Е.Т. Ковалева. – Харьков: Издательский Дом «ИНЖЭК», 2009. – 432 с.
2. Бойко Е.А. Котельные установки, 2018. – 668 с.
3. А. В. Илюхин, А. М. Колбасин, В. И. Марсов Математическое описание объектов автоматизации. Учебное пособие, 2016 г. — 105 с.
4. Власов К.П. Теория автоматического управления, 2013 г. — 544 с.
5. Б.И. Коновалов, Ю.М. Лебедев - Теория автоматического управления. Учебное пособие 2010, - 430 с.
6. Дорохов А.Н., Керножицкий В.А., Миронов А.Н., Шестопалова О.Л. Обеспечение надежности сложных технических систем, 2017, - 352 с.
7. С. Б. Дубіненко, С. Д. Штовба Основи теорії надійності систем управління і автоматики, 2001, 66 с.
8. Поспелов Д.А. Большие системы. Ситуационное управление. М.: Знание, 1975.
9. А.Локотков. Что должна уметь система SCADA // Современные технологии автоматизации, 1998, №3.
10. SCADA-системы: Взгляд изнутри / Андреев Е.Б., Куцевич Н.А., Синенко О.В. - М.: РТСофт, 2004. -176 с.
11. Уоссермен Ф. Нейрокомпьютерная техника. Теория и практика. М.: Мир, 1992.238 с.

ДОДАТОК А.

Охорона праці та безпека при надзвичайних ситуаціях на підприємстві

А.1 Характеристика умов праці науково-дослідного відділу підприємства

Робочим приміщенням, у якому розташовано операторський центр, є кімната розмірами 8 метрів на 4 метри. У приміщенні розташовані 1 комп'ютер потужністю 1 кВт/год., 1 монітор потужністю 0,1 кВт/год., 1 ноутбук потужністю 0,07 кВт/год., 1 принтер потужністю 0,5 кВт/год., 4 блоки живлення потужністю 0,15 кВт/год., 1 кондиціонер потужністю 3,5 кВт/год.

Приміщення знаходиться на 3-ому поверсі адміністративного будинку цегельної будівлі та за своїх характеристик цілком відповідає вимогам СІ І і П 2.09.04 – 87 «Адміністративні і побутові будинки виробничих підприємств», а також СП 512 – 78 «Інструкція з проектування будинків і приміщень ЕОМ».

Основними шкідливими факторами, зв'язаними з роботою на ПК є:

- напруга зорових органів та пов'язане з цим стомлення, захворювання і побічні ефекти;
- значне навантаження на пальці та кисті рук, що при відсутності профілактики та медичного контролю можуть викликати професійні захворювання;
- тривале перебування в одній і тій самій позі, що викликає застійні явища в організмі, та може сприяти різним захворюванням;
- випромінювання різного виду при використанні відеомоніторів на електронно-променевих грубках (м'яке рентгенівське випромінювання, ультрафіолетове випромінювання, видиме випромінювання, інфрачервоне випромінювання, низько і височастотне електромагнітне випромінювання, електростатичні полючи);

- механічні шуми, що пов'язані з роботою електронно-механічного друкуючої пристрою (принтера), вентиляторів системи охолодження, приводів читання CD-дисків та вібрація; іонізація повітря;

- наявність шкідливих хімічних речовин.

Дослідження науково-дослідного інституту гігієни праці і профзахворювань вказали на зміни у функціональному стані зорового аналізатора в ході виробничої діяльності фахівців, що працюють з відеотерміналами, наприкінці 4 години роботи.

Професійні захворювання при роботі з персональним комп'ютером:

- комп'ютерний зоровий синдром. Вплив роботи з монітором зазвичай залежить від віку користувача, від стану зору, а також від інтенсивності роботи з дисплеєм та організації робочого місця. В результаті тривалої роботи дуже великий ризик появи, або прогресивності вже наявної, короткозорості.

- проблеми, що пов'язані з м'язами і суглобами. Нерухома напружена поза оператора, протягом тривалого часу прикутого до екрану монітора, призводить до втоми і виникнення болю в хребті, шиї, плечових суглобах, а також розвивається м'язова слабкість і відбувається зміна форми хребта. Інтенсивна робота з клавіатурою викликає больові відчуття в ліктьових суглобах, передпліччях, зап'ястях, в кистях і пальцях рук. Зазвичай присутні скарги на оніміння шиї, біль у плечах і попереку або поколювання в ногах. Але бувають, проте, і більш серйозні захворювання. Найбільш поширений кистьовий тунельний синдром, при якому нерви руки пошкоджуються внаслідок частої і тривалої роботи на комп'ютері. У найбільш важкій формі цей синдром проявляється у вигляді болісних відчуттів, що позбавляють людину працездатності.

- синдром комп'ютерного стресу. Постійні користувачі ПК зазвичай піддаються психологічним стресам, функціональних порушень центральної нервової системи, хвороб серцево-судинної системи.

- вплив на імунну систему. При впливі електро-магнітного випромінювання (ЕМВ) порушуються процеси імуногенезу, опромінених

ЕМВ, змінюється характер інфекційного процесу – протягом інфекційного процесу обтяжується. ЕМВ можуть сприяти неспецифічному пригнічення імуногенезу, посилення утворення антитіл до тканин плоду і стимуляції аутоімунної реакції в організмі вагітної самки.

– вплив на ендокринну систему і нейрогуморальну реакцію. При дії ЕМВ, як правило, відбувається стимуляція гіпофізарно-адреналінової системи, що супроводжується збільшенням вмісту адреналіну в крові, активацією процесів згортання крові.

– вплив на статеву функцію. Порушення статевої функції зазвичай пов'язані зі зміною її регуляції з боку нервової та нейроендокринної систем.

Симптоми захворювання різноманітні і численні. Зазвичай, на відмінність єдиного симптому мало ймовірно, оскільки всі функціональні органи людини взаємопов'язані.

1. Фізичні нездужання: сонливість, непроходяча втома; головний біль після роботи; болі в нижній частині спини, в ногах, відчуття поколювання, оніміння, болі в руках; напруженість м'язів верхньої частини тулуба.

2. Захворювання очей: відчуття гострого болю, печіння, свербіння.

3. Порушення візуального сприйняття: неясність зору, яка збільшується протягом дня; виникнення подвійного зору.

4. Погіршення зосередженості і працездатності: зосередженість досягається за працею; дратівливість під час і після роботи; повітря робочої точки на екрані; помилки при друкуванні.

А.2 Заходи щодо поліпшення умов праці

До приміщення науково-дослідного відділу й організації робочого місця з обліком шкідливих виробничих факторів пред'являється ряд вимог. Приміщення в якому знаходиться робоче місце з ПК повинно мати природне освітлення, бажано з одnobічним розміщенням світопрорізів, площа

осклянілості яких не повинна перевищувати 25 % від площі стіни світопрорізами. Віконні прорізи в приміщенні з ПК повинні мати регульовані жалюзі чи занавеси або інші сонцезахисні пристрої. Не допускається розташування робочих місць із ПК у підвальних і цокольних поверхах. Робочі місця з ПК рекомендується розміщати в окремих приміщеннях.

Площа на одного працюючого з ПК повинна складати 6 м², об'єм – 20 м³. Неприпустиме розташування ПК, при якому працюючий звернений обличчям, або спиною до вікон чи кімнати задньої частини ПК, у яку монтуються вентилятори.

Забороняється застосовувати для обробки інтер'єра приміщень із ПК полімерні матеріали (дерев'яностружечні плити, шпалери що миються, плівкові та рулоні синтетичні матеріали, шаруватий паперовий пластик та ін.), що виділяються в повітря шкідливі хімічні речовини, що перевищують гранично допустимі концентрації, не включені в «Перелік дозволених», МЗ» 1977-1985 р.

В лабораторії вимірювальної техніки та науково-дослідної роботи робочі місця з ПК розташовані від стіни з вікнами на відстані 1 м, відстань між столами складає 3 м. Екрани відеомоніторів ПК знаходяться від очей користувача на відстані 700 мм відповідно до СН 512-78, приміщення (S=21 м², V=73,5 м³) дозволяє розташовувати більше 3 робочих місця.

Робочі місця в положенні сидячі відповідають вимогам ДСТ 12.2.032 – 78 та ДСТ 12.2.029 – 77. Поверхня робочого столу знаходиться на висоті 0,75 метрів від підлоги, розміри робочої поверхні стільниці складають 1050x590 міліметрів, розміри вільного простору для ніг під столом складає висота 650, глибина 550, ширина 450 міліметрів відповідно. Робочий стілець оснащений підйомно-поворотним пристроєм, що забезпечує регуляцію висоти сидіння і спинки, пневматичним і гідравлічними амортизаторами та обладнанні підлокітниками.

Мікроклімат робочого місця. У приміщенні науково-дослідного відділу є джерела тепловиділення, тому необхідно визначити необхідні умови його

вентилювання. Витрату повітря в приміщенні з додатковим тепловиділенням визначаємо за формулою:

$$L = \frac{Q_{\text{НАД}}}{c \cdot p \cdot (t_B - t_H)}, \quad (\text{A.1})$$

де $Q_{\text{НАД}}$ – 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 (30°C); t_H – температура приточного повітря (20°C).

Розрахуємо надлишкове надходження тепла за наступною формулою:

$$Q_{\text{НАД}} = Q_{\text{УСТ}} + Q_{\text{ПЕР}} + Q_{\text{ОСВ}} + Q_{\text{СР}}, \quad (\text{A.2})$$

де $Q_{\text{УСТ}}$ – виділення тепла від устаткування; $Q_{\text{ПЕР}}$ – виділення тепла робітниками; $Q_{\text{ОСВ}}$ – надходження тепла від електричного освітлення; $Q_{\text{СР}}$ – надходження тепла від сонячної радіації через вікна.

Визначимо виділення тепла від устаткування за формулою:

$$Q_{\text{УСТ}} = P \cdot K_a \cdot K_o \cdot 860, \quad (\text{A.3})$$

P – сумарна потужність устаткування, кВт/год; K_a – коефіцієнт установленної потужності (0,95); K_o – коефіцієнт одночасної роботи (1,0).

$$\begin{aligned} Q_{\text{вст}} &= [x_1 \cdot k_1 + x_2 \cdot k_2 + x_3 \cdot k_3 + x_4 \cdot k_4 + x_5 \cdot k_5 + x_6 \cdot k_6 + x_7 \cdot k_7 + \\ &+ x_8 \cdot k_8 + x_9 \cdot k_9] \cdot K_a \cdot K_o \cdot 860 = \\ &= [1 \cdot 0,5 + 1 \cdot 0,1 + 1 \cdot 0,07 + 2 \cdot 0,4 + 1 \cdot 0,06 + 1 \cdot 0,05 + 1 \cdot 0,6 + 4 \cdot 0,15 + \\ &+ 1 \cdot 3,5] \cdot 0,95 \cdot 1 \cdot 860 = 5131 \text{ ккал/год.} \end{aligned}$$

Визначимо виділення тепла від обслуговуючого персоналу за допомогою наступної формули:

$$Q_{\text{пер}} = n \cdot g = 2 \cdot 100 = 200 \text{ ккал/год,} \quad (\text{A.4})$$

де n – кількість працюючих; g – кількість тепла, що виділяє один працівник за годину (100 ккал/год.).

Визначимо надходження тепла від електричного освітлення за формулою:

$$Q_{\text{осв}} = E_m \cdot g_1 \cdot S = 300 \cdot 0,05 \cdot 21 = 315 \text{ ккал/год,} \quad (\text{A.5})$$

де E_m – нормована освітленість для цієї зорової роботи, величина якої дорівнює 300 лк; g_1 – питоме тепловиділення на 1 м² підлоги при 1 лк освітленості (для / люмінесцентних ламп – 0,05 ккал/год.) S – площа приміщення, м².

Визначимо надходження тепла від сонячної радіації через вікна за

наступною формулою:

$$Q_{CP} = F \cdot g_2 \cdot K_{OCL} = 7,5 \cdot 65 \cdot 0,4 = 195 \text{ ккал/год}, \quad (\text{A.6})$$

де F – площа віконних прорізів ($3 \times 2,5 = 7,5 \text{ м}^2$); g_2 – кількість тепла, що надходить через 1 м^2 віконного прорізу (65 ккал/год.); K_{OCL} – коефіцієнт ослаблення, приймаємо $0,4$.

Визначимо кількість надлишкового тепла:

$$Q_{НАД} = Q_{УСТ} + Q_{ПЕР} + Q_{ОСВ} + Q_{CP} = 5131 + 200 + 315 + 195 = 5841 \text{ ккал/год.}$$

Визначимо витрати повітря в приміщенні:

$$L = \frac{Q_{НАД}}{c \cdot \rho \cdot (t_B - t_H)} = \frac{5848}{0,237 \cdot 1,226 \cdot (30 - 20)} = 2010 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Існуюча в наявності система кондиціонування і вентилявання має продуктивність $2200 \text{ куб. м./годину}$, що задовольняє необхідним нормативам.

Параметри мікроклімату на робочих місцях регламентуються ДНАОП 0.03.3.15 – 86 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень № 4088–86». Відповідно доданих санітарних норм температура повітря, швидкість руху повітря та відносна вологість у холодні періоди року повинна складати $(22 - 24)$ градуса за Цельсієм, $0,1$ метра в секунду та $40-60 \%$ відповідно. При збереженні всім параметрів можливе коливання температури від 21 до 25 градусів Цельсія. 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 даним приміщення лабораторії вимірювальної техніки та науково-дослідним відділом.

Розрахунок системи загального рівномірного освітлення з лампами розжарювання для приміщення, в якому використовуються зорові роботи високої точності. Розміри приміщення: довжина ($a=6$ м), ширина ($b=3,5$ м), висота ($h=3,5$ м). Приміщення має світлу побілку: коефіцієнт відбиття $P_{стелі} = 70 \%$, $P_{стін} = 50 \%$. 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 $h_c=0,4$ м.. Мінімальна освітленість за нормами $E=200$ лк.

1) Визначимо висоту підвісу світильників над підлогою

$$h_0 = H - h_c = 3,5 - 0,4 = 3,1 \text{ м.}$$

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 лабораторії вимірювальної техніки та науково-дослідному відділу відповідає цій вимозі.

2) Визначимо висоту підвісу світильника над робочою поверхнею:

$$h = h_0 - h_p = 3,5 - 0,4 = 2,8 \text{ м.}$$

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

3) Визначимо рекомендовану відстань між світильниками

$$L = 0,7 \cdot h = 0,7 \cdot 2,8 = 2,0 \text{ м.}$$

4) Розрахуємо необхідну кількість світильників

$$N = \frac{a \cdot b}{L^2} = \frac{6 \cdot 3,5}{2^2} = 6.$$

Приймаємо 6 світильників, враховуючи розміри приміщення розміщуємо їх у два ряди по 3 штуки.

5) Світловий потік лампи світильника ($\Phi_{\text{л}}$) визначається за формулою:

$$\Phi_{\text{л}} = \frac{E \cdot K_z \cdot S \cdot Z}{N \cdot n \cdot \eta},$$

де E – нормативна освітленість, лк; K_z – коефіцієнт запасу, який враховує зниження освітленості в результаті забруднення та старіння ламп; S – площа приміщення, що освітлюється, м^2 ; Z – коефіцієнт нерівномірності освітлення для ламп розширювання (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:

$$i = \frac{a \cdot b}{h \cdot (a + b)} = \frac{6 \cdot 3,5}{3,5 \cdot (6 + 3,5)} = 2,21.$$

Коефіцієнт використання $\eta = 0,48$ для світильника УПМ-15 (при $i = 2,5$, $P_{\text{стелі}} = 70\%$, $P_{\text{стін}} = 50\%$)

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

$$\Phi_{\text{л}} = \frac{E \cdot S \cdot Z}{N \cdot n \cdot \eta} = \frac{200 \cdot 21 \cdot 1,15}{6 \cdot 1 \cdot 0,48} = 1677 \text{ лм.}$$

9) обираємо лампу Б-150 потужністю 150 Вт, світловий потік якої становить 2100 лм. Хоча це значення на 18% більше розрахованого, однак не перевищує встановлену норму ($-0\% < \Phi_{\text{л}} < +20\%$). Сумарна електрична потужність усіх світильників, встановлених у приміщенні становить:

$$P_{\text{св}} = P \cdot N = 150 \cdot 6 = 900 \text{ Вт.}$$

А.3 Пожежна безпека

Найважливішою умовою роботи будь-якого підприємства є дотримання правил пожежної охорони. У приміщенні лабораторії вимірювальної техніки та науково-дослідному відділу основні міри для забезпечення пожежної безпеки визначає «Інструкція про заходи пожежної безпеки для службових приміщень (офісів)». Вона є обов'язковою для використання всіма співробітниками відділу. У згідності з цією інструкцією, у кожному приміщенні повинний бути призначений відповідальний за пожежну безпеку, вивішена на видному місці табличка з указівкою його посади та прізвища.

Меблі й устаткування повинні розміщатися таким чином, щоб забезпечувався вільний евакуаційний прохід до дверей виходу з приміщення (шириною не менше 1 м). Евакуаційні шляхи та виходи необхідно постійно держати вільними, нічим не захащувати. По мірі нагромадження та закінчення роботи пальні відходи варто збирати в спеціально відведених сміттєзбиральників.

Електромережі, електроприлади й апаратура повинна експлуатуватися тільки в справному стані, з урахуванням рекомендацій підприємства-виготовлювачів. У випадку виявлення ушкоджень електромереж, вимикачів, розеток та інших електровиробів варто негайно відключи їх та вжити необхідних заходів до приведення в пожежобезпечний стан. Документи папір та інші горючі матеріали варто зберігати на відстані не менш 1 м від електрощитів, електрозбірок та електрокабелів, 0,5 м від світильників та 0,25 м від приладів опалення.

Засоби протипожежного захисту (пожежні крани, пожежна й охоронно-пожежна сигналізація, первинні засоби пожежогасіння і т.п.), що мають у приміщеннях, варто тримати в справному стані.

Усі працівники повинні пройти протипожежний інструктаж, уміти користатися наявними вогнегасниками, іншими первинними засобами пожежогасіння та знати місце їхнього перебування. Відстань від найбільш віддаленого місця приміщення до місця розміщення вогнегасника не повинне перевищувати 20 м.

А.4 Безпека при надзвичайних ситуаціях на підприємстві

Об'єктом розгляду на предмет визначення надзвичайних небезпек та їх наслідків є науково-дослідний відділ. Однією із вірогідних загроз може бути раптове виникнення пожеги внаслідок короткого замикання в електромережах або розрядів статистичної електрики, що може привести до пошкодження і

руйнування будівлі, устаткування, комунікацій, виділення токсичних продуктів горіння.

Тому в науково-дослідному відділі розроблено оперативний план гасіння пожежі, який визначає порядок дії персоналу при пожежі, порядок її гасіння в електроустановках, взаємодію з власним складом пожежних підрозділів, а також застосування схем и засобів пожежогасіння з урахуванням заходів безпеки.

Будівля повинна бути обладнана мережею протипожежного водозабезпечення, установками виявлення та гасіння пожеж відповідно вимогам нормативно-технічних документів. Кожний працівник повинен чітко знати та виконувати вимоги ППБ та протиаварійний режим на об'єкті, уміти користуватися наявними вогнегасниками, іншими первинними засобами пожежогасіння і знати місце їхнього перебування.

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, накопичуються 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 факторів пожежі (критичних температур, ступені задимлення, зниження концентрації кисню и т.п.). Число евакуаційних виходів повинно бути не менш двох. Вони повинні розташовуватися розосереджено. Мінімальна відстань між найбільш віддаленими один від одного евакуаційними виходами із приміщення визначається за формулою:

$$l = 1,5 \cdot \sqrt{P} = 1,5 \cdot \sqrt{19} = 6,5 \text{ м}, \quad (\text{A.7})$$

де P – периметр приміщення, м.

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. При виникненні пожежі, після виклику пожежної охорони, необхідно попередити про це усіх, хто знаходиться поруч, після чого евакуюватися самому і по можливості допомогти евакуюватися іншим, особливо особам літнього віку і дітям, попереджаючи при цьому виникнення паніки. З метою обмеження циркуляції повітря, яке здатне збільшувати швидкість горіння, покидаючи приміщення, закрийте за собою усі двері, якщо це можливо. Якщо пожежа виникла в приміщенні над вами і безпосередньої загрози для вас не спостерігається, то бажано виконати заходи по зниженню можливих втрат від води яку проливають при гасінні пожежі. Для цього необхідно відключити всі електроприводи та прикрити їх поліетиленовою плівкою. Значно гірше, якщо пожежа виникла в приміщенні під вами – потрібно оцінити обстановку и якщо є впевненість, що ще не має сильної задимленості з високою температурою, потрібно негайно покинути

приміщення, рухаючись до виходу по коридорам і сходовим кліткам. Користуватися ліфтом категорично забороняється, за винятком ліфтів, які спеціально призначені для транспортування пожежної охорони. 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, але 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 ін. 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.