

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УЖГОРОДСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА ПРИЛАДОБУДУВАННЯ

ДО ЗАХИСТУ ДОПУЩЕНО

Завідувач кафедри



Ігор ЧИЧУРА

«24» серпня 2024 р.

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної бакалаврської роботи

на тему:

АВТОМАТИЗАЦІЯ АВТОНОМНОЇ КОТЕЛЬНОЇ СЕРЕДНЬОЇ
ПОТУЖНОСТІ


Виконав:

Василь ВАЙТИКОВСЬКИЙ
(ім'я та ПРІЗВИЩЕ)


(підпис)

Керівник:

проф. Валентин ІВАНИЦЬКИЙ
(вчене звання, ім'я та ПРІЗВИЩЕ)


(підпис)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка кваліфікаційної бакалаврської роботи: 54 сторінки, 3 таблиці, 17 рисунків, 7 додатків, 14 джерел посилань.

ТЕПЛОВА ЕНЕРЕТИКА, АВТОНОМНА КОТЕЛЬНЯ, КЕРУВАННЯ КОТЕЛЬНЕЮ

Об'єкт дослідження – система керування автономною автоматичною котельнею на твердому паливі на основі серійних промислових інформаційних та виконуючих модулів.

Мета роботи – розробити концепцію створення автоматичної автономної котельні на рівні підготовчого організаційного етапу проектування.

Методи дослідження – технічний аналіз автономних котелень та їхніх компонент; проектування структурної і монтажної схеми системи керування автономною автоматичною котельнею, виконання проектних схем методами комп'ютерної графіки.

Проведено технічний аналіз сучасної автономної котельні на твердому паливі та визначено базові технологічні процеси, які вимагають автоматизації. Розроблено структурну схему системи керування та підібрані необхідні промислові модулі для реалізації такої системи. На основі отриманих результатів спроектовано монтажну схему системи керування автономною автоматичною котельнею.

ABSTRACT

The bachelor's thesis contains: 54 pages, 3 tables, 17 figures, 7 additions, 14 reference sources.

HEAT ENERGY, AUTONOMOUS BOILER PLANT, BOILER PLANT CONTROL

The object of research is the control system of an autonomous automatic solid fuel boiler based on serial industrial information and executive modules.

The purpose of the work is to develop the concept of creating an automatic autonomous boiler house at the level of the preparatory organizational stage of design.

Research methods – technical analysis of autonomous boiler houses and their components; design of the structural and assembly diagram of the control system of an autonomous automatic boiler room, implementation of design schemes using computer graphics methods.

A technical analysis of a modern autonomous solid fuel boiler house was carried out and the basic technological processes that require automation were determined. The structural diagram of the control system was developed and the necessary industrial modules for the implementation of such a system were selected. On the basis of the obtained results, the installation diagram of the control system of the autonomous automatic boiler room was designed.

Ужгородський національний університет

Інженерно-технічний факультет

Кафедра приладобудування

Освітньо-кваліфікаційний рівень "Бакалавр"

Спеціальність 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
к.ф.-м.н., доц. Чичура І.І.

" 24 " червня 2024 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ БАКАЛАВРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Вайтиковському Василю Васильовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Автоматизація автономної котельні середньої потужності» та керівник роботи Іваницький Валентин Петрович, д.ф.-м.н., професор, (прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання) затверджені Розпорядженням № ___ по ІТФ від " ___ " _____ 2024 року.

2. Строк подання студентом роботи на кафедру: "15" червня 2024 року.

3. Вихідні дані до роботи: об'єктом розробки є проект електронної системи модернізації муніципальної котельні на твердому паливі з переведенням її на автоматичний режим роботи.

Умови експлуатації електронної системи:

- температура навколишнього середовища від -30°C до $+60^{\circ}\text{C}$;
- атмосферний тиск від 700 до 800 мм.рт.ст.;
- відносна вологість повітря до 95 %;

Характеристики пристрою:

- виконувані функції – обираються у процесі проектування;
- керуючий модуль – блок мікроконтролера або промисловий контролер;
- ввід базових параметрів – вручну при початковій інсталяції пристрою;
- режим керування - неперервний;
- відображення режимів роботи пристрою - за допомогою дисплею та індикаторів;
- живлення - від стандартної однофазної мережі змінного струму;
- наявність автономного резервного живлення від акумуляторної батареї;
- габарити та маса – мінімальні.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):
Аналіз проблем розробки автоматичних систем керування обладнанням котелень; огляд сучасних підходів до проектування електронних систем керування; розробка структурної схеми; проектування принципової електричної схеми; створення алгоритму роботи керуючого пристрою; розробка базових блоків програми керування.

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

- структурна схема пристрою;
- принципова електрична схема;
- алгоритм функціонування контролера;
- лістинг програмного забезпечення.

6. Консультанти розділів роботи:

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

7. Дата видачі завдання: 15 лютого 2024 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

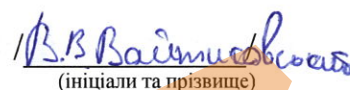
№ з/п	Назва етапів виконання магістерської роботи	Строк виконання етапів роботи	П Примітки
1	Аналіз проблем керування котельнями.	28.02.2024	
2	Огляд сучасних наукових підходів до проектування автоматичних систем керування.	20.03.2024	
3	Аналіз завдання та розробка структурної схеми.	30.03.2024	
4	Підбір елементів та виготовлення креслень основних вузлів пристрою. Проектування принципової схеми.	30.04.2024	
5	Розробка алгоритму.	15.05.2024	
6	Створення базових блоків програми керування.	30.05.2024	
7	Написання пояснювальної записки.	10.06.2024	
8	Оформлення роботи та графічного матеріалу.	15.06.2024	

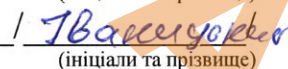
Студент

Керівник роботи


(підпис)


(підпис)


(ініціали та прізвище)


(ініціали та прізвище)

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
1 ЗАГАЛЬНА СТРУКТУРА ТА ХАРАКТЕРИСТИКИ АВТОНОМНИХ КОТЕЛЕНЬ СЕРЕДНЬОЇ ПОТУЖНОСТІ НА ТВЕРДОМУ ПАЛИВІ.....	10
1.1 Базова структура котелень на твердому паливі.....	11
1.2 Характеристики автономних котелень.....	15
2 АНАЛІЗ ЗАВДАННЯ БАКАЛАВРСЬКОЇ РОБОТИ ТА ПРИЙНЯТТЯ СТРАТЕГІЙ РОЗРОБКИ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ.....	19
3 МОДЕЛЬ ТА КОРОТКА ТЕХНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА КОТЕЛЬНІ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ.....	23
4 СТРУКТУРНА СХЕМА СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ КОТЕЛЬНЕЮ.....	26
5 ВИБІР ОСНОВНИХ КОМПОНЕНТІВ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ АВТОНОМНОЇ КОТЕЛЬНІ	
5.1 Блоки керування електроприводом на основі асинхронних двигунів	
5.2 Локальна панель оператора	
5.3 Модулі регулювання температури	
5.4 Програмовані інтелектуальні реле	
5.5 Промислові датчики тиску	
5.6 Датчики температури	
5.7 Живлення системи керування	
5.8 Промисловий контролер	
6 РОЗРОБКА МОНТАЖНОЇ СХЕМИ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ КОТЕЛЬНЕЮ	
ВИСНОВКИ	
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ.....	60
ДОДАТОК А СТРУКТУРНА СХЕМА АВТОМАТИЧНОЇ АВТОНОМНОЇ КОТЕЛЬНІ.....	62

КБР.АКІТ.2005045.01.000 ПЗ				
		Прізвище ім'я	Підпис	Дата
Розробив	Вайтиковськи			
Перевірив	Іваницький ВП.			
Т. контроль				
Н. контроль				
Затвердив	Чичура І.І.			
Автоматизація автономної котельні середньої потужності Пояснювальна записка				
		Літера	Аркуш	Аркушів
		у	6	54
ІТФ, кафедра ПБ, 4 курс бакалаври денна форма				

ДОДАТОК Б СХЕМА ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПОТОКІВ АВТОНОМНОЇ
СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ.....63

ДОДАТОК В МОНТАЖНА СХЕМА АВТОНОМНОЇ СОНЯЧНОЇ
ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ.....64

АКІТ 2024

АКІТ

					КБР.АКІТ.20050045.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

ВСТУП

Котельні установки із середньою вихідною потужністю на сьогодні є основними теплогенеруючими пристроями в комунальних підприємствах більшості територіальних громад Закарпаття. Більшість із таких сучасних котельних агрегатів в якості джерела теплової енергії для здійснення нагрівання теплоносія використовують різні види твердотілого палива або природний газ. Використання природного газу в якості палива дозволяє легко автоматизувати весь процес горіння та постачання тепла до різних споживачів. При цьому забезпечується простота схем плавного керування тепловими режимами функціонування котельних установок у залежності від температури навколишнього середовища, текучої інтенсивності передачі тепла споживачам, часу доби та інших факторів. При використанні ж різних видів твердого палива, автоматизація роботи котельні є значно складнішим завданням. Це пояснюється тим, що процес горіння твердого палива є багатофакторним і значно складнішим у керуванні. Саме даними особливостями пояснюється той факт, що на сьогодні практично всі газові котельні комунальних підприємств Закарпаття є автоматичними, тоді як більшість котелень на твердому паливі працюють у ручному або напівавтоматичному режимі. Тому тема даної кваліфікаційної бакалаврської роботи, присвяченої розробці схеми автоматичного керування комунальних котелень на твердому паливі середньої потужності є досить актуальною і практично виправданою.

Автоматизація котельних установок полягає в забезпеченні необхідних режимів роботи всього комплексу обладнання без втручання людини за допомогою засобів автоматики. У залежності від рівня використовуваних засобів та складності схеми керування автоматизація котельні може бути поагрегатною, частковою або повною. При повній автоматизації котельні проточний обслуговуючий персонал повністю відсутній. Використання людської праці тут зводиться лише до періодичного нагляду за роботою обладнання і, при необхідності, до виправлення пошкоджень, дефектів та нештатних ситуацій, які

					КБР.АКІТ.20050045.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

виникають. При частковій автоматизації автоматизовані окремі агрегати або модулі котельні. Оскільки максимальний економічний ефект досягається при повній автоматизації котельні, то саме для такого випадку будемо розробляти систему керування в даній роботі.

АКІТ
2024

АКІТ

					КБР.АКІТ.20050045.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

1 ЗАГАЛЬНА СТРУКТУРА ТА ХАРАКТЕРИСТИКИ АВТОНОМНИХ КОТЕЛЕНЬ СЕРЕДНЬОЇ ПОТУЖНОСТІ НА ТВЕРДОМУ ПАЛИВІ

Автономні модульні твердопаливні котельні на сьогодні є інноваційним рішенням для ефективного опалення та гарячого водопостачання. Транспортабельні блочно-модульні котельні є сучасним технічним напрямком, який набирає популярності завдяки своїй універсальності, економічності та високій ефективності. Ці системи опалення є комплектами обладнання, об'єднаними в єдиний модуль або автономний контейнер, і можуть використовуватися для забезпечення тепlopостачання як промислових, так і різних комунальних об'єктів.

Принцип роботи автономних модульних котелень заснований на тому, що весь комплекс обладнання, необхідного для опалення, встановлюється та підключається в єдиному блоці. Це включає котли, насоси, системи регулювання та контролю, а також інші необхідні компоненти. Готова автономна котельня установка доставляється на місце встановлення та швидко підключається до системи опалення об'єкта.

Однією з ключових переваг твердопаливних автономних котелень є їх масштабованість та гнучкість. Системи можуть бути легко розширені або зменшені залежно від потреб та розмірів об'єкта. Це особливо корисно для об'єктів із змінною потребою в теплі, таких як сезонні підприємства, заклади освіти, тимчасові об'єкти.

Ще однією перевагою автономних котелень на твердому паливі є їх висока ефективність та економічність. Завдяки використанню сучасних технологій та систем керування, ці системи можуть забезпечити високу енергоефективність та мінімальні втрати тепла. Це дозволяє знизити витрати на тепlopостачання та забезпечити економію енергоресурсів.

Автономні блочно-модульні котельні також відрізняються простотою встановлення та обслуговування. Завдяки компактній конструкції та

					КБР.АКІТ.20050045.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

попередньому збиранню на заводі, час встановлення та запуску скорочується до мінімуму. Крім того, системи мають високу надійність і довговічність, що дозволяє знизити витрати на обслуговування та ремонт протягом усього терміну служби. З розвитком новітніх технологій та підвищенням вимог до енергоефективності, автономні котельні продовжуватимуть займати лідируючі позиції на ринку систем опалення.

Автономні сучасні котельні можуть працювати на різних видах палива: вугілля, дрова, тріска, пелети, брикети, газ, мазут, нафта, дизельне паливо, відходи виробництв. При цьому модульна автономна блочна котельня є повністю незалежною системою опалення і не вимагає складних комунікацій.

1.1 Базова структура котельень на твердому паливі

До котельень середньої потужності відносять комплекси обладнання, які можуть генерувати від 1 МВт до 10 МВт теплової енергії [1].

Основним функціональним компонентом котельень на твердому паливі є котел. Саме в цьому пристрої відбувається утворення теплоносія із необхідними термодинамічними параметрами. Як правило, у якості теплоносія тут виступає або водяна пара з тиском вище атмосферного, або нагріта до відповідної температури вода. На сьогодні на Закарпатті переважно працюють невеликі автономні котельні на твердому паливі із гарячою водою в якості теплоносія. Це обумовлено значно нижчими вимогами щодо механічної міцності всіх теплонесучих магістралей для такого теплоносія.

Для нагріву теплоносія в котлах використовується тепла енергія, яка виділяється при спалюванні твердого палива, а також енергія гарячих газів, які утворюються при горінні.

Конструктивно типовий котел складається з таких основних частин [2]: топка, теплообмінник з теплоносієм, економайзер, підігрівач повітря для топки, каркас з різними елементами для технічного обслуговування котла, обмуровки, газоходів, набрів пристроїв арматури та гарнітури.

					КБР.АКІТ.20050045.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

Головним елементом котла, який визначає ефективність його роботи є топка. У ній проходить процес горіння відповідного твердого палива та передача утвореної при цьому теплової енергії до теплоносія. Передача теплової енергії проходить через металеві поверхні теплообмінників відповідної конструкції, які розміщують переважно в середині топки та в її верхній частині. Крім того, димові та газові продукти згорання твердого палива надходять в газоходи кола. Тут розміщені додаткові теплообмінники, у яких проходить подальша передача теплової енергії до теплоносія через конвективні поверхні нагріву.

Важливим елементом топок з точки зору їхньої ефективності є поверхні нагріву теплообмінників. Через них проходить передача теплової енергії від полум'я і від продуктів згорання теплоносію. За характером функціонування розрізняють радіаційні поверхні і конвективні поверхні. Перші передбачають високу поглинальну здатність тепла із випромінювання полум'я. Другі приймають тепло від продуктів згорання за рахунок конвекції нагрітих газів у топці.

Теплообмінники із радіаційними поверхнями переважно розміщують на стінках топки. У такому випадку вони виконують і захист стін від дії високих температур. У залежності від розміщення в топці розрізняють фронтіві, бокові, задні та стельові екранні теплообмінники. Часто застосовують і двосторонні екрани у вигляді плоских труб, які розміщені в середині простору топки і обігріваються з двох сторін.

Конвекційний обігрів продуктами згорання припадає на так званий котельний пучок. Це група сталевих або чавунних труб, зварених або завалькованих в єдину систему у вигляді колекторів або барабанів, у середині яких протікає теплоносій.

Додатковим елементом передачі теплової енергії теплоносію є газоходи та клапани, які утворюються шляхом обмуровки котла спеціальними шамотними або чавунними перегородками. Вони призначені для оптимального направлення гарячих потоків продуктів згорання палива та для розміщення різних поверхонь нагріву в топці. Часто димоходи використовують у комбінації зі спеціальними

					КБР.АКІТ.20050045.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

пристроями, які забезпечують підігрів повітря перед подачею його в топку для підтримання реакції горіння твердого палива.

Всі елементи котельного обладнання монтуються на каркасі, який являє собою конструкцію з колон, балок і зв'язок. Каркас встановлюють на фундаменті і він об'єднує різні пристрої в одну систему. Зовні всю конструкцію обмуровують теплостійким огородженням.

На сьогодні в комунальних підприємствах Закарпаття використовують котли різного типу, які мають різні базові ознаки. Основними із них є [3]:

- по призначенню: опалювальні та виробничо-опалювальні;
- по матеріалу конструкції: чавунні та сталеві;
- по характеру теплоносія, який виробляється: переважно водогрійні;
- по аеродинамічному режиму роботи топки: переважно з наддувом повітря;
- по переміщенню продуктів згорання і теплоносія: газотрубні (продукти згорання рухаються в середині спеціальних труб, нагріваючи теплоносії), водотрубні (теплоносії рухаються в середині труб, розміщених у топці) та комбіновані водо-газотрубні;
- по конструктивних особливостях: циліндричні, горизонтальні та вертикальні;
- по характеру циркуляції теплоносія: з природною циркуляцією, примусовою циркуляцією та прямою;
- по транспортабельності: стаціонарні та пересувні.

Нагрів води в котельних проводять у спеціальних водонагрівачах, які називають котлами-бойлерами. Крім такого обладнання на Закарпатті можливе застосування і котлів-утилізаторів. У останньому випадку в якості джерела теплової енергії використовуються гарячі гази або рідини, які є результатом протікання різних технологічних процесів на підприємствах хімічного, харчового, металопрокатного та інших напрямків.

За прийнятим на Україні маркуванням стаціонарні водогрійні котли теплопродуктивністю 4–180 Гкал/рік позначають буквами КВ [3]. До позначення додають: вид опалювального палива; величину теплопродуктивності в Гкал/рік

					КБР.АКІТ.20050045.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

або в МВт; температуру нагріву води в °С. Котли у відповідності зі схемою циркуляції в них теплоносія мають наступні додаткові позначення: Е – з природною циркуляцією; Пр – з примусовою циркуляцією; Кп – з комбінованою циркуляцією.

Топкою називається частина котельного агрегату, яка призначена для спалювання твердого палива, під час чого його хімічна енергія перетворюється в тепло. Топочні камери бувають двох видів: з колосниками або камерні (без колосників). Топки з колосниками-решітками призначені для спалювання кускового твердого палива (дрова, торф, вугілля, брикети, палети). Камерні топки пристосовані для спалювання пилоподібного твердого палива.

Переважає більшість котелень Закарпаття використовують топки з колосниками-решітками. Важливими для якісного функціонування елементами таких топок є також зольник – пристрій для подачі в топку палива з найменшими витратами тепла та піддувало, через яке подається у топку повітря.

У залежності від характеру розташування топки відносно котла конструктивно виділяють внутрішні, нижні та виносні топки. Внутрішніми топками називають такі елементи, які повністю (або в більшій частині) утворюються поверхнями компонентів нагріву теплоносія. Таким чином, такі топки одночасно служать і для сприймання значної частки теплової енергії від спалювання. Найбільш ефективними внутрішні топки є при спалюванні в них висококалорійних видів палива. Нижніми топками називають такі топочні пристрої, які знаходяться під котлами. У цих топках ефективно проходить спалювання практично всіх видів твердого палива (винятком є лише дуже вологе тверде паливо). Виносні топки застосовуються дуже рідко, оскільки вони призначені для спалювання твердих видів палив із значною вологістю.

					КБР.АКІТ.20050045.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

1.2 Характеристики автономних котелень

У сучасних котельних агрегатах з твердим паливом економічно оптимальним діапазоном температури продуктів згорання на виході з простору топки є від 500° до 700° [4]. Для досягнення такого температурного режиму слід контролювати та правильно керувати багатьма параметрами процесу згорання палива та характеристиками топки, які визначаються як конструктивними особливостями топки, так і видом твердого палива, його маркою, сортом та способом спалювання.

До основних кількісних характеристик котельного обладнання на твердому паливі слід віднести [4]:

- навантаження або теплова потужність – кількість теплової енергії, яка генерується при спалюванні умовної одиниці відповідного палива за одиницю часу (вимірюється в МДж/сек);

- питома теплове навантаження – відношення теплової потужності до активного об'єму простору топки (для різних типів топок та різних сучасних видів твердого палива цей параметр може змінюватися в діапазоні від 0,1 МДж/м³ до 0,3 МДж/м³;

- режим форсування процесу горіння – можливість підвищення теплової потужності топки шляхом подачі для спалювання додаткової кількості палива;

- втрати теплової енергії, які визначаються інтегральною дією різних причин (хімічне або/та механічне недоспалювання палива, комбіновані викиди тепла в навколишнє середовище тощо).

Слід відмітити, що режим форсування може підвищувати теплову продуктивність топки лише до певної межі. Крім того, його використання завжди супроводжується збільшенням втрат теплової енергії. Тому при проектуванні котелень слід забезпечувати такі параметри топок, які дадуть оптимальні умови постачання теплової енергії споживачам в усьому діапазоні змін природно-

					КБР.АКІТ.20050045.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

кліматичних умов регіону протягом опалювального періоду без процесів форсування.

Важливим параметром котелень на твердому паливі є величина тяги. Це обумовлено тим, що для нормальної роботи самого котла необхідно безперервно подавати в топку зовнішнє повітря в оптимальній кількості і з оптимальною температурою. Одночасно з простору топки слід відводити по спеціальних газоходах назовні продукти згорання. Ту примусову силу, яка змушує зовнішнє повітря поступати в топку, і одночасно заставляє гарячі продукти згорання палива рухатись по димових трубах в атмосферу, називають силою тяги. Однак, більш інформативним параметром є відношення сумарної сили тяги до загальної площі поперечного перерізу димової труби, який називають тягою.

У сучасних котельнях широко використовують два види тяги: природну і штучну. Природна тяга виникає сама по собі за рахунок газодинамічних процесів у димохідній трубі. Штучна ж тяга створюється спеціальними димососами. Принцип дії димової труби як тягового пристрою базується на законі сполучених посудин – топки та димоходу. Для рівноваги в такій системі тиск стовпа атмосферного повітря на вході камери топки через піддувало має урівнюватися з тиском повітря у газоходах та димових трубах котельні. При порушенні умови рівноваги і виникає тяга.

Слід мати на увазі, що у димоходах може виникати як пряма тяга (більший тиск повітря на піддувалі), так і зворотна тяга (більший тиск у димохідній трубі). Пряма тяга є стійкою, коли в димовій трубі постійно знаходяться гарячі газоподібні продукти згорання палива з температурою, більшою 150 °С. Це обумовлене тим, що гарячі димові гази в димовій трубі стають значно легшими, у порівнянні з вагою холодного повітря біля піддувала. У результаті зовнішнє атмосферне повітря, як більш тяжке, неперервно тисне на стовп продуктів згорання в димовій трубі і виштовхує останні в атмосферу. Зворотна тяга призводить до оберненого напрямку руху відпрацьованих газів і є шкідливою та навіть небезпечною для роботи автоматизованих котелень. Це слід враховувати при розробці систем керування котельнями на твердому паливі.

					КБР.АКІТ.20050045.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

При проектуванні систем керування котельнями слід приймати до уваги, що природна тяга тим більша, чим нижча температура атмосферного повітря і чим вища температура газів згорання палива в димоходній трубі. Крім того, величина природної тяги збільшується із збільшенням висоти димової труби за рахунок природної залежності густини атмосферного повітря від висоти. Над поверхнею землі. Оскільки атмосферним тиском ми керувати не у змозі, то для впливу на величину природної тяги ми маємо дві можливості: змінювати температуру продуктів згорання палива в димоходах та регулювати висоту димоходної труби. Практично значимим є лише перший шлях, оскільки висота димоходу задається проектними документами на котельню. При цьому для збільшення тяги можна підвищувати температуру димових газів лише в тому діапазоні, коли це не призводить до суттєвого зменшення економічних характеристик процесу виробництва теплової енергії. Якщо розумного компромісу тут домогтися важко, то на практиці керування величиною тяги в котельнях застосовують різні пристрої створення штучної тяги.

Висота димової труби у процесі проектування котельні визначається не тільки необхідною величиною природної тяги. При цьому враховуються й інші комплексні вимоги до параметрів викидів у вигляді продуктів згорання твердого палива. Основним принципом тут є те, що гази в топці котельні мають мати певне розрідження, яке вказує на ступінь відхилення їх тиску від зовнішнього атмосферного тиску. При цьому розрідження збільшується по мірі проходження продуктів згорання від топки до основи димоходної труби. Це пояснюється тим, що газоподібні продукти згорання твердого палива втрачають частину свого тиску в міру їх руху по газоходах у напрямку до димової труби. Зокрема, типове робоче значення величини розрідження у просторі топки повинно бути біля 50 Па. Дана величина має поступово зростати до основи димоходу до значення біля 200 Па для чистої природної тяги. У системах з штучною тягою розрідження біля основи димоходу може досягати кількох кілопаскалів.

					КБР.АКІТ.20050045.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

У принципі в котельних можуть застосовуватися сталеві, залізобетонні або цегляні димоходи. Найбільш високими можуть бути залізобетонні димоходи (до 150 м). Цегляні димоходи не можуть перевищувати висоту 80 м. Ці два види димоходів використовують для котелень великої та надвеликої потужності. Для сучасних котелень середньої потужності найбільш широко застосовують сталеві димоходи (у тому числі і з нержавіючої сталі, яка є стійка до корозії). Як правило, висота сталевих димоходів не перевищує 40 м.

АКІТ
2024

АКІТ

					КБР.АКІТ.20050045.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

2 АНАЛІЗ ЗАВДАННЯ БАКАЛАВРСЬКОЇ РОБОТИ ТА ПРИЙНЯТТЯ СТРАТЕГІЙ РОЗРОБКИ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ

Виходячи із загальних принципів проектування автоматичних систем, вони мають забезпечувати виконання таких основних функцій:

- вимірювання і контроль усіх параметрів, необхідних для тривалої і надійної експлуатації котельні з підтриманням її оптимальних технічних та економічних характеристик;
- регулювання режимів всього технологічного процесу роботи обладнання котельні;
- індикація основних параметрів текучого функціонування котельні;
- сигналізація про виникнення нештатних ситуацій у роботі обладнання;
- захист від наслідків виникнення нештатних або аварійних ситуацій в роботі обладнання котельні;
- наявність постійного дистанційного зв'язку з оператором з можливістю останнього швидко реагувати на нештатні та аварійні ситуації.

Враховуючи описану вище загальну структуру котельні, можна зробити висновок, що до елементів автоматичного проведення вимірів і неперервного контролю в систему керування слід ввести ряд датчиків. Основними в системі керування виберемо датчики таких кількісних та якісних показників різних ділянок здійснення технологічного процесу поставки теплової енергії споживачам:

- для процесу горіння твердого палива це будуть – величина тяги, температура повітря на вході в піддувало, температура у топці, рівень заповнення топки паливом;
- для процесу контролю ефективності згоряння палива – повнота згоряння, концентрація окислів вуглецю на виході димоходу, концентрація частинок сажі в димовому потоці, температура димового потоку;

					КБР.АКІТ.20050045.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

- для процесу перенесення теплової енергії теплоносієм – рівень заповнення системи теплоносієм, тиск в системі руху теплоносія, температура теплоносія на виході з котла, температура теплоносія на вході котла;

- для процесу корекції режимів тепlopостачання – температура атмосферного повітря, температура теплоносія в системі на вході до споживачів та на виході від споживачів;

- для процесу контролю функціонування всієї системи – датчики роботи шнеку постачання палива, датчики роботи двигуна нагнітання теплоносія в системі, датчик роботи двигуна пристрою штучного підвищення тяги, датчики температури у приміщенні котельні, пожежні датчики приміщення котельні.

Важливими елементами проектованої системи керування мають бути пристрої сигналізації та неперервного надання інформації про текуче функціонування котельні. Вважаємо за доцільне тут застосувати дистанційний пульт оператора із мобільним каналом зв'язку з котельнею. Цілком виправданим є створення комплексного пульта, на якому буде відображатися робота всіх котелень конкретного комунального підприємства. Додатковим важливим елементом проектованої системи керування будуть пристрої автоматичної попереджувальної місцевої сигналізації та дистанційної сигналізації про аварійні та нештатні ситуації функціонування котельні. Попереджувальна звукова сигналізація інформуватиме про моменти пуску важливого обладнання котельні: шнеку поставки палива, вентилятора штучної тяги, початку технологічного процесу поставки теплоносія споживачам.

Основне активне навантаження при функціонуванні системи керування мають взяти на себе виконуючі та регулюючі пристрої. Основними із них є пристрої пуску, зупинки та регулювання швидкості обертання моторів шнеку, насосів прокачки теплоносія, вентиляторів тяги та димососів, а також різні пристрої автоматичного захисту.

Номенклатура та кількість різних пристроїв, які мають бути введені в проектовану систему керування автоматичною котельнею, буде уточнена після

					КБР.АКІТ.20050045.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

встановлення конкретної моделі функціонуючої установки, яка передбачається для встановлення або модернізації.

Із проведеного аналізу слідує, що завдання автоматизації сучасної автономної котельні є досить складним та масштабним. Над його виконанням працюють цілі невеликі колективи інженерів та проєктантів. До них підключаються й інші фахівці: дизайнери, технологи, економісти тощо. При цьому навіть навчальний проєкт передбачає не лише створення ідей та документації, а й виготовлення та випробування виробу. Тому виконати таку масштабну задачу в повній мірі в рамках навчальної кваліфікаційної роботи неможливо.

При таких умовах доцільно зосередитися на виконанні першого етапу процесу проєктування технічної продукції – підготовчо-організаційний етап розробки ескізного проєкту. На цьому етапі проводиться виконується підготовча робота до виконання творчої роботи та виготовлення виробу. Визначається завдання для проєктування та формулюються вимоги до проєктованого виробу. Створюється банк ідей та пропозицій.

Таким чином, у рамках виконання поставленого завдання до кваліфікаційної роботи проведемо детальний аналіз поставленої проблеми, усвідомимо значення створюваного об'єкту для суспільства та переконаємось у доцільності та актуальності теми роботи.

Важливу роль тут відграє збір інформації стосовно поставленої проблеми та генерація базових ідей щодо конструкції, комплектуючих елементів, інформаційних підходів, алгоритмів організації та інших важливих напрямків проєктування. Тому кінцевою метою виконання даної кваліфікаційної роботи ставитимемо розробку та технічне обґрунтування загальної концепції створення системи керування автономною модульною котельнею на твердому паливі з потужністю до 1 МВт. Відповідно зі стандартними умовами один такий модульний блок зможе обігрівати середньо утеплений корпус адміністративної чи виробничої будівлі до 10 000 м² з висотою стель до 3-х метрів [5]. Стосовно конкретних умов Закарпаття, то така автономна котельня може обслуговувати

					КБР.АКІТ.20050045.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

ТИПОВИЙ ОСВІТНЬО-ВИХОВНИЙ КОМПЛЕКС ІЗ ДИТЯЧОГО САДКА ТА ЗАКЛАДУ СЕРЕДНЬОЇ ОСВІТИ.

АКІТ 2024

АКІТ

					КБР.АКІТ.20050045.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

3 МОДЕЛЬ ТА КОРОТКА ТЕХНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА КОТЕЛЬНОЇ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ

Для автоматизації вибрано обладнання українського виробництва котельні на твердому паливі комунального підприємства м. Ужгорода моделі ЛІКА КВТ-2500М, Дана котельні обслуговує комплекс із дитячого дошкільного закладу, гімназії, спортивного залу та майстерні. Котел даної котельні має повну потужність 2,5 МВт.

Обладнання котельні пристосоване для використання різних видів палива. Однак автоматичний режим його функціонування передбачає застосування дрібних відходів деревини, палет, невеликих брикетів та інших видів твердого палива, які можна транспортувати шнековим транспортером.

Відповідно із технологічною схемою генерації теплової енергії котельні ЛІКА КВТ-2500М, вона містить у своєму складі такі модулі (див.рис. 3.1):

Рисунок 3.1 – Технологічна схема генерації теплової енергії твердопаливної котельні ЛІКА КВТ-2500М

- котел із топкою (1);
- система підігріву та подачі повітря (2);
- система подачі палива (3);
- пневматична система видалення золи (4);
- мультициклон-утилізатор ЛІКА СОУ-3000 (5);
- димососи ЛІКА Д-7,5 (6);
- бункер із твердим паливом (7).

Повний технологічний цикл роботи котельні наведено на рис. 3.2. Його основою є водяний котел (1), розміщений безпосередньо у верхній частині топки. Процес горіння твердого палива відбувається на похилій колосниковій решітці

					КБР.АКІТ.20050045.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

(9), що полегшує переміщення палива у глибину топки. Колесникову решітку можна періодично струшувати для підсилення доступу повітря до топки та видалення з решітки золи. Для цього котельня оснащена спеціальною гідростанцією з циліндричним поршнем в якості гідроприводу (17). Знизу колосникової решітки розміщена система шнекових механізмів (10) для видалення золи з топки назовні в золовий контейнер.

Рисунок 3.2 – Функціональна схема системи теплопостачання на основі твердопаливної котельні LIKA KBT-2500M

У нижній частині котельні розміщено головний вентилятор подачі первинного повітря (11), який підтримує основний процес згоряння палива в топці.

Над основним котлом великий простір топки займає димогарний трубчатий теплообмінник (8). У ньому відбувається додаткова передача теплової енергії від продуктів згоряння до теплообмінника. Для забезпечення процесу «догоряння» продуктів основного полум'я у цій частині котельні, до неї подається необхідна кількість повітря від допоміжного вентилятора (12).

Процесом видалення димових газів з топки керує комплексний пристрій – мультициклон (2), робота якого узгоджена з функціонування вентилятора рециркуляції димових газів (13). У внутрішньому просторі мультициклону розміщено також теплообмінник, у якому можна нагрівати повітря, яке надходить в основну топку та у простір додаткового димогарного теплообмінника. Остаточне видалення продуктів згоряння з простору топки забезпечується димососом (5). У мультициклоні збирається деяка кількість золи, яка періодично видаляється шнеком (18).

Керування процесом подачі палива у топку можна здійснювати через спеціальний витратний бункер палива (3). Паливо до нього подається з основного паливного складу у вигляді великого зовнішнього бункера типу «силос» (на

					КБР.АКІТ.20050045.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

рис. 3.2 не показаний). Для цього котельня обладнана шнеком подачі палива (14). Із витратного бункера тверде паливо у топку подається шнеком (16). Кількість поданого до топки палива регулюється спеціальним шлюзом-дозатором палива (15) із електроприводом.

До системи теплообмінників під'єднуються труби мережі подачі теплоносія споживачам та зворотної подачі теплоносія до котельні для нагріву. Примусовий рух теплоносія по мережі труб здійснюється насосом (20). Крім того в даній мережі передбачена додаткова система рециркуляції не достатньо нагрітого теплоносія на основі насоса (19).

АКІТ 2024

АКІТ

					КБР.АКІТ.20050045.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

4 СТРУКТУРНА СХЕМА СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ КОТЕЛЬНЕЮ

Використовуючи результати аналіз структури котельного обладнання та враховуючи вибрану концепцію його автоматизації розробимо структурну схему системи керування. У цілому процес проектування доцільно розділити на кілька окремих підсистем.

Логічно розпочати розробку структурної схеми з **підсистеми постачання теплової енергії споживачам**. У такій підсистемі має бути введено кілька датчиків та кілька виконуючих пристроїв (додаток А). Коротко охарактеризуємо кожен елемент цієї підсистеми керування:

- ДТТ_{in} – датчик температури теплоносія, який розміщено безпосередньо на вході до теплообмінників та котла;
- ДТТ_{out} – датчик температури теплоносія на виході з котла;
- ДТр – датчик тиску теплоносія в системі труб тепlopостачання;
- БКЦТ – блок керування насосом примусової циркуляції теплоносія у трубах тепlopостачання із можливістю зміни швидкості обертання ротора електроприводу;
- БКРТ – блок керування насосом рециркуляції теплоносія;
- ПЛК – промисловий логічний контролер.

Центральний блок системи керування буде сприймати інформацію від великої кількості датчиків. Тому для спрощення технічної кабельної частини цієї системи у якості каналу зв'язку використаємо загальну сигнальну інформаційну шину даних (ШД). Для цієї шини виберемо простий послідовний протокол обміну даними. Для визначення конкретного датчика, з яким у кожний поточний момент часу працює ПЛК, використаємо чотирьохпровідну шину адрес (ША). У такому випадку проектувана система керування має можливість працювати із 16 різними незалежними датчиками котельні.

Блоки керування електроприводами (БКЕ) насосів будемо напряму підключати до ПЛК. Енергетичне живлення до відповідних електричних двигунів

					КБР.АКІТ.20050045.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

електроприводу із необхідними параметрами потужності буде формуватися відповідними силовими модулями (СМ). При цьому для кожного двигуна слід виділити окремий СМ. Для контролю функціонування кожного двигуна ПЛК буде вести постійний моніторинг сили струму в електричному колі його живлення. Додаткових спеціальних датчиків для виконання такої функції контролю в системі керування не передбачається. При цьому всі операції з двигунами будуть вестися через їхні відповідні БКЕ та СМ.

Наступна за важливістю є **підсистема керування процесом отримання теплової енергії теплоносієм у просторі топки** (додаток Б). Тут необхідно встановити такі компоненти та модулі:

- ДТТк – датчик температури теплоносія в основному котлі;
- ДТТд – датчик температури теплоносія в димогарному теплообміннику;
- ДТГ – датчик температури горіння у просторі основної топки;
- ДТд - датчик температури у просторі димогарного теплообмінника;
- ПЛК – промисловий логічний контролер.

Підключення всіх датчиків до ПЛК відбувається за допомогою описаних вище ША та ШС.

Трохи складнішою має бути **підсистема керування процесом горіння твердого палива** у просторі топки. Вона повинна враховувати багато факторів і відповідно реагувати на зміну багатьох параметрів. У даному проекті достатньо врахувати основні із них (додаток В):

- ДПр – датчик величини тяги зовнішнього повітря на вході до топки;
- БКВП1 – блок керування вентилятором подачі повітря у простір топки;
- БКВП2 – блок керування вентилятором подачі повітря у простір додаткового теплообмінника;
- БКГ – блок керування гідростанцією струшування колосникової решітки;
- БКШП1 – блок керування шнековим механізмом подачі палива в топку;
- БКШЗ – блок керування шнеком видалення золи з топки;
- ПЛК – промисловий логічний контролер.

					КБР.АКІТ.20050045.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

Відмітимо, що модулі БКВП1 та БКВП2 повинні забезпечувати регулювання швидкості обертання вентилятора. Керування всіма датчиками та електроприводами даної підсистеми здійснюється ПЛК за тими ж принципами, які описані для попередніх підсистем.

Важливою для забезпечення високих економічних показників генерації теплової енергії котельнею є **підсистема керування процесом видалення продуктів згоряння** палива з топки. Вона теж містить кілька датчиків та комплексних керуючих блоків (додаток Г):

- ДТД – датчик температури продуктів згоряння у просторі мультициклону;
- ДСО – датчик концентрації окислу вуглецю у просторі мультициклону;
- ДКЗ – датчик концентрації зольних частинок на виході з мультициклону;
- БКВРД – блок керування вентилятором рециркуляції димових газів простору теплообмінника;
- БКВД – блок керування вентилятором димососу;
- ПК – промисловий контролер.

Взаємодія даної підсистеми керування із ЦБСК є аналогічна до розробленої для попередніх описаних підсистем.

На завершення розглянемо **підсистему керування процесом подачі твердого палива в топку котельні**. Вона буде містити кілька основних компонентів (додаток Д):

- ДРП – датчик рівня палива у витратному бункері;
- БКШП2 – блок керування шнековим механізмом подачі палива у витратний бункер;
- БКШД – блок керування електроприводом шлюза-дозатора;
- ПК – промисловий контролер.

Всі інші модулі даної підсистеми керування аналогічні розглянутим раніше.

Важливою частиною системи керування є модулі **інформування оператора про процеси функціонування котельні та сигналізації про виникаючі нештатні або аварійні ситуації**. Дана підсистема міститиме такі базові модулі (додаток Е):

					КБР.АКІТ.20050045.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

- ПК – промисловий контролер;
- ПО – блок загального пульта оператора, на який виводиться вся інформація від датчиків та блоків керування приводами котельні;
- БДЗ – блок дистанційного зв'язку з оператором, який передає найбільш важливу інформацію про текучу роботу котельні на мобільний пристрій оператора або іншої відповідальної особи;
- БАС – блок аварійної сигналізації, робота якого ув'язана через ПК з ПО та з БДЗ.

Крім вже розглянутих у даній технічній пропозиції пропонується до системи керування ввести також базовий організаційний модуль (БОМ). Він міститиме елементи керування доступом персоналу до котельні, елементи контролю зовнішніх параметрів котельні (температура зовнішнього середовища, наявність електричного живлення на вході котельні та його параметри, загальна текуча споживана потужність електричної енергії в котельні, рівень запасу твердого палива в основному бункері тощо). Наявність такого блоку суттєво підвищує рівень надійності функціонування автономної автоматичної котельні та покращує її економічні показники).

Окремим елементом системи керування є невеликий блок живлення (БЖ) всіх датчиків, які входять у структурну схему.

На основі розроблених окремих підсистем спроектовано загальну функціональну схему системи керування автоматичною автономною котельнею середньої потужності, яка наведена в додатку А бакалаврської роботи.

					КБР.АКІТ.20050045.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

5 ВИБІР ОСНОВНИХ КОМПОНЕНТІВ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ АВТОНОМНОЇ КОТЕЛЬНОЇ

5.1 Блоки керування електроприводом на основі асинхронних двигунів

Система керування автоматичною котельнею за розробленою пропозицією має керувати роботою електричними двигунами приводів біля десяти різних механізмів: шнеків, вентиляторів, димососів. У розглянутій моделі котельні для автоматизації всі електричні двигуни відносяться до асинхронних електричних машин змінного струму. Найбільш ефективними методами керування такими двигунами є методи частотного перетворення, які дозволяють легко змінювати різні параметри та режими роботи двигунів.

На сьогодні розроблено та серійно випускаються багато готових модулів частотних перетворювачів для ефективного керування приводами на основі асинхронних електричних двигунів як у промисловості, так і в комунальному господарстві. Тому доцільно використати один із приладів сучасної універсальної лінійки таких пристроїв, наприклад, перетворювач частоти векторний моделі ПЧВ204-11К-В (рисунок 5.1).

Рисунок 5.1 – Зовнішній вигляд модуля ПЧВ204-11К-В [6]

Вибраний прилад має широкий спектр функцій для простого вирішення базових завдань частотного керування двигунами. Серед основних його функціональних можливостей відмітимо:

- реалізація плавного пуску та плавної зупинки двигуна, у тому числі і в умовах наявності робочого навантаження на валу двигуна;
- реалізація оптимальної S-подібної характеристики прискорення;
- можливість керування величиною балансування навантаження та параметром ковзання двигуна;

					КБР.АКІТ.20050045.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

- легкий для програмування вольт-частотний або загальний векторний алгоритми керування ротором;
- наявність вбудованої системи автоматичної оптимізації енергоспоживання при різних режимах навантаження;
- доступ програміста до функціональної та апаратної внутрішньої діагностики перетворювача;
- ефективна система захисту електронних ланцюгів приладу;
- вбудовані фільтри захисту від завад мережі змінного струму.

Особливістю перетворювачів є наявність у його структурі власного вбудованого промислового логічного контролера (ПЛК) із багатьма функціями для вирішення завдань керування складними приводами. Зокрема, він має готовий модуль ПІ-регулятора для керування параметрами процесів у замкнутому контурі, наприклад, підтримання певного тиску, фіксація температурного режиму, слідкування за рівнем тощо. Для нашої системи керування важливим є можливість роботи вбудованого ПЛК із зовнішніми енкодерами, що забезпечує легку підтримку малих частот обертання валу асинхронного двигуна з великою точністю. Цінною для керування приводами котельні є й можливість забезпечення через ПЛК динамічного гальмування.

Крім того, на рис. 5.2 наведемо принципову електричну схему перетворювача ПЧВ204-11К-В з колами його зовнішньої комутації.

Рисунок 5.2 – Принципова електрична схема модуля ПЧВ204-11К-В [6]

У цілому, вибраний перетворювач ПЧВ204-11К-В дозволяє створювати гнучкі структура керування різними електроприводами. При цьому є можливість одночасного застосування двох методів контролю вхідних інформаційних параметрів до ПЛК: за реальними фізичними входами прямо від різних датчиків та за допомогою інформаційної шини стандартного промислового інтерфейсу RS-485. Також наявні у контролері апаратні та програмні засоби налаштування

					КБР.АКІТ.20050045.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

діалогу ПЛК з оператором з використанням стандартної локальної інформаційної панелі у вигляді дисплея комп'ютера. Все це забезпечує зручну і швидку інтеграцію такого перетворювача в запропоновану систему керування автономною котельнею.

Закінчуючи загальний огляд перетворювача ПЧВ204-11К-В наведемо його основні експлуатаційні параметри:

- комутація силовою однофазною лінією 220 В з потужністю до 2,5 кВт;
- комутація силовою трифазною лінією 380 В з потужністю до 22 кВт;
- верхня межа частоти вихідного змінного струму – 400 Гц;
- діапазон кратності регулювання швидкості обертання – 1:1000;
- відносна похибка підтримки швидкості обертання – 0,1%;
- відносна похибка підтримання крутного механічного моменту – 0,5%;
- вартість – біля 30 тис.грн.

5.2 Локальна панель оператора

Локальні відеотермінали та панелі оператора у системах керування призначені для зручного налаштування, введення та зміни програм керування котельнею, для відображення параметрів стану та функціонування всіх елементів котельні, для здійснення операцій оперативного керування як на місці, так і дистанційно.

Хорошими функціональними параметрами володіє сучасна лінійна сенсорна панель оператора вітчизняного виробництва СП307-Р, зовнішній вигляд якої та принцип зовнішньої комутації наведено на рис. 5.3. Крім завдань оперативного керування вона дозволяє також ведення відповідної бази даних з операціями архівування подій. На рис. 5.4 наведена загальна схема введення даної панелі до системи керування котельнею.

Налаштування роботи панелі здійснюється у спеціальному програмному середовищі «Конфігуратор СП300». При цьому реалізуються кілька

					КБР.АКІТ.20050045.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

функціональних можливостей введення панелі в систему керування. Розглянемо основні із них.

1. Завантаження програми через USB кабель із персонального комп'ютера. У такому разі для початку роботи з панеллю достатньо завантажити з комп'ютера згадану програму «Конфігуратор СП300». Дана програма містить готовий вбудований драйвер підтримки такої панелі.

Рисунок 5.3 – Схема конфігурування локальних панелей СП307-Р [7]

2. При відсутності в конфігурації системи керування котельнею комп'ютера, завантажити програму роботи панелі можна провести із flash накопичувача. Однак така можливість реалізується лише в розширених версіях програми «Конфігуратор» – наприклад, версії СП307-Р та СП310-Р.

3. Архівування на USB flash накопичувач. Процес архівування здійснюється у форматі CSV. У якості інтерфейсу зв'язку оператора з базою даних архіватора використано загально відомі формати таблиць MS Excel або Google-таблиці. При роботі в такому форматі зберігаються можливості подавати дані у вигляді таблиць або у вигляді графіків. Архів можна записувати на flash накопичувач та зчитувати з нього.

4. Можливість створення власних невеликих програм (скриптів) на мові, яка подібна до СІ+, значно розширює функціональні можливості оператора щодо модифікації інформаційного інтерфейсу локальної панелі. За своєю організацією скрипти використовуються у вигляді допоміжних логічних блоків до основних елементів візуалізації інформації на дисплеї панелі. Скрипти не можуть бути використані для написання додаткових блоків програми керування технологічним процесом у котельні. Такі програмні блоки можуть створюватися лише за допомогою спеціальних панельних контролерів.

					КБР.АКІТ.20050045.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

5. Вивід інформації на дисплей панелі можливий і у графічному вигляді – побудова кривих по ХУ координатах. Графічно можна представляти динаміку змін одного або кількох параметрів технологічно процесу, історію таких змін протягом кількох місяців, відображення параметра в режимі реального часу.

6. Локальна панель може бути зконфігурована на збереження і архівування лише окремих вибраних інформаційних потоків від системи керування для більш економічного використання постійної пам'яті.

7. Система інформаційної локальної панелі наповнена великим набором стандартних таблиць представлення даних про роботу всієї котельні. Прикладом можуть бути: таблиця історії подій, таблиця аварійних станів, таблиця дій оператора, таблиця подій, оброблених системою керування та інше.

8. Програма керування панеллю дозволяє завантажити різні зовнішні зображення у форматі jpg. Такі зображення використовуються для різних цілей, наприклад, як зображення кнопок керування.

9. Важливим елементом роботи з панеллю є налаштування рівнів доступу до самої котельні та до системи керування котельнею. При цьому у системі закладено 12 рівнів обмеження прав доступу до операторського інтерфейсу панелі. При цьому для кожного із визначених рівнів встановлюється свій логін та пароль.

5.3 Модулі регулювання температури

Контроль та регулювання теплових режимів роботи обладнання котельні і температури носія в різних точках системи пропонуємо здійснювати готовими електронними двоканальними модулями типу 2TRM1. Вони призначені для надійного вимірювання, неперервної реєстрації та регулювання температури теплоносіїв і різних середовищ. Широке використання дані модулі набули в

					КБР.АКІТ.20050045.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

холодильній техніці, сушильних шафах, печах різного прикладного призначення та іншому сучасному технологічному обладнанні. Крім температури модулі можна пристосувати і для вимірювання інших фізичних технологічних параметрів – вага, тиск, вологість тощо. Особливістю вибраного нами модуля 2ТРМ1 є також високий клас точності на рівні 0,25. Крім того, даний регулятор серійно випускається у п'яти типах корпусів різного виконання: настінному (тип Н), з монтажем на DIN-рейку (тип Д) та щитові (типи Щ1, Щ11 та Щ2). Це дозволяє застосовувати модулі в різних монтажних конфігураціях.

Зовнішній вигляд модулів 2ТРМ1 наведено на рис.5.5., а функціональна схема – на рис.5.6.

Рисунок 5.5 – Зовнішній вигляд регуляторів 2ТРМ1 [8]

Рисунок 5.6 – Функціональна схема регуляторів 2ТРМ1 [8]

Двоканальні модулі 2ТРМ1 мають широкий набір елементів і функцій:

- два універсальні входи для приєднання широкого спектру різних датчиків температури, тиску, вологості, витрат, рівня та інше (зокрема, це термодатчики опору типу ТОМ або ТОП, термопари типів термопар ТХК, ТХА, ТНН, ТЗК, ТПП, ТВР, ТПР або ТМК, активні датчики з уніфікованим сигналом струму або напруги);
- два незалежні канали регулювання або неперервної реєстрації вхідних величин;
- забезпечують двопозиційне регулювання на основі стандартних аналогових сигналів;
- проста реєстрація на струмовому виході в діапазоні від 4 мА до 20 мА;
- цифрова фільтрація та корекція вхідного сигналу;
- масштабування шкали для аналогового входу;

					КБР.АКІТ.20050045.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

- обчислення та індикація параметрів, необхідних для регулювання миттєвих значень витрат рідин або газів (зокрема, це обчислення квадратного кореня із значення вхідного сигналу датчиків з квадратичною вихідною характеристикою);

- наявність двох логічних пристроїв, для кожного із яких оператор має можливість запрограмувати вхідну вимірювану величину із одного або другого входу:

- обчислення різниці вимірюваних величин у двох каналах та її індикація (величина різниці за вибором оператора може надходити на один із двох логічних пристроїв);

- режим двопозиційного регулятора у функції компаратора, пристрою порівняння, аналогового П-регулятора або реєстратора;

- вбудоване джерело живлення стандартного змінного струму напругою від 90 В до 245 В;

- вбудоване джерело живлення постійного струму з напругою від 20 В до 375 В;

- вбудоване джерело живлення стабільною напругою 24 В (для активних датчиків, вихідних ЦАП тощо)

- приєднання різних типів вихідних пристроїв – електромагнітні реле, транзисторні або симісторні оптопар, ЦАП з виходом по струму (4...20 мА), ЦАП з виходом по напрузі (0...10 В), твердотільне реле на транзисторах;

- можливість оперативного програмування механічними кнопками, розміщеними на лицевій панелі;

- функція збереження налаштувань та програми при вимиканні зовнішнього живлення;

- захист програми та налаштувань від несанкціонованих змін.

Наведемо основні експлуатаційні параметри та характеристики модуля 2ТРМ1 у таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Основні характеристики регулятора 2ТРМ1 [9]

					КБР.АКІТ.20050045.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

Параметр або характеристика, од. вимір.	Величина параметра
Наробіток на відмову, годин	100 000
Відносна похибка вимірювань, %	Менше 0,15
Міжповірочний метрологічний інтервал, роки	3
Гарантійний термін обслуговування, роки	5
Допустимий діапазон робочих температур, °С	від -20 до +50

Зазначимо, що режим роботи кожного логічного пристрою регулятора 2ТРМ1 визначається типом підключеного до нього вихідного пристрою. Зокрема, робота логічного пристрою у режимі компаратора вимагає вихідного пристрою дискретного типу (реле, транзисторний ключ, оптосимістор та інше). Для роботи ж у режимах П-регулятора або внутрішнього реєстратора потрібно задіювати у якості вихідного пристрою цифро-аналоговий перетворювач зі стандартним вихідним сигналом. При цьому у терморегуляторі 2ТРМ1 встановлюються два незалежні вихідних елементи, кожен із яких чітко закріплений за своїм логічним пристроєм.

5.4 Програмовані інтелектуальні реле

Для розв'язання різних задач керування обладнанням котелень досить ефективним є використання сучасних інтелектуальних модулів у вигляді програмованих реле. Вони дозволяють суттєво спростити автоматизацію технологічних процесів водоочищення, підігріву води, керування невеликими локальним насосними групами та інших.

Серед широкої номенклатури таких приладів можна рекомендувати надійний та простий у програмуванні й експлуатуванні модуль ПР200, зовнішній вигляд якого наведено на рис.5.7.

					КБР.АКІТ.20050045.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

Рисунок 5.7 – Зовнішній вигляд модуля ПР200 з функціональними елементами [10]

Всі операції з налаштування та експлуатації модуля ПР200 виконуються за допомогою простого та інтуїтивно зрозумілого логічного середовища програмування OWENLogic. Для цього оператором просто створюється алгоритм функціонування інтелектуального реле на рівні окремих функціональних блоків із застосуванням правил релейної логіки. Створена програма записується до пам'яті пристрою за стандартною технологією через інтерфейсні стандартні USB-порти.

Розширює функціональні можливості реле ПР200 здатність його працювати із пристроями за промисловим інтерфейсним стандартом ПР-ИП485.

Живлення реле може здійснюватися або від мережі змінного струму 220 В, або від джерела живлення постійною напругою 24 В.

Аналогові входи програмованого реле можуть приймати аналогові сигнали у вигляді змін струму (від 4 мВ до 20 мА), змін напруги (від 0 В до 10 В) або змін опору (від 0 кОм до 4 кОм). Доступні для обробки також дискретні цифрові та імпульсні вхідні сигнали. При цьому режим роботи вхідного кола реле встановлюється перемиканням відповідного джампера, який встановлений на платі пристрою.

Суттєво полегшує використання даного реле у складі систем керування наявність енергонезалежного годинника реального часу із терміном служби до 10 років. Структурну схему організації реле та його сигнальні лінії наведено на рис. 5.8.

Рисунок 5.8 – Загальна структурна схема організації реле ПР200 та його сигнальні канали [10]

Реле ПР200 має зручний інформаційний інтерфейс для оператора у вигляді символного індикатора із двох рядків тексту по 16 символів у кожному рядку.

					КБР.АКІТ.20050045.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

При цьому екран не обмежує виведення тільки двох рядків видимої інформації. Текст можна гортати, переміщуючи його вгору чи вниз. Особливо слід відмітити підтримку як кирилиці так і латиниці при роботі з текстовою інформацією в меню дисплею.

За допомогою екрану дисплею оператор може при необхідності змінювати та коригувати параметри системи керування у внутрішній програмі користувача через спеціальну опцію меню. Зокрема, тут є можливість змінити тип під'єднаного датчика, провести масштабування шкалу вимірювань, налаштувати яскравість підсвічування екрану, змінити налаштування портів тощо.

5.5 Промислові датчики тиску

Для систем керування котельнями бажано скористатися промисловими стандартними датчика. Відносно контролю тиску теплоносія у системі тепlopостачання хорошими експлуатаційними властивостями володіють прилади ПД100-ДІ моделей 111, 171, 181 та вище. Вони призначені для неперервного вимірювання надлишкового тиску рідких або газоподібних середовищ. Останні повинні бути хімічно неагресивними по відношенню до матеріалів сенсора датчика. Результати вимірювань тиску датчик передає на свій вихід у формі уніфікованого сигналу-струму силою від 4 мА до 20 мА.

Сенсор датчиків ПД100-ДИ являє собою тонку вимірювальну мембрану із нержавіючої сталі і забезпечує високу точність вимірювань надлишкового тиску. Генеруючим вихідний сигнал елементом датчика є напівпровідниковий інтегральний тензорезистивний міст, виготовлений на монокристалі кремнію методом дифузії.

За своїми метрологічними параметрами датчики ПД100-ДІ можуть успішно використовуватися в системах автоматичного керування та регулювання технологічних процесів у пневмо- та гідросистемах холодного і гарячого водопостачання, тепlopостачання, водоканалів, теплових пунктів, об'єктів газового господарства тощо.

					КБР.АКІТ.20050045.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

Важливим є те, що вибрані моделі датчиків тиску стійкі до гідроударів і мають підвищену механічну міцність. Основні експлуатаційні параметри таких датчиків наведені в табл. 5.2.

Таблиця 5.2 – Основні характеристики датчиків тиску ПД100-ДІ [11]

Параметр або характеристика, од. вимір.	Величина параметра
Діапазон вимірювальних тисків, кПа	Від 2 до 100
Відносна похибка вимірювань, %	Менше 1,5
Перенавантажувальна здатність, %	200
Ступінь електричного захисту	Рівень IP65
Завадостійкість за стандартом МЭК 61326-1-2014	Клас А
Зовнішній вигляд	

5.6 Датчики температури

У системі керування котельнею контролю підлягають дві основні температурні зони:

- простір топки, де проходять всі процеси згоряння палива;
- система постачання споживачам теплової енергії теплоносієм.

Ці дві зони суттєво відрізняються за фізико-хімічними параметрами оточуючого середовища.

Перша зона простору топки є високотемпературною. Тому логічно для контролю технологічних процесів у цій зоні застосувати високотемпературні датчики температури.

Оптимальними приладами для простору топки є високотемпературні термопари на основі КТМС. Із ряду моделей таких термопар виберемо тип (N), у яких у якості електродів використовують пару металічних сплавів ніхросил-нісил. Такі прилади мають високу стабільність параметрів та необхідний для нашого використання діапазон вимірюваних температур від $-40 \square$ до $+1250 \square$. Це

					КБР.АКІТ.20050045.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

дозволяє використовувати їх взамін дорогих високотемпературних платинових термопар.

Для системи керування котельнею виберемо промислові термопарні датчики КТМС, які мають розбірну конструкцію. При цьому термопарний сенсор вміщується в чохол із високотемпературної сталі ХН45Ю або із корунду CER795. Завдяки високій стійкості до впливу високих температур ці датчики одержали широке застосування навіть у сучасній металургійній промисловості, у печах для випалювання цегли та виробів із кераміки, для вимірюванні температури димових газів тощо. Зовнішній вигляд таких датчиків наведено на рис.5.9.

Рисунок 5.9 – Зовнішній вигляд термопарних датчиків температури КТМС [12]

Для системи керування магістралями постачання теплоносія споживачам більш сприятливими є промислові датчики термоопору з комутаційними головками. Вони ідеально підходять для наших температурних вимірювань водяного теплоносія, який неагресивний до захисної арматури та матеріалу сенсора таких датчиків.

Враховуючи діапазон вимірюваних температур із верхньою межею біля $100\text{ }^{\circ}\text{C}$, можна рекомендувати прилади із сенсором на основі мідного провідника. Зокрема, це датчики РТ100, які перекривають діапазон вимірювань температури із верхньою межею $180\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Під'єднання до вимірювальної лінії таких датчиків виконується мідним кабелем. У такому разі номінальні статичні характеристики датчиків за умовами ДСТУ 2828:2015 будуть відповідати параметрам $W_{100} = 1,391$, $\alpha = 0,00391\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$.

Полегшує введення до систем керування датчиків термоопору типу РТ100 можливість їх під'єднання за двох-, трьох- та чотирьохдротовою схемами.

Стійкість до зовнішніх механічних впливів такі датчиків, відповідно з ДСТУ 12997, відповідає групі N2.

					КБР.АКІТ.20050045.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

Ймовірність безвідмовної роботи датчиків термоопору РТ100 із сенсорами на основі мідних провідників у всьому діапазоні вимірювальних температур складає не менше 0,95, що відповідає 15 000 годин напрацювання на відмову.

У разі застосування датчиків термоопору з алюмінієвими комутаційними головками, їх температура не повинна перевищувати 200 °С.

5.7 Живлення системи керування

У запропоновану систему керування котельнею входять різні модулі, які вимагають для своєї роботи відповідного живлення електричною енергією. Для забезпечення енергопостачання елементам керування та контролю доцільно використати спеціальні модулі живлення промислової автоматики.

Зокрема, хороші експлуатаційні властивості показують модулі БП60. Вони призначені для живлення широкого спектру сучасних електронних пристроїв стабілізованою напругою постійного струму.

Наведемо основні параметри та особливості роботи вибраних модулів живлення в табл. 5.3.

Запропоновані модулі БП60 володіють також рядом додаткових позитивних якостей:

- легкий міцний пластиковий корпус;
- стабільна робота з навантаженнями з великими вхідними ємностями (наприклад, панелі оператора, модеми тощо);
- захист від імпульсних завад на вході;
- захист від короткого замикання та перегрівання;
- індикація про наявність напруги на виході каналів різних ЕРС.

Таблиця 5.3 – Експлуатаційні параметри блоків живлення промислової автоматики БП60 [14]

Параметр або характеристика, од. вимір.	Величина параметра
Номінальна вихідна потужність, Вт	60

					КБР.АКІТ.20050045.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

Номинали ЕРС на виходах, В	5, 9, 12, 15, 24, 36, 48, 60
Тип кріплення	DIN-рейка
Захист від перенавантаження	Тип «відсічка»
Завадостійкість за стандартом МЕК 61326-1-2014	Клас А
Зовнішній вигляд	

Використання рекомендованого блоку живлення дозволяє створювати надійні системи керування різного рівня складності.

5.8 Промисловий логічний контролер

Центральним приладом системи керування виберемо сучасний потужний промисловий контролер. Основним принципом дії такого контролера є циклічна робота. Під час кожного циклу контролер виконує відповідно з чергою окремі команди в такій послідовності, у якій вони записані у програмі. На початку кожного циклу програма зчитує «картину» стану всіх входів контролера та записує ці дані до спеціальної таблиці стану входів процесу. Після цього виконуються всі команди щодо визначення виходів, актуальних для текучого моменту часу ситуацій реагування. У результаті контролер вписує необхідні стани виходів до пам'яті у вигляді відповідної таблиці. За даними таблиці станів виходів операційна система контролера виставляє необхідні сигнали на ті виходи, котрі управляють відповідними зовнішніми виконавчими механізмами.

Таким чином, у контролері всі інформаційні комбінації з датчиків подаються в його вхідний модуль, а програма відслідковує загальну картину цього модуля і реагує зміною відповідних станів виходів контролера за логікою закладеного і нього алгоритму.

Вибір конкретного промислового контролера для системи керування автоматичною котельнею виходить за рамки даної кваліфікаційної роботи. Це задача швидше економічна та організаційна, а не технічна. Тому лише відмітимо,

					КБР.АКІТ.20050045.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

що будь-який сучасний промисловий контролер буде мати необхідну кількість входів і виходів, які вимагаються розробленою концепцією системи керування.

Для прикладу, у таблиці 5.4 наведено основні експлуатаційні параметри контролера фірми

6 РОЗРОБКА МОНТАЖНОЇ СХЕМИ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ КОТЕЛЬНЕЮ

АКІТ 2024

АКІТ

					КБР.АКІТ.20050045.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

ВИСНОВКИ

У результаті виконання бакалаврської роботи:

1. Проведено короткий аналіз особливостей і перспектив та проблем автоматизації автономних котелень на твердому паливі. У результаті аналізу визначено основні задачі, які слід розв'язати у процесі виконання кваліфікаційної бакалаврської роботи.

2. Розглянута загальна структура автономного модуля котельні середньої потужності на твердому паливі, визначені її основні блоки та технологічні процеси, які підлягають автоматизації.

3. Виділені базові підсистеми модуля автономної котельні та розроблені структурні схеми їх автоматизації:

- підсистема постачання теплової енергії споживачам;
- підсистема керування процесом отримання теплової енергії теплоносієм у просторі топки;
- підсистема керування процесом горіння твердого палива;
- підсистема керування процесом видалення продуктів згоряння;
- підсистема інформування оператора про процеси функціонування котельні та сигналізації про виникаючі нештатні або аварійні ситуації.

4. Згідно з розробленою концепцією автоматизації модульних автономних котелень на твердому паливі проведено вибір сучасних компонентів всієї системи на основі стандартних промислових модулів:

- промисловий логічний контролер;
- частотний блок керування електроприводом на основі асинхронних двигунів;
- локальна панель оператора;
- модулі регулювання тиску та температури;
- програмовані інтелектуальні реле;
- промислові датчики тиску та температури;
- модуль живлення систем промислової автоматики.

5. Спроектована монтажна схема проведення автоматизації модуля автономної котельні середньої потужності.

					КБР.АКІТ.20050045.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Кисельов Н.А. Котельні установки. – К.: Вища школа, 2015. – 280 с.
2. Каминский В. М. Монтаж систем автоматизації котельних. – К.: Енергія, 2017. – 256 с.
3. Види, типи та марки водогрійних котлів. Електронний ресурс – режим доступу: <https://energyservice.com.ua/article/texts-vidy-tipy-i-marki-vodogrejnykh-kotlov.html/>.
4. Модульні котельні. Електронний ресурс – режим доступу: https://kzot.net/ua/modkotel/?gad_source=1&gclid=cjwkcajw9ccybhbzeiwajtuwnwyxfihqymrya5beqftvkqoon7sdyuetss6547yuzcsz3pnu4fcrocfr4qavd_bwe.
5. Модульні котельні та твердому паливі. Електронний ресурс – режим доступу: https://termoplus.com.ua/category/modulnyye-kotelnyye/?gad_source=1&gclid=п.
6. Перетворювач частоти ОВЕН ПЧВ204-11квт. Електронний ресурс – режим доступу: <https://svaltera-nikolaev.uaprom.net/ua/p1103072677-preobrazovatel-chastoty-chastotnik.htm>.
7. Панели оператора СП-307Р. Інструкція з експлуатації. Електронний ресурс – режим доступу: https://e-unit.com.ua/sites/default/files/re_oven_sp3xx_ukr_740.pdf.
8. Інструкція з експлуатації модулів 2ТРМ1. Електронний ресурс – режим доступу: https://aqteck.com.ua/uploads/109/re_2trm1_2-ru-21927-2.3.pdf.
9. Програмування систем із використанням модулів 2ТРМ1. Електронний ресурс – режим доступу <https://altera-ola.uaprom.net/ua/p1103072677-programator-chastoty-chastotnik.htm/>
10. Програмоване реле ПР200: Інструкція користувача. Електронний ресурс – режим доступу: https://aqteck.com.ua/uploads/85/rp_oven_pr200_ukr_44.pdf.
11. Перетворювач тиску вимірювальний ПД100. Електронний ресурс – режим доступу: https://e-unit.com.ua/sites/default/files/re_pd100_1499_1.pdf.

					КБР.АКІТ.20050045.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

12. Перетворювачі термоелектричні на основі КТМС. Електронний ресурс – режим доступу: https://aqteck.com.ua/uploads/68/re_dtp_ktms_ukr_565.pdf.

13. Датчик температури РТ100. Паспорт. Електронний ресурс – режим доступу: <https://novatek-electro.com/docs/Sensor.temp./PT100.pdf>.

14. Одноканальні блоки живлення БП. Електронний ресурс – режим доступу: <https://termokip.com.ua/uploads/bloki%20pitaniya/bp04b/bp04-15-30-601.pdf>.

АКІТ 2024

АКІТ

					КБР.АКІТ.20050045.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47