



ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»
Факультет автоматизації виробництва та цифрових технологій
Кафедра автоматизації, електро- та робототехнічних систем

«Допущено до захисту»
Гарант ОПП

Олексій КОЙФМАН

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня магістра

за підсумками виконання
освітньо-професійної програми
«Інтелектуальні системи управління
в гірничо-металургійному виробництві»
за спеціальністю 151 Автоматизація
і комп'ютерно-інтегровані технології

на тему «Система автоматизації тепlopункту обігріву приміщень
заводоуправління та прилеглих споруд»

Керівник роботи

Олексій КОЙФМАН

Консультант від бази
практики

Олександр ДАНИЛЕЙЧЕНКО

*Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень.
Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають
посилання на відповідне джерело*

Здобувач

Сергій ОХРИМЕНКО

Підсумкова оцінка за атестацію			
--------------------------------	--	--	--

Голова ЕК

Андрій ЛЕОНОВ

Кам'янське 2024

ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»

Факультет	<u>автоматизації виробництва та цифрових технологій</u>
Кафедра	<u>автоматизації, електро- та робототехнічних систем</u>
Ступінь вищої освіти	<u>магістр</u>
Спеціальність	<u>151 Автоматизація і комп'ютерно-інтегровані технології</u>
ОПП	<u>Інтелектуальні системи управління в гірничо-металургійному виробництві</u>

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант ОПП

Олексій КОЙФМАН

«24» листопада 2023 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА**

Охріменко Сергію Сергійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові здобувача)

1. Тема роботи Система автоматизації тепlopункту обігріву приміщень заводууправління та прилеглих споруд

керівник роботи Койфман Олексій Олександрович, доцент, канд. техн. наук
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затвержені наказом Університету від 29.08. 2023 р. №137.1/29.08.2023

2. Термін подання роботи 10.01.2024 р.

3. Вихідні дані до роботи Навчальна література, державні стандарти з автоматизації, методична література з спеціальних дисциплін та дипломування, науково-дослідницькі роботи з тематики автоматичного регулювання та управління, літературні джерела, технологічні інструкції, , результати власних експериментів та досліджень тощо

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань) Анотація. Зміст. Вступ (актуальність теми; наукова новизна та практичне значення; об'єкт, предмет та методи дослідження, апробація роботи). 1. Аналіз предметної області (літературний огляд, недоліки існуючих систем, сучасні тенденції). 2. Постановка задач автоматизації та обґрунтування запропонованої структури комп'ютерної системи управління (Основні задачі АСУТП, концепція роботи системи, обґрунтування та вибір технічних рішень). 3. Реалізація запропонованої системи (3.1. Вибір та обґрунтування технічних засобів автоматизації, 3.2.Проектування САР тиску теплоносію у робочому контурі опалення, 3.3. Математичне, алгоритмічне та програмне забезпечення окремих задач системи). 4. Економічне обґрунтування запропонованої системи. Висновки. Перелік використаних джерел. Додаток: Опис технологічного процесу.

5. Перелік графічного (демонстраційного) матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): Схема подачі пару та води. Схема функціональна автоматизації. Схема взаємозв'язку функціональних завдань. Результати моделювання та дослідження. Таблиця ТЗА

6. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів роботи, що стосуються їх.

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта

7. Дата видачі завдання 24.11.2023

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи
1	Розділ 1. Аналіз предметної області	25.12.2023 – 28.12.2023
2	Розділ 2. Постановка задач автоматизації та обґрунтування запропонованої структури комп'ютерної системи управління	25.12.2023 – 28.12.2023
3	Розділ 3. Реалізація запропонованої системи автоматизації	28.12.2023 – 02.01.2024
4	Розділ 4. Економічне обґрунтування запропонованої системи автоматизації	03.01.2024 – 07.01.2024
5	Висновки, перелік посилань, вступ, зміст, реферат	07.01.2024 – 08.01.2024
6	Подання завершеної роботи. Перевірка на академічний плагіат	08.01.2024 – 10.01.2024
7	Остаточне оформлення роботи, презентаційного матеріалу, автореферату	10.01.2024 – 16.01.2024
8	Рецензування завершеної роботи. Захист	16.01.2024 – 24.01.2024

Здобувач

Сергій ОХРИМЕНКО

Керівник роботи

Олексій КОЙФМАН



АНОТАЦІЯ

Охріменко Сергій Сергійович. Система автоматизації теплопункту обігріву приміщень заводу управління та прилеглих споруд. - Кваліфікаційна праця на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра за спеціальністю 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології». ОПП «Інтелектуальні системи управління у гірничометалургійному виробництві» – ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА», Кам'янське, 2024.

Об'єктом дослідження є система управління теплопунктом обігріву приміщень заводу управління та прилеглих споруд одного з коксохімічних підприємств України, основне обладнання (теплообмінний модуль АНКОР С-НО177).

Предметом дослідження є автоматизація теплопункту обігріву приміщень заводу управління та прилеглих споруд одного з коксохімічних підприємств.

У першому розділі проаналізована предметна область теплопункту обігріву та загалом теплових систем. Надана загальна характеристика технологічного процесу та наявної системи автоматизації. Приведено аналіз рішень на аналогічних об'єктах. В результаті визначена необхідність модернізації наявної системи та сформульована невирішена частина проблеми, яку планується досліджувати та вирішувати в рамках кваліфікаційної роботи.

У другому розділі проведено аналіз технологічного процесу як об'єкту автоматизації, визначено параметри об'єкту автоматизації, визначені задачі управління об'єктом, задачі автоматичного контролю та регулювання відповідних технологічних параметрів, обґрунтована запропонована структура системи автоматизації, визначено розподіл основних задач, які вирішуються на рівнях автоматизації, наведено



перелік основних функціональних задач та опис схеми їхнього взаємозв'язку.

У третьому розділі обґрунтовано вибір технічних засобів для всіх рівнів автоматизації; спроектовано САР; розроблено та підбрано апаратну частину, основне необхідне обладнання та датчики для забезпечення системи автоматизації.

Для досягнення цієї мети в проекті використовується нове обладнання та нові автоматизовані технічні засоби, що відповідають вимогам точності та економічності.

Крім того, для якісної роботи системи підбрані наступні параметри робочого механізму, що забезпечують задані показники якості роботи системи.

У пояснювальній записці наведено короткий опис технологічного процесу, технологічні вимоги до системи автоматичного контролю, обґрунтування вибору методів вимірювання, опис функціональної схеми, схеми функціональної структури та схеми комплексу технічних засобів.

У четвертому розділі відповідними розрахунками підтверджено економічну доцільність впровадження запропонованої системи автоматизації.

КЛЮЧОВІ СЛОВА:

ТЕПЛОПУНКТ, ТЕПЛООБМІННИЙ МОДУЛЬ, ТИСК, ТЕМПЕРАТУРА, ВИТРИТА, ОБ'ЄМ, ПЛОЩА, ТРУБОПРОВІД, ПАРА.



ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
АПРОБАЦІЯ РОБОТИ.....	8
1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ	9
1.1 ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД.....	9
1.2. ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБ'ЄКТА КЕРУВАННЯ.....	15
1.3 НЕДОЛІКИ ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ	28
1.4 СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ.....	29
2 ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ АВТОМАТИЗАЦІЇ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ЗАПРОПОНОВАНОЇ СТРУКТУРИ КОМП'ЮТЕРНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ	37
2.1 Основні задачі АСУТП.....	37
2.2 Концепція роботи системи автоматичного регулювання.	38
2.3 Обґрунтування та вибір технічних рішень.	43
3 РЕАЛІЗАЦІЯ ЗАПРОПОНОВАНОЇ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ...	47
3.1. ВИБІР ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ,	47
3.2.Проектування САР тиску теплоносію у робочому контурі опалення.....	49
3.3 Математичне, алгоритмічне та програмне забезпечення окремих задач системи	60
4 ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ЗАПРОПОНОВАНОЇ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ	65
ВИСНОВКИ	70
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	73



ВСТУП


Теплопункт обігріву приміщень одного з коксохімічних підприємств є важливою складовою системи опалення і забезпечує ефективний теплообмін між водою та паром. У даному проекті основним технологічним процесом є теплообмін а в якості основного агрегату виступає теплообмінний модуль С-НО177, що складається з двох теплообмінників. Робота теплопункту нерозривно пов'язана з наявністю обслуговуючого персоналу, який забезпечує його безперебійну роботу.

Об'єктом дослідження є система управління теплопунктом обігріву приміщень заводу управління та прилеглих споруд одного з коксохімічних підприємств України, основне обладнання (теплообмінний модуль АНКОР С-НО177).

Предметом дослідження є автоматизація теплопункту обігріву приміщень заводу управління та прилеглих споруд одного з коксохімічних підприємств України.

Актуальність теми дослідження полягає в низці факторів, які визначають важливість та потребу в проведенні дослідження з покращення систем опалення та їх автоматизації, зокрема в контексті теплопункту.

1. Постійне підвищення вартості енергоресурсів та ростучі екологічні проблеми роблять актуальним питання енергоефективності опалення. Ваше дослідження спрямоване на покращення ефективності опалювальної системи та зменшення витрат енергії.
2. Сучасні підприємства прагнуть до модернізації своєї інфраструктури для підвищення продуктивності та зменшення впливу на навколишнє середовище. Впровадження автоматизованої системи управління теплопунктом вписується в цей тренд.
3. Розвиток сучасних технологій та введення інтелектуальних рішень стають домінуючими тенденціями в промисловості. Система автоматичного регулювання теплопункту є частиною цього технологічного розвитку.
4. Зростання екологічних стандартів та вимог до зменшення викидів парникових газів створюють потребу в зелених технологіях та екологічно чистих системах опалення.
5. Використання технології для оптимізації використання енергії та зменшення витрат ресурсів стає стратегічно важливим завданням для підприємств.
6. Автоматизація дозволяє забезпечити стабільну та безпечну роботу теплопункту, що є ключовим аспектом для забезпечення комфортних умов в приміщеннях та запобігання аварій.
7. Впровадження автоматизованої системи управління повинно призвести до зменшення витрат на опалення та обслуговування системи, що робить його економічно доцільним.



Завдяки автоматизації можна звести до мінімуму участь персоналу у роботах, що значно полегшує та пришвидшує встановлення нових технологій.

Автоматизація та цифровізація теплового пункту дозволяє значно покращити його роботу та полегшити обслуговування.

Головною перевагою автоматизації теплового пункту є більш ефективне споживання теплової енергії.

Це, в свою чергу, призводить до її економії, оскільки ми використовуємо лише необхідну кількість, а тому економія теплової енергії призведе до економії коштів.

Актуальність дослідження підкреслює його важливість для вирішення сучасних викликів у сфері опалення та енергетики.

Новизна дослідження полягає в тому, що пропонується впровадження автоматизованої системи управління тепловим пунктом на основі програмованого логічного контролера Siemens S7-1200 з метою покращення ефективності опалювальної системи та оптимізації використання ресурсів.

Практичне значення у сфері опалення приміщень та управління тепловим пунктом полягає у покращенні ефективності опалювальної системи.

Впровадженні автоматизованої системи управління тепловим пунктом дозволить оптимізувати параметри опалення, забезпечуючи ефективніше використання енергії та зниження витрат.

Зручні інструменти надаються операторам для керування, моніторингу та аналізу параметрів теплового пункту, що спрощує процес управління та зменшує його трудомісткість.

Апробація роботи

Okhrimenko S.S., Koyfman O.O. The automation system of the heating unit of the plant management premises and adjacent buildings. International scientific conference “MININGMETALTECH 2023 – The mining and metals sector: integration of business, technology and education”: conference proceedings (November 29-30, 2023. Riga, the Republic of Latvia). Riga, Latvia: “Baltija Publishing”. 2023. Vol. 2. P.46-48.

DOI: <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-361-3-95>



1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ

1.1 Літературний огляд

Загальна площа обігріваної площі 10000 м² а важливою складовою системи опалення підприємства є два теплообмінні модулі які і забезпечують ефективний теплообмін між водою, яка знаходиться в контурі системи опалення, та паром, що поступає від ТЕЦ до тепlopункту, і виступає основним джерелом тепла. Теплообмінний модуль складається з двох теплообмінників, до яких надходить технологічна пара та вода з контуру опалення, та забезпечує високу теплову потужність до 1000 кВт і температурний режим 80 – 60 °С.

Тепловий пункт є найбільш складною і дорогою складовою теплової мережі.

Від надійності та якості роботи теплових електростанцій, а також дотримання режиму виробництва та споживання теплової енергії залежить забезпечення споживачів теплом та гарячою водою.

У системах централізованого тепlopостачання здійснюються такі технологічні процеси: виробництво і відпуск теплоносіїв, транспортування і використання теплоносіїв.

Сучасні технології та прагнення компанії до впровадження малих і великих автоматизованих систем спонукали фахівців до пошуку розумних рішень, а саме покращення якості опалення приміщень та більш ефективного використання ресурсів.


Тому мета – перевести тепlopункт у повністю автоматичний режим роботи.

Одним з ключових аспектів техноогічного процесу є система Автоматичного підтримання тиску води у робочому контурі опалення на бойлерній. Ця система включає два насоси - робочий та резервний, які підкачують конденсат з ємності збору конденсату. Насоси автоматично вмикаються, коли тиск води у зворотному контурі опалення падає нижче 0,9 кгс/см², а рівень води в системі менше 600 мм.

Існуюча система управління тепловим пунктом включає кілька манометрів і гідростатичних показників рівня, параметри яких наразі індивідуально встановлюються обслуговуючим персоналом в ручному режимі.

Отже, система автоматичного регулювання, тиску теплоносія в робочому контурі опалювального приладу, обрана в якості основного параметра та забезпечить стабільну роботу теплового пункту, циркуляцію води в теплоконтурі для опалення.

Обладнання якісного водообміну та водопостачання для опалення триповерхових будинків, що підвищує ефективність і безпеку експлуатації теплових пунктів.



Середовище у трубопроводі теплопункту - технічна вода з температурою від 60 до 90 °С та тиском від 0,9 кгс/см² до 2,3 кг.см². Витрата пару становить 12,5 м³/год. Для контролю та регулювання параметрів системи, необхідно встановити датчики тиску, датчики витрат та датчики рівня конденсату та води в системі. Також, важливо встановити проміжні реле для керування контактором насосу для автоматичного керування насосами.

Ця дипломна робота присвячена детальному аналізу, проектуванню та розробці системи автоматизації теплопункту обігріву приміщень підприємства. Зокрема, розглядаються питання встановлення датчиків тиску, витрат та рівня, сигналізації а також проміжних реле для забезпечення надійної та ефективної роботи системи.

Метою роботи є підвищення автоматизації, ефективності та безпеки роботи теплопункту підтримання та опалення 4 будівель а саме заводоуправління, санітарної частини, лазні № 1, будівлі клубу – загальна площа обігріву 10000 м².

Результати цієї роботи можуть бути корисними для подальшого вдосконалення систем опалення та автоматизації в інших промислових теплопунктах.

Тепловий пункт є найбільш складною і дорогою складовою теплової мережі.

Від надійності та якості роботи теплових установок залежить постачання теплової енергії та гарячої води споживачам, дотримання режиму виробництва та споживання теплової енергії.

У системах централізованого тепlopостачання здійснюються такі технологічні процеси: виробництво та відпуск теплоносіїв, транспортування та використання теплоносіїв.

Транспортування теплоносія відбувається по тепловій мережі, що з'єднує джерело тепла зі споживачем.

До теплової мережі належать теплопроводи та споруди на них - мережеві станції.


Система водяного опалення може бути закритою або відкритою.

У закритих системах оборотна вода в тепломережі використовується тільки як теплоносій, не забирається з мережі для споживання; У відкритих системах теплоносій (вода) розподіляється споживачам для задоволення потреб у гарячому водопостачанні.

Для постачання теплової енергії міста від джерел тепла цій групі споживачів використовуються, як правило, двотрубні теплові мережі.

Призначення теплової мережі - надійне та безперервне транспортування теплоносія з мінімальними втратами тепла та води.

Теплоносії використовуються в колекторах тепла споживачів: в системах опалення, вентиляції, гарячого водопостачання, кондиціювання повітря, в промислових установках, що споживають тепло.



Ефективне вирішення проблем багато в чому залежить від способів і схем підключення тепло споживаючих споруд до теплової мережі. Сукупність технічних пристроїв, що забезпечують виконання заданих способів і схем підключення, називається тепловим пунктом.

Щодо літературного огляду то індивідуальні теплові пункти (ІТП) - це набір пристроїв, розташованих в окремому приміщенні, призначеному для розподіл тепла, що надходить від нагрівальної мережі до системи опалення.

ІТП допомагає не лише розподілити тепло, але й враховувати витрати на споживання тепла та забезпечити заощадити енергетичні ресурси. Вони підтримують зручні умови в будівлі, економічне споживання енергії внаслідок автоматичного регулювання тепла на нагріванні та інших системах відповідно за допомогою заданого графіку та з урахуванням температури повітря зовні.

Індивідуальні теплові пункти включають:

1. Систему гарячої води, призначена для забезпечення будинку гарячою водою;
2. Систему холодної води, що забезпечує необхідний тиск у системі водопостачання житлових приміщень;
3. Систему опалення, яка підтримує в приміщенні дану температура повітря;
4. Вентиляційна система, яка забезпечує нагрівання повітря, введення в вентиляційні системи будівель.

Індивідуальні теплові пункти забезпечують:


1. Регулювання споживання теплової енергії в залежно від температури зовнішнього повітря в автоматичному режимі;
2. Автоматичне обслуговування обчисленої температури води в системі;
3. Контроль температури води зворотної мережі.

До переваг окремих теплових пунктів в даний час можна віднести, що в нашій країні, перехід до окремих теплових пунктів, які дозволяють нам забезпечувати регулювання та облік споживання тепла на кожному конкретному об'єкті. [1]

У нашій країні у великих містах тепла подача житлових та промислові споруд здійснюються через централізовані системи. Комбіноване теплове виробництво та електрична енергія залишається найбільш ефективним методом використання палива для опалення та водопостачання з гарячою водою з найнижчими наслідками для навколишнього середовища.

Концентроване теплове навантаження в окремих віддалених районах

Розробка будівництва котельної кімнати може бути виправданою, хоча в цих випадках його слід порівняти з будівництвом міні-ТЕЦ, використовуючи компактні газові турбіни або газові поршневі двигуни для одночасного виробництва теплової та електричної енергії.



Основні напрямки регуляції потоку теплової енергії та вдосконалення централізованих систем теплопродуктивності, які призводить до значної економії тепла, є:

Впровадження автоматичного контролю споживання тепла енергія як в центральних точках опалення, так і на вході в будівлі

Регулювання нагрівання (Fasseed Auto - регуляція та автоматичне регулювання з виправленням внутрішньої температури повітря, враховуючи окремі особливості будівлі, обладнання опалення пристроїв

Регулювання та облік споживання тепла на кожному конкретному об'єкті. [2]


Система стала широко поширеною в нашій країні подача тепла за допомогою теплових пунктів - групових теплових точок, через які теплопровідність здійснюється для окремих трубопроводів для опалення та гарячої води будівель. У цьому випадку потрібно забезпечити температуру повітря в квартирах не нижче за мінімально допустимий рівень (18 °С). При наявності центрального тепlopостачання часто при скаргах населення на низьку температуру в приміщеннях не усуваються локальні причини її виникнення, а збільшується витрата теплової енергії на всі будівлі, що постачаються від цього ЦТП. [1]

Це призводить до зростання температури зворотної води, перевантаження головних магістралей та хронічного відставання у режимі роботи кінцевих споживачів – у результаті теплові мережі працюють із перевищенням розрахункової витрати води щонайменше на 30–40 %.

Зазвичай системи опалення кожного будинку чи навіть секції приєднуються до квартальних теплових мереж від ЦТП, основною позитивною властивістю якого є забезпечення постійного коефіцієнта змішування (енжекції) незалежно від зміни температур води, що подається або підмішується, і постійної витрати води з теплової мережі при постійному наявному натиску незалежно від зміни витрати води, що циркулює у системі опалення. Однак при регулюванні опалення за допомогою термостатів це призводить до того, що в однотрубних системах при закритті термостатів через скидання гарячої води повз опалювальний прилад зростає температура зворотної води, внаслідок чого зростає температура води в трубопроводі, що подає, і, відповідно, зростає нерегульована тепловіддача трубопроводів стояків системи опалення, що знижує ефективність авторегулювання термостат.

У двотрубних системах закриття термостатів призводить до скорочення витрати води, що циркулює в системі, але витрата мережної води, проходить обмін, залишається незмінним, що також призводить до зростання температури води в трубопроводі, що подає системі опалення, а відповідно, і до нерегульованої тепловіддачі стояків.

Щоб уникнути цього, необхідно здійснювати автоматичне регулювання температури води в трубопроводі, що подає системи



опалення за графіком залежно від зовнішньої температури у місцях підключення систем опалення до теплових мереж.

Обов'язковість здійснення автоматичного регулювання опалення на введенні в будівлю як у системах з пофасадним авторегулюванням, так і в системах із термостатами; недовговічність трубопроводів внутрішньоквартальних мереж гарячого водопостачання; вимоги до сучасних ринкових умов встановлення приладів обліку тепла та води у кожній будівлі – ці фактори ставлять під сумнів необхідність теплопостачання житлових будівель та мікрорайонів у нашій країні через групові теплові пункти (ЦТП – центральне теплове постачання), після яких окремі будівлі постачаються за самостійними трубопроводами - гарячою водою на опалення та водопровідною водою на побутові потреби, нагрітої у теплообмінниках, встановлених у індивідуальних теплових пунктах.


У зв'язку із зазначеними обставинами актуальним є перехід від групових теплових пунктів (ЦТП) до індивідуальних (ІТП), розташованих поряд або в опалюваному будинку. Це рішення, крім підвищення ефективності авторегулювання опалення, дозволяє відмовитися від розподільчих мереж гарячого водопостачання, а також знизити втрати тепла при транспортуванні та витрата електроенергії на перекачування побутової гарячої води.

Перенесення центрів приготування гарячої води на побутові потреби ближче до неї споживання (у будівлю), ліквідація завдяки цьому ЦТП та внутрішньоквартальних мереж гарячого водопостачання не лише підвищує якість постачання гарячою водою мешканців, але і, як показали розрахунки, виконані ще в 1970-х роках В. І. Лівчаком, виявляється ефективніше рішення з ЦТП як щодо капіталовкладень, так і по експлуатаційних витрат, оскільки в цьому випадку зменшуються тепловтрати, витрата електроенергії на перекачування та циркуляцію гарячої води, а також підвищується ефективність авторегулювання опалення. [2]

Однак відсутність на той час необхідного обладнання (компактних теплообмінників, малошумних циркуляційних насосів, приладів авторегулювання та обліку тепла) залишили це рішення нереалізованим, за винятком кількох демонстраційних об'єктів.

Автоматизовані ІТП у поєднанні з індивідуальним автоматичним регулюванням тепловіддачі опалювальних приладів дозволяють повністю здійснити в будинках заходи щодо економії тепла, води, електроенергії на перекачування, а також отримати зниження витрат на прокладання трубопроводів систем тепловодопостачання (особливо при 4-х трубної системи). Наявність малошумних циркуляційних насосів, компактних теплообмінників та приладів авторегулювання подачі та обліку тепла дозволяють успішно вирішити це завдання.

Відмова від ЦТП та регулювання теплопостачання на опалення та гаряче водопостачання в ІТП, в тому числі, призводить до зменшення



втрата тепла теплопроводами в мікрорайоні та зменшення споживання електроенергії на теплонасоси – теплопередачі.

Перехід на систему теплопостачання з ІТП доцільний не тільки в новому будівництві, але в існуючих мікрорайонах, де через вироблення ресурсу потрібна заміна внутрішньоквартальних мереж та обладнання ЦТП.

Подібні рішення щодо реконструкції застосовано, зокрема, у Німеччині. У східних землях, де застосовані системи теплопостачання з ЦТП, останні залишають як водопровідні станції, що підкачують, демонтуючи тепломеханічне встаткування.

Внутрішньоквартальні трубопроводи системи гарячого водопостачання відключають, а трубопроводам опалення подають перегріту воду до кожного будинку.

У теплових пунктах будівель встановлюють теплообмінне обладнання, малошумні насоси, системи авторегулювання та обліку теплової енергії та води. [1]

Вважається, що таке рішення, порівняно з ЦТП та багатотрубними мережами від них, дає економічний ефект до 25%, підвищує надійність та комфортність теплопостачання.

Крім того, без спорудження ІТП складно організувати подомовий облік споживання холодної і особливо гарячої води, оскільки теплопостачання від ЦТП мережі, що розводять, проходять транзитом по будівлі в наступні будинки з врізанням окремих стояків у цей транзитний трубопровід.

Тому для оцінки споживання води будинком необхідно ставити водолічильники майже на кожен стояк, включаючи і циркуляційні, а виміряти витрата тепла, що споживається системою гарячого водопостачання кожного будинку, взагалі неможливо.

При ІТП, коли підготовка гарячої води здійснюється централізовано для всього будинку в теплообмінниках, встановлених у цьому тепловому пункті для вимірювання витрати води, споживаної системою гарячого водопостачання, достатньо встановити один водолічильник, а витрата теплової енергії визначається по різниці показань теплотлічильників, що встановлюються на мережній воді на введенні у ІТП та що надходить на опалення.

З усього вищесказаного можна відзначити такі переваги індивідуальних теплових пунктів: [9]

1. зниження експлуатаційних витрат на 40 – 60 %
2. висока економічність;
3. багаторічний досвід експлуатації показав, що сучасні ІТП загалом споживають теплоенергії до 30 % нижче за існуючі без автоматизації процесів;
4. точне налагодження та вибір режимів теплоспоживання та теплопостачання призводить до зниження втрат теплоенергії до 15%;

5. компактність: габарити сучасних індивідуальних теплових пунктів залежить від теплового навантаження. Займана площа при компактному розміщенні складає 25 - 30 м² при навантаженні до 2 Гкал/годину;

6. безшумність роботи;

7. можливість встановлення в малогабаритних підвальних приміщеннях як новобудов, так і існуючих будівель;

8. повна автоматизація: не вимагає висококваліфікованого обслуговуючого персоналу; забезпечує ефективне енергозбереження та комфорт у приміщенні; дозволяє проводити погодну компенсацію, встановлювати режими роботи в залежності від часу доби, використовувати режими святкових та вихідних днів.

1.2. Характеристика технологічного об'єкта керування

Індивідуальний тепловий пункт (ІТП) - це комплекс пристроїв, що зазвичай складається з модулів теплового розрахунку, модулів системи опалення (можуть мати залежну або незалежну схеми підключення), водонагрівача (ТЕП), модулів систем гарячого водопостачання та вентиляції.

Застосування ІТП дозволяє підвищити якість тепlopостачання та мінімізувати втрати енергії за рахунок перенесення центрів гарячого водопостачання та тепlopостачання в будівлю відповідно до конструкції будівлі.

Об'єктом управління оберемо залежну схему опалення.

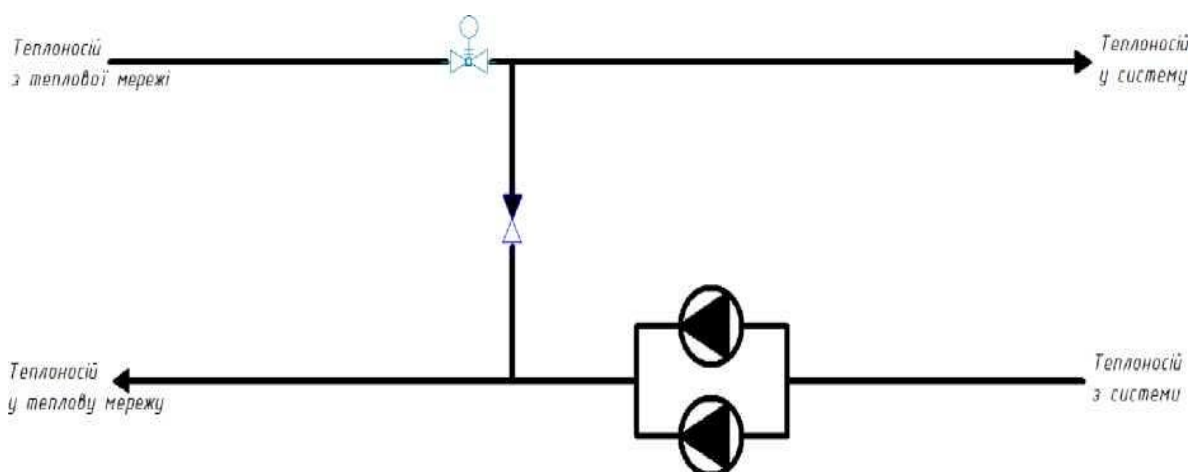


Рисунок 1.1 - Схема залежної системи опалення



Основні технологічні параметри наведено у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 - Значення основних параметрів контролю об'єкта
(номінальні)

№	Параметр	Діапазон виміру	Відхилення
1.	Температура теплоносія з теплової мережі	20:1-10 °С	±5%
2.	Температура теплоносія у систему опалення	20:90 °С	±5%
3.	Температура зовнішнього повітря	-30 00 °С	±5%
4.	Температура теплоносія із системи опалення	20:90 °С	±5%
5.	Тиск теплоносія з теплової мережі	500:1000кПа	±2%
6.	Тиск теплоносія у системі опалення	200:400 кПа	±2%
7.	Тиск теплоносія з системи опалення	200-400 кПа	±2%
8.	Тиск теплоносія у теплову мережу	500-1000кПа	±2%
9.	Перепад тиску до та після насосу, що перекачує теплоносій з системи	25-100кПа	±2%
10.	Перепад тиску між входом та виходом тепломережі	10-60кПа	±2%

Найбільш суттєвим порушенням технологічного процесу, яке відбувається на тепловому пункті, є зміна температури повітря поза будівлею.

Компенсувати зміни температури зовнішнього повітря можна за допомогою погодо залежного регулювання, яке допоможе визначити температуру теплоносія в системі опалення.

Аналізуючи технологічні установки та системи керування з точки зору ризиків пожежі та вибуху, слід зазначити, що насоси та все електрообладнання установки є небезпечними пристроями з точки зору безпеки.

Тому необхідно приділяти особливу увагу забезпеченню надійної роботи насосів, захистити їх від сухого ходу та перегріву, а також бути відповідальним за підключення всіх засобів автоматизації,

особливо електрики, якщо підключення погане, це може спричинити серйозну пожежу, проблеми в установці техніки.

Індивідуальні теплові точки не завдають шкоди зовнішньому середовищу при нормальній експлуатації.

До нестандартних ситуацій, які виникають під час монтажу та завдають шкоди зовнішньому середовищу, можна віднести виділення тепла в атмосферу через недостатню ізоляцію та пожежу та вибух через недотримання техніки безпеки при використанні електрообладнання.

Тому для захисту зовнішнього середовища необхідно запобігати виникненню нестандартних ситуацій.

Для визначення параметрів об'єкта приступимо до його ідентифікації.

На таблиці 1.2 наведено зміни параметрів тепловпункту.

Таблиця 1.2 - Перехідний процес теплоносія у тепловпункті

Час за годинником	Час перехідного процесу, с	Температура зворотного теплоносія, °C	Температура теплоносія на подачі, °C
9:13:00	0	11	11,3
9:23:00	600	10,4	56,8
9:33:00	1200	12,6	58,1
9:43:00	1800	19,4	58,5
9:53:00	2400	26,8	58,7
10:03:00	3000	31,6	59,8
10:13:00	3600	35,6	60,1
10:23:00	4200	37,5	60,1
10:33:00	4800	38,6	60,4
10:43:00	5400	38,9	60,7
10:53:00	6000	39,2	61
11:03:00	6600	39,4	60,9
11:13:00	7200	39,6	60,8
11:23:00	7800	39,6	60,6
11:33:00	8400	39,6	60,5
11:43:00	9000	39,7	60,4
11:53:00	9600	39,7	60,3
12:03:00	10200	39,7	60,2
12:13:00	10800	39,7	60,1
12:23:00	11400	40	60

Для визначення параметрів об'єктів апроксимуємо їх ациклічними (апериодичними ланками першого порядку) зв'язками першого порядку логарифмічним методом:

$$T = 1.25(t_B - t_A)$$

$$\varepsilon = 0.5(3t_A - t_B)$$

$$t_A = f(0.33 K_{об})$$

$$t_B = f(0.7 K_{об})$$

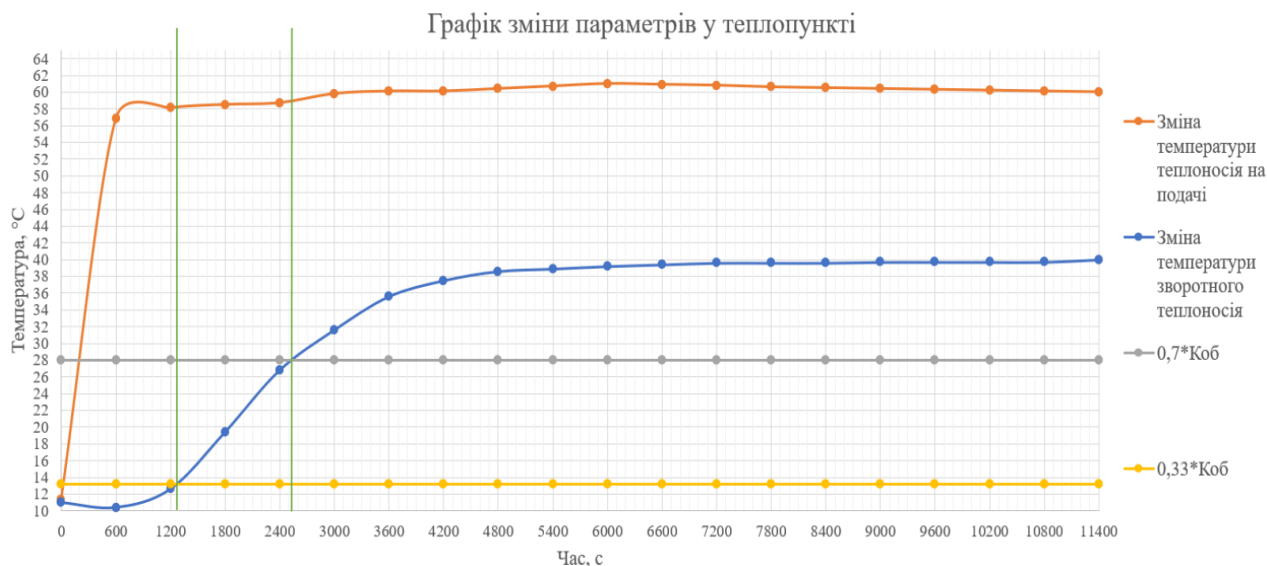


Рисунок 1.2 - Графік зміни параметрів у тепловій точці з необхідними для логарифмічного методу даними

З графіка на рисунку 1.2 видно, що перехідна зміна температури теплоносія на джерелі системи опалення відбувається досить динамічно, приблизно за 1200 секунд, тобто за 20 хвилин.

З таблиці 1.2 ми маємо дані з кроком 10 хвилин, тобто кожні 600 секунд.

Отже, можна зробити висновок, що за цими даними неможливо провести ідентифікацію з необхідною точністю.

З графіка на малюнку 1.3 ми отримуємо наступні значення для моделі, що описує еволюцію температури зворотного теплоносія:

$$K_{об} = \frac{(40 - 11)^\circ C}{(100 - 0)\% BM} = 0.29 \frac{^\circ C}{\% BM}$$

$$t_A = f(0.33 K_{об}) = 1275 c$$

$$t_B = f(0.7 K_{об}) = 2525 c$$

$$T_{об} = 1.25(t_B - t_A) = 1.25(2525 - 1275) = 1562.5 c$$

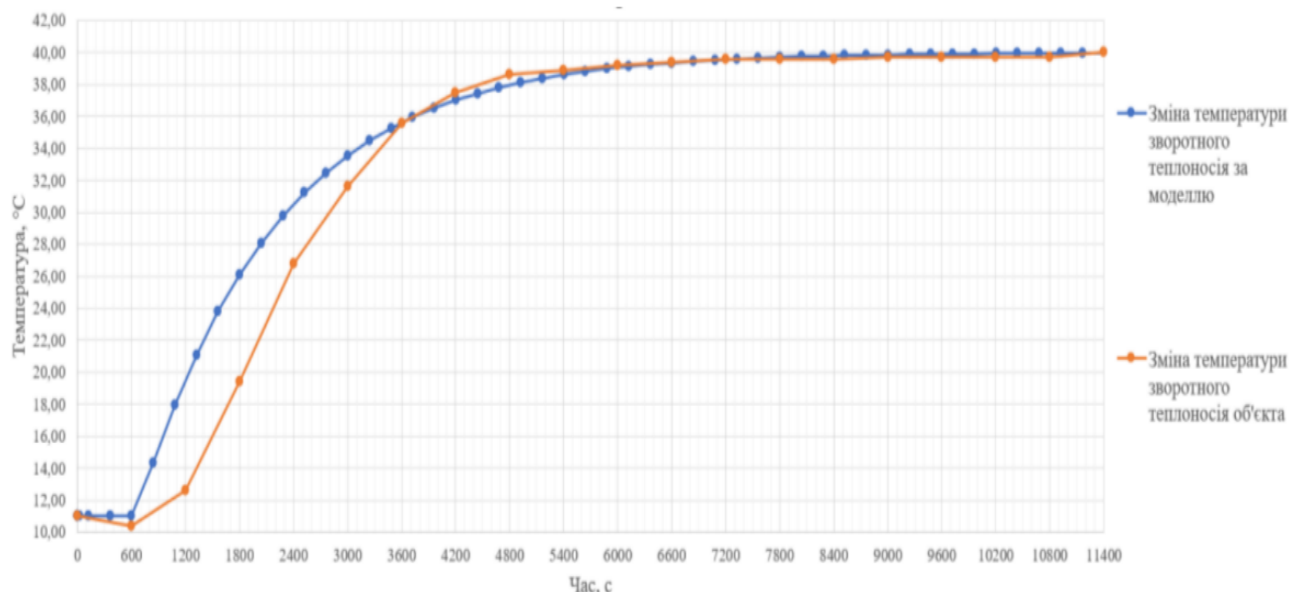
$$\tau_{об} = 0.5(3t_A - t_B) = 0.5(3 \cdot 1275 - 2525) = 650 c$$

Отримані параметри:

$$K_{об} = 0.29 \frac{^{\circ}\text{C}}{\%BM}$$

$$T_{об} = 1562.5\text{c}$$

$$\tau_{об} = 650\text{c}$$



Такий високий показник пояснюється тим, що теплоносій після зміни положення регулятора повинен пройти через всю систему опалення до датчика, розташованого на виході з системи опалення.

Функція передачі об'єкта:

$$W_{об}(s) = \frac{K_{об}}{T_{об} \cdot s + 1} e^{-\tau_{об}s} = \frac{0.29}{1563 \cdot s + 1} e^{-650s}$$

Рисунок 1.3 - Вигляд аперіодичної ланки першого порядку - порівняння перехідних процесів об'єкта та моделі.

Розрахуємо квадратичне відхилення (середнє).

Таблиця 1.3 - Середнє квадратичне відхилення при апроксимації об'єкта аперіодичною ланкою першого порядку

Час, с	Експериментальні дані, $\varphi(t)_{\text{експ}}$	Розраховані результати, $\varphi(t)_{\text{роз}}$	$(\varphi(t)_{\text{експ}} - \varphi(t)_{\text{роз}})^2$
0	11	11	0
600	10,4	11	0,36
1200	12,6	19,60488	49,06829
1800	19,4	26,10824	45,00049
2400	26,8	30,53789	13,97179
3000	31,6	33,55506	3,822247
3600	35,6	35,61015	0,000103
4200	37,5	37,00993	0,240166
4800	38,6	37,96337	0,405296
5400	38,9	38,61279	0,082491
6000	39,2	39,05513	0,020988
6600	39,4	39,35642	0,001899
7200	39,6	39,56164	0,001472
7800	39,6	39,70142	0,010285
8400	39,6	39,79663	0,038661
9000	39,7	39,86147	0,026074
9600	39,7	39,90565	0,04229
10200	39,7	39,93573	0,05557
10800	39,7	39,95623	0,065652
11400	40	39,97018	0,000889
Квадратичне відхилення (середнє):			10,64024

Апроксимуємо зміну температури зворотного теплоносія аперіодичною ланкою другого порядку.

Таблиця 1.4 - Процес перехідного зворотного теплоносія у теплопункті

Час	Час перехідного процесу, с	Значення температури зворотного теплоносія, °C	Нормована температура зворотного теплоносія, $h^*(t)$
9:13:00	0	11	0
9:23:00	600	10,4	-0,020689655
9:33:00	1200	12,6	0,055172414

Продовження таблиці 1.4

9:43:00	1800	19,4	0,289655172
9:53:00	2400	26,8	0,544827586
10:03:00	3000	31,6	0,710344828
10:13:00	3600	35,6	0,848275862
10:23:00	4200	37,5	0,913793103
10:33:00	4800	38,6	0,951724138
10:43:00	5400	38,9	0,962068966
10:53:00	6000	39,2	0,972413793
11:03:00	6600	39,4	0,979310345
11:13:00	7200	39,6	0,986206897
11:23:00	7800	39,6	0,986206897
11:33:00	8400	39,6	0,986206897
11:43:00	9000	39,7	0,989655172
11:53:00	9600	39,7	0,989655172
12:03:00	10200	39,7	0,989655172
12:13:00	10800	39,7	0,989655172
12:23:00	11400	40	1

Для зручності розрахунку нехтуємо затримкою транспортування 650 с тоб $t_{об} = 650$ с.

У точці перегину М проводимо дотичну на перетині з постійним значенням $h^*(t)$.

Визначаємо відрізки T_{M1} і T_{M2} :

$$T_{M1} = 1150 - 490 = 660\text{с}$$

$$T_{M2} = 2820 - 1150 = 1670\text{с}$$

$$T_{M1} + T_{M2} = T_a$$

Знаходимо графічно точку h_1^* : $h_1^* = 0,04$

Обчислюємо h_2^* і відзначаємо її на графіку, проводимо горизонтальну лінію і беремо точку 1:

$$h_2^* = h_1^* \left[2.73 + \frac{0.53}{1 + (150 \cdot h_1^*)^{-3}} \right] = 0.04 \left[2.73 + \frac{0.53}{1 + (150 \cdot 0.04)^{-3}} \right] = 0.13$$

Проводимо пряму, паралельну дотичній, яка проходить через точку 1, і знайдемо її T_b :

$$T_b = 490 - 200 = 290\text{c}$$

Виконуємо розрахунок T_1 та T_2 :

При $h_1^* \leq 0.005$: $T_2 = T_b \left[1 + 10h_1^* + 1.73(30h_1^*)^2 \right]^2$
 $T_1 = T_{M2} - T_2$

При $h_1^* > 0.005$:

$$T_2 = (T_b + T_{M1}) \left[1 - 200(0.032h_1^*) \left[1 + \left(0.086 + \frac{0.0015}{0.032 - h_1^*} \right)^{-1} \right]^{-1} \right]$$

$$T_1 = T_{M2} - T_2$$

Так як $h_1^* = 0.04 > 0.005$, то:

$$T_2 = (290 + 660) \left[1 - 200(0.032 \cdot 0.04) \left[1 + \left(0.086 + \frac{0.0015}{0.032 - 0.04} \right)^{-1} \right]^{-1} \right] =$$

$$= 977.5\text{c}$$

$$T_1 = 1670 - 977.5 = 692.5\text{c}$$

Передавальна функція об'єкта має такий вигляд:

$$W_{об}(s) = \frac{K_{об} e^{-\tau_{об}s}}{(T_1 \cdot s + 1)(T_2 \cdot s + 1)} = \frac{0.29}{(977.5 \cdot s + 1)(692.5 \cdot s + 1)} e^{-650s}$$

Графік зміни параметрів у тепlopункті

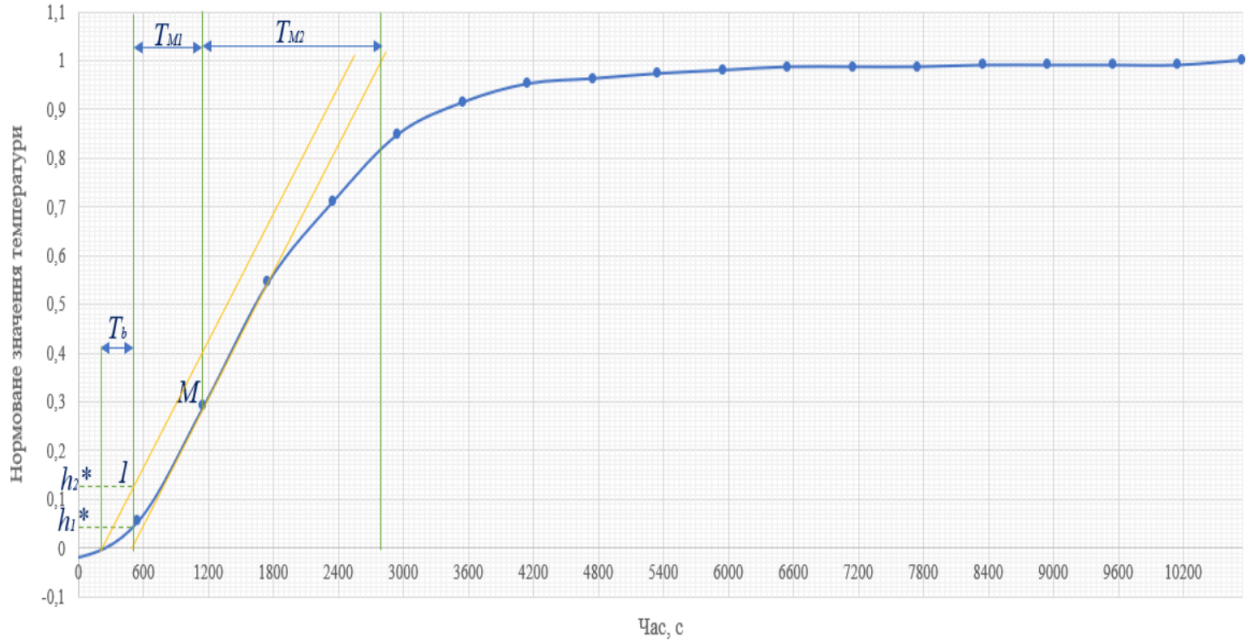


Рисунок 1.5 - Апроксимація об'єкта аперіодичною ланкою другого порядку

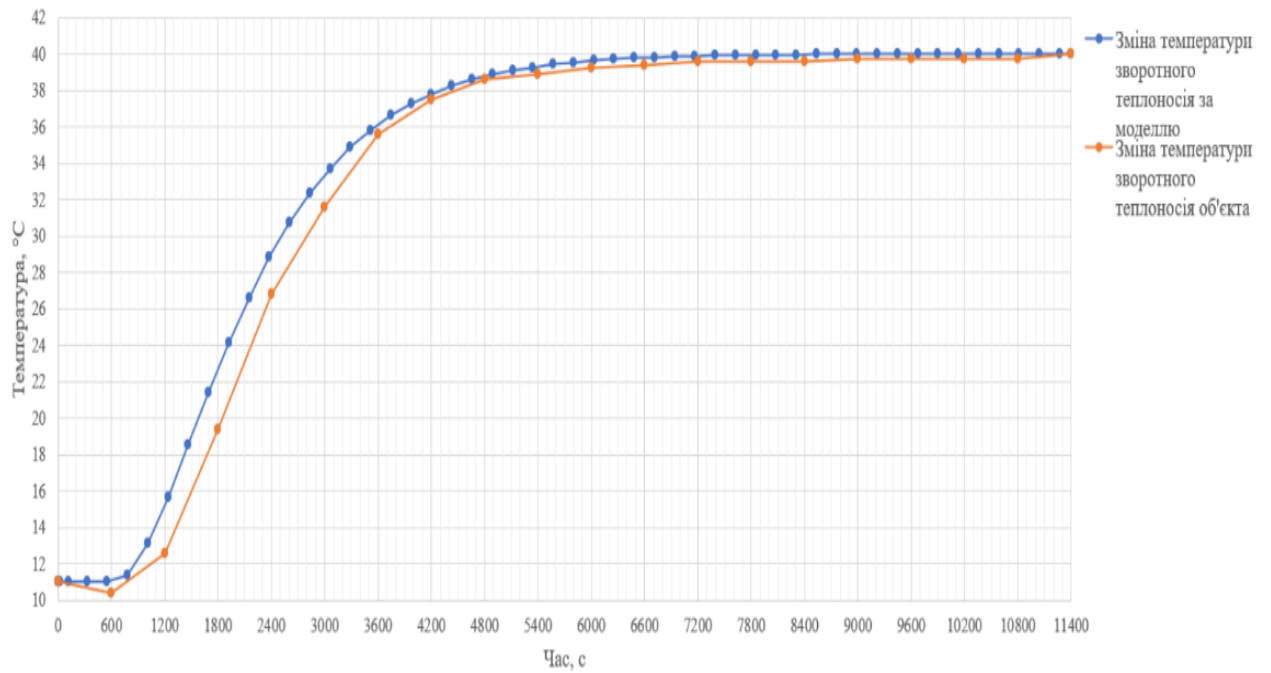


Рисунок 1.6 - Перехідні процеси об'єкта та моделі, що має вигляд аперіодичної ланки другого порядку

Таблиця 1.5 - Середнє квадратичне відхилення при апроксимації об'єкта аперіодичною ланкою другого порядку

Час, с	Експериментальні дані, $\varphi(t)_{\text{експ.}}$	Розраховані результати, $\varphi(t)_{\text{роз}}$	$(\varphi(t)_{\text{експ}} - \varphi(t)_{\text{роз}})^2$
0	11	11	0
600	10,4	11	0,36
1200	12,6	15,39919	7,83545
1800	19,4	22,69625	10,86527
2400	26,8	28,95726	4,653773
3000	31,6	33,31775	2,950671
3600	35,6	36,08658	0,236758
4200	37,5	37,7571	0,066098
4800	38,6	38,73355	0,017837
5400	38,9	39,29247	0,154031
6000	39,2	39,60777	0,166274
6600	39,4	39,7838	0,147303
7200	39,6	39,88134	0,079152
7800	39,6	39,93508	0,112282
8400	39,6	39,96457	0,132914
9000	39,7	39,9807	0,078795
9600	39,7	39,9895	0,083813
10200	39,7	39,9943	0,086611
10800	39,7	39,9969	0,088152
11400	40	39,99832	2,83E-06
Середнє квадратичне відхилення:			5,302376

Для апроксимації використаємо метод додаткових членів. Особливістю цього методу є те, що можна визначити не тільки параметри об'єкта, але й порядок n диференціального рівняння. При використанні цього методу загальна модель об'єкта має наступний вигляд:

$$W_{об}(s) = \frac{K_{об} e^{-\tau_{об}s}}{(T_1 \cdot s + 1)(T_2 \cdot s + 1) \dots (T_n \cdot s + 1)}$$

За допомогою графіку на рисунку 1.7 визначається порядок диференційного рівняння методом додаткових членів.

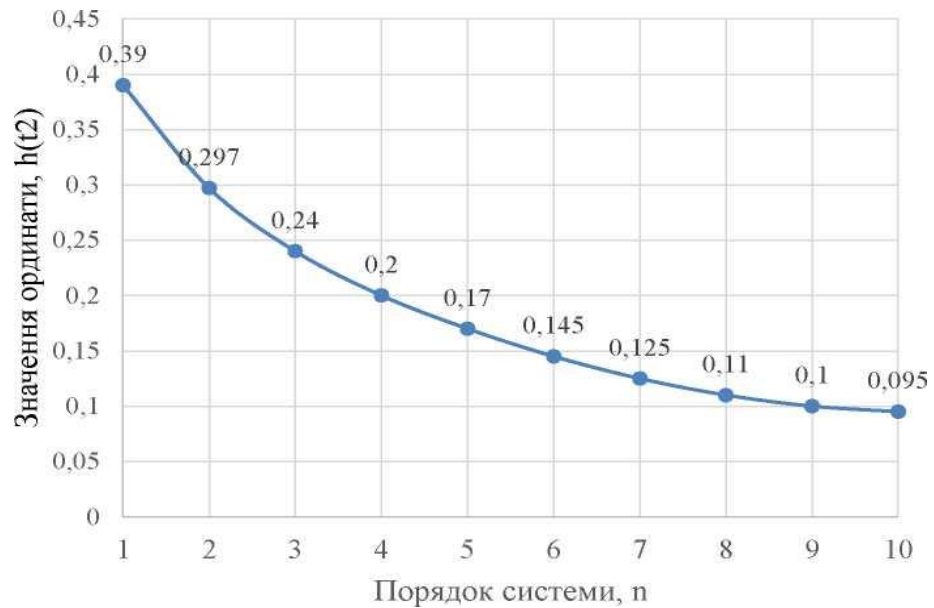


Рисунок 1.7 - Графік для визначення порядку диференційного рівняння методом додаткових членів

На графіку проводимо пряму нормованої перехідної характеристики зі значенням $h(t) = 0.6321$ та шукаємо точку перетину для знаходження часу t , при чому $t_1 = t_1 - m_{об}$ та $t_2 = 0.5t_x + m_{об}$. За t_2 визначаємо точку $h(t_2)$.

$$t_1 = t_1' - \tau_{об} = 2750 - 650 = 2100 \text{с}$$

$$t_2 = 0.5t_1 + \tau_{об} = 0.5 \cdot 2100 + 650 = 1700 \text{с}$$

$$h(t_2) = 0.26$$

За графіком на рисунку 1.7 маємо $h(t_2) = 0.26 \wedge n = 2$.

За допомогою таблиці 1.6 визначаємо сталу часу:

$$T_1 = D_n t_1 = 0.642 \cdot 2100 = 1348.2 \text{с}$$

$$T_2 = \frac{T_1}{2} = \frac{1348.2}{2} = 674.1 \text{с}$$

Таблиця 1.6. - Коефіцієнти для визначення сталих часу

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Dn	0,962	0,642	0,524	0,462	0,421	0,391	0,371	0,354	0,339	0,321

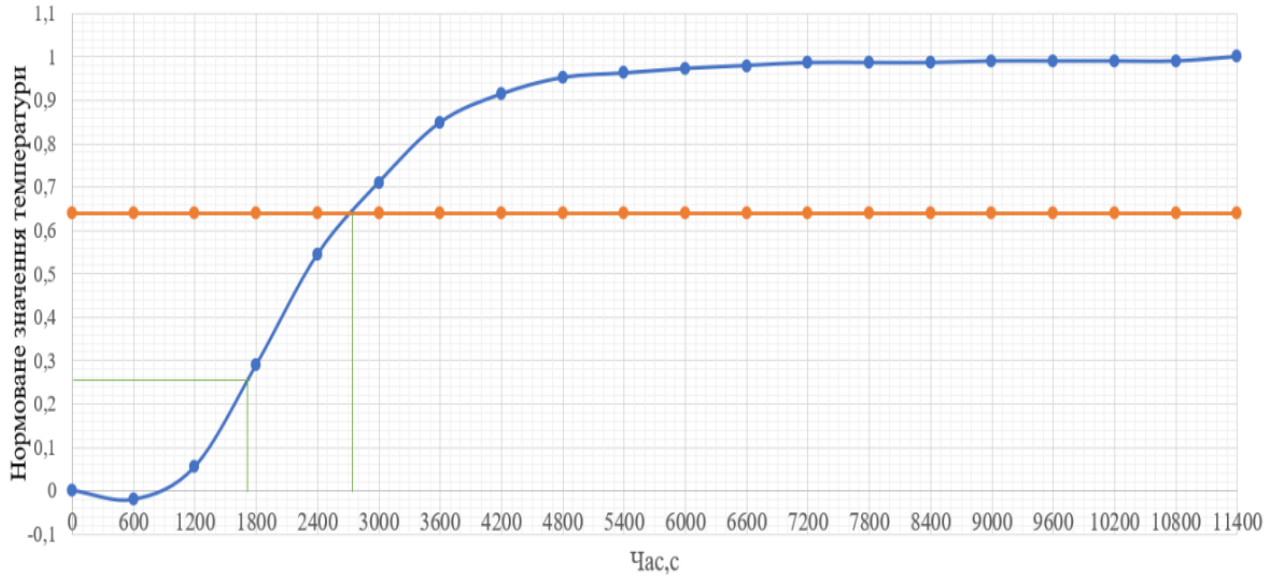


Рисунок 1.8 - Апроксимація об'єкта ланкою другого аперіодичного порядку

Передавальна функція об'єкта має такий вигляд:

$$W_{об}(s) = \frac{K_{об} e^{-\tau_{об}s}}{(T_1 \cdot s + 1)(T_2 \cdot s + 1)} = \frac{0.29}{(1348.2 \cdot s + 1)(674.1 \cdot s + 1)} e^{-650s}$$

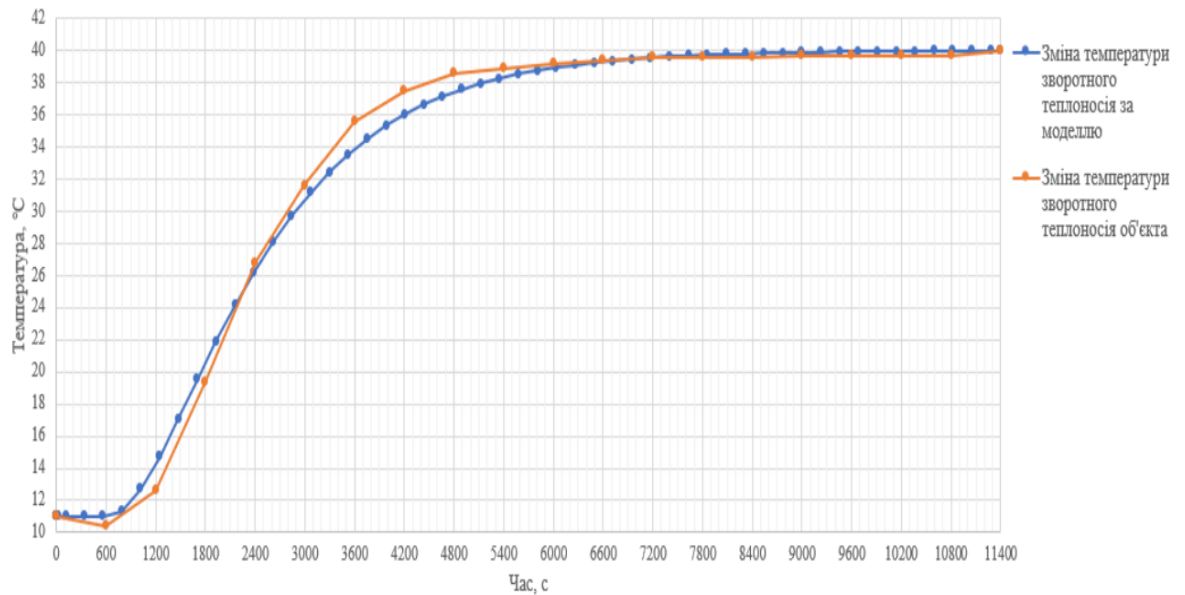


Рисунок 1.9 – Порівняння результатів

Середнє квадратичне відхилення розраховується.

Таблиця 1.7 - Середнє квадратичне відхилення при апроксимації об'єкта аперіодичною ланкою другого порядку розраховується методом додаткових членів

Час,с	Експериментальні дані, $\varphi(t)_{\text{експ}}$	Розраховані результати, $\varphi(t)_{\text{роз}}$	$(\varphi(t)_{\text{експ}} - \varphi(t)_{\text{роз}})^2$
0	11	11	0
600	10,4	11	0,36
1200	12,6	14,43552	3,369152
1800	19,4	20,55094	1,324668
2400	26,8	26,27777	0,272723
3000	31,6	30,68975	0,82855
3600	35,6	33,82177	3,162108
4200	37,5	35,95392	2,390375
4800	38,6	37,37157	1,509043
5400	38,9	38,30108	0,358706
6000	39,2	38,90535	0,086817
6600	39,4	39,29611	0,010793
7200	39,6	39,54796	0,002708
7800	39,6	39,70993	0,012085
8400	39,6	39,81397	0,045781
9000	39,7	39,88073	0,032662
9600	39,7	39,92355	0,049973
10200	39,7	39,951	0,063001
10800	39,7	39,9686	0,072145
11400	40	39,97985	0,000406
Середнє квадратичне відхилення:			3,735197

Таблиця 1.8. – Середнє квадратичне відхилення для трьох розглянутих моделей

Модель	Середнє квадратичне відхилення
АП1	10,64
АП2 емпіричний метод	5,30
АП2 метод додаткових членів	3,74

1.4 Сучасні тенденції

Загалом теплові пункти виконують такі функції: перетворення параметрів теплоносія, розподіл споживання теплоносія до систем теплоспоживання, регулювання відпуску теплоти до систем опалення, регулювання параметрів води для гарячого та холодного водопостачання, заповнення систем теплоспоживання, підживлення, акумуляція гарячої води, підготовка води для систем гарячого водопостачання, спорожнення параметрів теплоносія та захист систем теплоспоживання від аварійних підвищень, контроль параметрів теплоносія (місцевий, дистанційний [2]).

Тепловий пункт може виконувати всі або тільки деякі з перерахованих вище функцій, залежно від його призначення. Параметрами, які контролюються і регулюються в системі гарячого водопостачання, є якість гарячої води, температура і тиск в точці розподілу.


Основними параметрами, які необхідно контролювати і регулювати в системі опалення, є перепад тиску між подавальним і зворотним теплоносієм, температура води в системі опалення і температура зворотного теплоносія, якщо вона перевищує задане значення.

Для регулювання цих параметрів можна використовувати одноконтурні системи регулювання, що використовують принцип регулювання за відхиленням.



Рисунок 1.11 - Система регулювання одноконтурна

Система використовує принцип керування за відхиленням від заданого значення, коли фактичне значення вимірюється датчиком температури або тиску, залежно від налаштованих параметрів. Вихідний сигнал порівнюється з заданим значенням, а ПЛК обробляє інформацію



температура і витрата теплоносія, що надходить в систему опалення, а також час його подачі.

Похідним керуючим параметром в системах тепlopостачання є теплоспоживання, яке визначається температурою і витратою теплоносія.

Зміна параметрів теплоносія відповідно до фактичної потреби абонента в теплі покращує якість тепlopостачання та зменшує споживання теплової енергії і палива.

Завдяки правильному визначенню необхідного і фактичного теплоспоживання досягається максимальна економія палива і теплової енергії, в результаті чого досягається висока економічна ефективність тепlopостачання.

Система автоматичного управління теплового пункту забезпечує функції контролю, регулювання, сигналізації та відключення.

Контролю системи підлягають наступні параметри теплового пункту: [1]

1. тиск падаючого та зворотного теплоносія теплової мережі, гарячої води на вході в мережу та води в мережі;

2. температура прямого та зворотного теплоносія теплової мережі та гарячої води на вході в мережу; [2]

3. температура прямого та зворотного теплоносія теплової мережі та гарячої води на вході в мережу;

4. витрати прямого теплоносія, гарячої води в мережі та води в мережі;

Наступні параметри теплової підстанції підлягають функції управління системою:

1. тиск прямого теплоносія в тепловій мережі;

2. температура зворотного теплоносія теплової мережі; 3. температура гарячої води на вході в мережу;

3. температура гарячої води на вході в мережу.

Основна роль перетворювача частоти полягає в регулюванні насосів таким чином, щоб їх робочі параметри відповідали вимогам системи. У цьому режимі на дисплеї відображається тиск, який повинен створювати насос.


Перетворювач частоти змінює швидкість обертання таким чином, щоб цей тиск залишався постійним при будь-якій витраті.

У цьому режимі тиск, що створюється насосом, зростає зі збільшенням витрати, компенсуючи збільшені втрати на гідравлічний опір.

В результаті вихідні параметри насоса змінюються по кривій системи, в якій він працює.

Режим постійної подачі. Цей режим часто використовується в системах циркуляції і фільтрації, де досягається постійна витрата незалежно від значення тиску. [18]

Вимірювальним пристроєм може бути витратомір (лінійний сигнал від 4 мА до 20 мА) або діафрагма з датчиком перепаду тиску (вторинний



сигнал від 4 мА до 20 мА). Цей режим використовується, коли використовується зовнішній контролер, а частотний перетворювач є просто перетворювачем частоти. У цьому режимі швидкість насоса прямо пропорційна вхідному сигналу (від 4 мА до 20 мА).

Перетворювач частоти дозволяє змінювати напрямок обертання валу двигуна, забезпечуючи плавний пуск і зупинку. [10]

1. функція сигналізації.

Технічна сигналізація використовується для оповіщення обслуговуючого персоналу:

2. вихід фізичних величин за межі, що визначають надійність роботи обладнання;

3. 3. вихід фізичних величин за межі, що визначають безпеку експлуатації обладнання (аварійні сигнали);

4. переривання дії технічного захисту;

5. відмова окремих елементів обладнання;

Аварійні сигнали відповідають наступним параметрам:

1. тиск прямого та зворотного теплоносія теплової мережі;

2. температура прямого та зворотного теплоносія теплової мережі;

3. температура гарячої води на вході в мережу.

Наступний крок - функція блокування.

Виконується блокування для параметрів, які беруть участь у регулюванні:

1. тиск теплоносія прямого нагріву.

Якщо датчик тиску теплоносія прямого нагріву виходить з ладу, клапан (VM 5с) на трубопроводі прямого нагріву води повертається в положення 100% для активації сигналізації та блокування;

2. температура гарячої води на вході в мережу.

При виході з ладу датчика температури гарячої води на вході в мережу вмикається аварійна сигналізація і переводиться клапан (VM 6с) в попередньо встановлене безпечне положення - 50%;

3. температура зворотного теплоносія в мережі опалення.


При виході з ладу датчика температури зворотного теплоносія системи опалення переведіть вентиль (VM 5с) на трубі прямого водопостачання в положення 100%, увімкніть сигналізацію і вимкніть систему.

Система автоматичного контролю контролює різні параметри і величини, які характеризують роботу технічних вузлів і процесів.

Системи автоматичного контролю забезпечують автоматичні вимірювання, які передаються на вимірювальні, реєструючі або реєструючі пристрої.

Системи автоматичної сигналізації призначені для інформування обслуговуючого персоналу про стан технічного об'єкта або процесу. [9]

Передача сигналів здійснюється за допомогою акустичних або візуальних сигналів.



Системи автоматичного блокування і захисту призначені для запобігання аварійних ситуацій. Часткове або повне припинення роботи.

Системи автоматичного пуску/зупинки забезпечують запуск і зупинку двигунів і приводів за заздалегідь визначеною програмою.

Системи автоматичної сигналізації, управління, блокування, захисту, пуску і зупинки мають розімкнутий контур.

Вхідними сигналами універсальних пристроїв індикації, реєстрації та керування є стандартизовані сигнали зв'язку. Тому такі пристрої можуть використовуватися для вимірювання, відображення, реєстрації, сигналізації, стабілізації та програмованого керування параметрами керування, значення яких можуть бути перетворені в уніфіковані сигнали.


Система централізованої автоматизації включає в себе спеціально розроблений комплекс обладнання:

1. комплекс контрольно-вимірювальних і регулюючих приладів;
2. мікропроцесорні засоби диспетчеризації, автоматизації та телемеханіки;
3. пневматичні колективні функціонально-апаратні комплекси та обладнання.

Ці засоби забезпечують побудову систем безперервного і циклічного контролю та багатоканального регулювання різних технологічних процесів і окремих параметрів агрегатів. Інформація про ці системи передається і обробляється в аналоговому вигляді і передається оператору як в аналоговому, так і в цифровому вигляді. [5]

Пристрої та системи локальної автоматизації можна додатково згрупувати за наступними критеріями:

1. за рівнем автоматизації - автоматичні та автоматизовані;
2. за ступенем автоматизації - поділяються на частково автоматизовані, комбіновані автоматизовані та повністю автоматизовані системи;
3. за призначенням - системи автоматичного контролю, управління, регулювання, сигналізації, зупинки та захисту;
4. за принципом керування - відкриті, закриті, комбіновані;
5. за характером зміни регульовальних величин - стабілізуючі, слідкуючі, програмні, екстремальні, оптимальні, адаптивні;
6. за характером зміни регульовальних величин - стабілізуючі, слідкуючі, програмні, екстремальні, оптимальні, адаптивні;
7. за характером енергоносія - електричні, пневматичні, гідравлічні, комбіновані;
8. за характером сигналу - аналогові та дискретні (за рівнем - релейні, за часом - імпульсні, за рівнем і часом одночасно - цифрові);
9. Залежно від мети регулювання їх можна поділити на стабілізацію (підтримання вихідних параметрів на постійному заданому значенні) та оптимізацію (знаходження оптимальних значень вихідних параметрів відповідно до умов об'єкта);



10. за кількістю величин регулювання (одновимірні та багатовимірні).

Для систем центрального гарячого водопостачання, приєднаних до відкритих систем тепlopостачання, не менше 60 °С; - для систем центрального гарячого водопостачання, приєднаних до закритих систем тепlopостачання, не менше 55 °С; - для систем центрального гарячого водопостачання, приєднаних до закритих систем тепlopостачання, не менше 55 °С. [6]

Допускається короткочасне (на декілька хвилин за встановленим графіком) підвищення температури води від 75 °С до 80 °С під час проведення термічної дезінфекції систем водяного опалення з метою нейтралізації утворення бактерій.

Зниження температури води в системі гарячого водопостачання не повинно перевищувати 5 °С.

При цьому температура циркулюючої води в системі не повинна бути нижче 50 °С в будь-якій частині системи.

Тиск води в системі господарсько-питного та протипожежного водопроводу не повинен перевищувати 0,45 МПа на найнижчому рівні найнижчих санітарно-технічних приладів і на найвищому рівні найвищих приладів залежно від паспортних даних цих приладів, а за відсутності таких даних - не менше 0,2 МПа, а на інших рівнях не повинен МПа не повинно перевищуватися.

У системах протипожежного водопроводу на нижніх поверхах під час гасіння пожежі тиск перед гідрантом може бути підвищений до 0,9 МПа.

Якщо виконавець надає неналежну послугу або не може надати послугу, споживач повинен повідомити про це виконавця по телефону або письмово за адресою, вказаною в договорі.


Аналіз поточного стану виходячи з досвіду та даних параметрів нашого об'єкту, дозволить нам отримати уявлення про ефективність та можливі проблеми, пов'язані з роботою тепlopункту обігріву приміщень.

Тепlopункти є важливою складовою інфраструктури для забезпечення опалення та гарячої води у постачанні до житлових, комерційних і промислових будівлях. Ось кілька важливих та цікавих аспектів про тепlopункти: [7]

1. Енергоефективність: Тепlopункти спроектовані з урахуванням високої енергоефективності. Вони використовують різні технології, такі як теплові насоси, конденсаційні котли та регулювання тепlopостачання, щоб забезпечити оптимальне використання енергії та зниження втрат.

2. Регулювання тепlopостачання: Тепlopункти здатні регулювати постачання тепла в залежності від потреби. Це дозволяє ефективно керувати споживанням енергії та забезпечувати комфортну температуру в приміщеннях.

3. Дистанційне керування та моніторинг: Багато сучасних тепlopунктів оснащені системами дистанційного керування та моніторингу. Це дозволяє операторам віддалено контролювати роботу



системи, відстежувати параметри, виявляти несправності та швидко реагувати на них.

4. Індивідуальний облік: Деякі тепlopункти мають системи індивідуального обліку тепла, що дозволяє окремо вимірювати споживання кожного місця або приміщення. Це сприяє більш справедливому розрахунку витрат за опалення та стимулює економне енергетичне споживання.

5. Відновлювальні джерела енергії: Деякі тепlopункти можуть бути інтегровані з відновлювальними джерелами енергії, такими як сонячні панелі, геотермальні системи або біоенергетика. Це дозволяє зменшити залежність від традиційних джерел енергії та сприяє зниженню шкідливих речовин їх викидів.

6. Важлива складова "розумних" будівель: Тепlopункти можуть бути інтегровані з системами "розумних" будівель, що дозволяє автоматизувати керування опаленням, вентиляцією та освітленням в будівлі. Це забезпечує зручність, комфорт та енергоефективність для мешканців та користувачів.

Тепlopункти відіграють важливу роль у забезпеченні ефективного та стабільного тепlopостачання для різних типів будівель. Їх розвиток спрямований на забезпечення енергоефективності, екологічності та зручності в експлуатації. [18]

1. Тепlopункти використовуються не лише для опалення житлових будинків, але й для забезпечення теплом промислових об'єктів, лікарень, готелів, офісних будівель та інших споруд.

2. У деяких країнах, зокрема в Швеції та Данії, тепlopункти стали важливим елементом енергетичної інфраструктури. Такі країни активно використовують відновлювальні джерела енергії, такі як геотермальна та сонячна енергія, для опалення та гарячого водопостачання через тепlopункти.


3. Деякі тепlopункти використовують системи когенерації, які одночасно виробляють тепло та електроенергію. Це дозволяє ефективно використовувати паливо та зменшувати енергетичні втрати.

4. У розгорнутих системах тепlopостачання та охолодження, тепlopункти можуть також забезпечувати процес охолодження, який включає в себе охолодження повітря та постачання холодної води.

5. Деякі сучасні тепlopункти використовують системи зберігання тепла, які дозволяють накопичувати надлишкову теплову енергію, що виробляється в періоди низького споживання, і використовувати її в періоди пікового попиту.


6. В окремих країнах, де тепlopункти широко поширені, існують спеціальні нормативи та стандарти, які регулюють їх проектування, експлуатацію та безпеку.

Тепlopункти здатні зменшити використання традиційних джерел енергії та покращити енергоефективність будівель.



Також було проведено ідентифікацію об'єкта трьома різними методами, в результаті чого отримано дві моделі у вигляді ациклічних ланок другого порядку та одну модель у вигляді ациклічних ланок першого порядку.

В якості об'єкта дослідження було обрано модель зміни температури зворотного теплоносія з системи опалення у вигляді ациклічної ланки другого порядку, отриману за допомогою методу додаткового члена. Цей об'єкт дослідження було обрано тому, що за наявними експериментальними даними не вдалося визначити перехідні характеристики зміни температури теплоносія на подачі в систему опалення.



2 ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ АВТОМАТИЗАЦІЇ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ЗАПРОПОНОВАНОЇ СТРУКТУРИ КОМП'ЮТЕРНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ

2.1 Основні задачі АСУТП

Автоматизована система управління технологічним процесом (АСУ ТП) може бути задіяна для поліпшення ефективності та надійності роботи тепlopункту обігріву приміщень.

Для цього необхідно поставити наступні задачі для АСУ ТП:

Автоматизована система управління технологічним процесом (АСУ ТП) може бути задіяна для поліпшення ефективності та надійності роботи тепlopункту обігріву приміщень. [14]

Для цього необхідно поставити наступні задачі для АСУ ТП:

1. Контроль та регулювання тиску:

- Розробити алгоритми контролю тиску в робочому контурі опалення та використовуваних насосів.
- Встановити датчики тиску та налаштувати їх для постійного моніторингу тискових параметрів.
- Розробити алгоритми автоматичного включення/виключення насосів на основі вимірювань тиску та витрати пари.

2. Контроль та регулювання витрати конденсату:

- Встановити датчики витрати для реєстрації об'єму використаного конденсату для підтримання тиску в системі.
- Розробити алгоритми контролю та регулювання витрати конденсату для оптимального функціонування насосів та забезпечення необхідних параметрів технологічного процесу.

3. Контроль рівня конденсату:


- Встановити датчик рівня конденсату у збірнику та налаштувати його для моніторингу рівня робочої рідини.
- Розробити алгоритми автоматичного виключення насосів та запобігання заповітрюванню системи у разі відсутності конденсату, води у збірнику та системі.

4. Керування від ПЛК до проміжних реле до насосів:

- Встановити проміжні реле на нагнітанні насосів тиску та води зі збірника конденсату.
- Розробити алгоритми автоматичного керування, вмикання вимикання насосів при падінні тиску, води, температури – сигналізація про проблеми в системі до оператора.

5. Візуалізація та моніторинг:

- Розробити графічний інтерфейс для візуалізації параметрів та стану системи.



- Забезпечити можливість моніторингу в режимі реального часу, архівування даних та генерацію звітів для аналізу технічного стану теплопункту.

Контури управління в теплових пунктах забезпечують автоматичне регулювання температури і тиску води.

Регулювання температури системи опалення необхідне для того, щоб забезпечити отримання оптимальної температури в різні пори року.

Регулювання температури системи необхідне для того, щоб споживачі отримували воду заданої температури. [18]

Регулювання тиску води необхідне для забезпечення циркуляції води в системі опалення та запобігання застою в трубопроводі.

2.2 Концепція роботи системи автоматичного регулювання.

Робота САР буде полягати в наступних кроках:

1. Датчик тиску зчитує поточне значення тиску у робочому контурі опалення.

2. Це значення передається до регулятора, який порівнює його з заданим значенням тиску.

3. В залежності від розбіжності між поточним та заданим значеннями, регулятор приймає рішення через проміжне реле про вмикання або вимикання насосів.

4. ПЛК контролює витік або надходження робочої рідини, забезпечуючи підтримання необхідного тиску в системі.

5. Контрольна система моніторить роботу САР, записує дані та забезпечує можливість аналізу технічного стану системи.

Для побудови САР дуже важливо визначитись з аналоговими - дискретними датчиками, дискретними виконавчими механізмами.

Основними параметрами теплового пункту, що підлягають регулюванню, є температура зворотного теплоносія, температура і тиск гарячої води.


Температура зворотного теплоносія регулюється витратою теплоносія.

Температура гарячої води в системі регулюється витратою теплоносія до теплообмінника.

Тиск теплоносія регулюється насосною групою.

Ці регульовані значення змінюються під впливом нормативних документів, а також зовнішніх і внутрішніх збурень природного або випадкового характеру, таких як безпосередній тиск і температура води в мережі, температура навколишнього середовища і зміни в споживанні гарячої води споживачами.

Системи автоматичного регулювання призначені для підтримання температури зворотної лінії тепломережі на заданому рівні. Для цього



необхідно регулювати витрату прямого теплоносія, що подається в систему опалення. [4]

Температура зворотного теплоносія теплової мережі - це параметр, який відображає температуру опалювального приміщення. Температура прямого теплоносія залежить від постачальника теплової енергії (ТЕЦ або котельня) і є заданою величиною для системи автоматизації. Тому параметром керування є витрата прямого теплоносія. Щоб підвищити температуру зворотного теплоносія, необхідно збільшити витрату теплоносія, що подається; щоб знизити температуру, витрата теплоносія повинна бути зменшена. Витрата теплоносія змінюється за допомогою регулюючого органу (РО) на водопроводі, безпосередньо підключеному до мережі.

Індукованим параметром керування системою тепlopостачання є теплоспоживання, яке визначається температурою та витратою теплоносія. Зміна параметрів теплоносія відповідно до фактичної потреби абонента в теплі покращує якість тепlopостачання та зменшує споживання теплової енергії і палива. Правильно визначивши необхідне і фактичне теплоспоживання, можна досягти максимальної економії палива і теплової енергії, а також високої економічності тепlopостачання.

Регулювання тепlopостачання включає в себе: [17]

- Якісне - шляхом зміни температури фіксованого потоку теплоносія, що подається до регульованої установки;
- Кількісне - зміною витрати теплоносія;
- Якісно-кількісне - зміною температури та витрати теплоносія одночасно.


Вхідними параметрами є температура і витрата теплоносія, що надходить в систему опалення, і продуктивність насоса, що подає необхідний тиск в мережу будівлі.

Основними вихідними параметрами теплового пункту є температура зворотного теплоносія системи опалення та температура і тиск гарячої води.

Вхідними параметрами є витрата прямого теплоносія на опалення, витрата теплоносія на теплообмінник і продуктивність насосної групи системи опалення.

Збуреннями природного або випадкового характеру є такі величини, як тиск і температура води в прямій мережі, температура навколишнього середовища, зміна споживання гарячої води споживачами тощо. [16]

Таким чином, окремі теплові пункти, що розглядаються для регулювання, є динамічними системами з декількома взаємопов'язаними вхідними та вихідними величинами. Однак область регулювання помітно концентрується в основних каналах регулюючого впливу, таких як витрата прямого теплоносія - температура зворотного теплоносія, витрата гріючого теплоносія до теплообмінника - температура гарячої води, зміна продуктивності насоса - тиск у тепловій мережі тощо, стабілізуючи



регулюючі величини за допомогою незалежних систем, пов'язаних між собою лише через об'єкт регулювання стабілізація регульованої величини.

Загалом автоматизація технологічних процесів виконує такі функції: контроль параметрів, керування обладнанням та агрегатами, захист та зупинка обладнання та агрегатів, вимірювання витрат виробничих та споживчих ресурсів, дистанційна механізація контролю, вимірювання та керування. Метою автоматизації в системах тепlopостачання є найбільш ефективно вирішення завдань окремими ланками без безпосереднього втручання людини. [16]

Контроль температури теплоносія у зворотних трубопроводах.

Управління тепlopостачанням в системах тепlopостачання включає в себе:

Центральний контроль - джерело тепла (ТЕЦ, котельня);

Групове регулювання - центральні теплові пункти та розподільчі вузли;

Для забезпечення стійкої та економної роботи теплової мережі та джерел тепlopостачання комплекс диспетчерського управління тепlopостачанням передбачає автоматичні ступені гідравлічного регулювання у відповідних точках мережі.

Автоматичне регулювання тепlopостачання здійснюється за відхиленнями від заданих значень, зовнішніми збуреннями та комбінацією цих методів.

У першому випадку в одному або декількох опалювальних приміщеннях встановлюються датчики, що вимірюють внутрішню температуру повітря, які активують контролер при відхиленні цієї температури від заданого значення.

Опис функцій системи автоматизації

Автоматизовані системи управління в теплових пунктах забезпечують функції контролю, регулювання, сигналізації та блокування.

1. функція контролю.

Контролю підлягають наступні параметри теплового пункту:

1) Тиск прямого, зворотного теплоносія теплової мережі, гарячої води на вході в мережу;

2) температура прямого, зворотного теплоносія та гарячої води в теплової мережі;

3) витрата прямого теплоносія та гарячої води в мережі;

2. регулюючі функції


Регулюванню підлягають наступні параметри теплових пунктів:

1) тиск прямого теплоносія в теплової мережі;

2) температура зворотного теплоносія в теплової мережі

3) температура гарячої води на вході в мережу.

Основна роль перетворювача частоти полягає в регулюванні насосів таким чином, щоб їх робочі параметри відповідали вимогам системи: [16]



1) Режим підтримки постійного тиску при подачі охолоджувальної води. У цьому режимі на дисплеї відображається тиск, який повинен створювати насос. Перетворювач частоти змінює частоту обертання таким чином, щоб цей тиск залишався постійним при будь-якій витраті.

2) Режим постійного тиску з компенсацією гідравлічних втрат (режим слідування за кривою системи). У цьому режимі тиск, що створюється насосом, збільшується зі збільшенням витрати, щоб компенсувати збільшені гідравлічні втрати на опір. В результаті вихідні параметри насоса слідує за кривою системи, в якій він працює.

3) Режим підтримки постійного потоку.

Цей режим часто використовується в системах циркуляції і фільтрації для забезпечення постійної витрати незалежно від значення тиску. Вимірювальним пристроєм є витратомір (лінійний сигнал 4-20 мА) або діафрагма з датчиком перепаду тиску (вторинний сигнал 4-20 мА).

4) Режим зовнішнього частотного керування.

Застосовується, коли використовується зовнішній контролер і єдиним перетворювачем частоти є частотний перетворювач. У цьому режимі швидкість насоса прямо пропорційна вхідному сигналу (4-20 мА).

Перетворювач частоти дозволяє змінювати напрямок обертання валу двигуна, забезпечуючи плавний пуск і зупинку.

3. функція сигналізації

Технологічна сигналізація використовується для інформування обслуговуючого персоналу про те що:

1) Фізичні величини, які перевищують граничні значення, що визначають надійність обладнання;

2) фізичні величини (аварійні сигнали), що виходять за межі, які визначають безпеку експлуатації обладнання; та

3) недопущення спрацьовування технологічних захистів

4) відмова окремих елементів обладнання;

Аварійні сигнали відповідають наступним параметрам:

1) Тиск прямого та зворотного теплоносія в тепловій мережі.

2) Температура прямого та зворотного теплоносіїв теплової мережі;

3) Температура гарячої води на вході в мережу.

4) Функція блокування.

Блокування виконується для параметрів, що беруть участь у регулюванні: [15].

1) Тиск прямого теплоносія. Якщо датчик тиску прямої охолоджувальної води вийшов з ладу, поверніть вентиль на прямому трубопроводі мережевої води в положення 100%, щоб активувати сигналізацію та блокування.

2) Температура гарячої води на вході .

Якщо вийшов з ладу датчик температури гарячої води на вході в мережу, увімкніть аварійну сигналізацію та переведіть клапан у попередньо встановлене положення безпеки - 50%.

3) Температура зворотного теплоносія мережі опалення.

Якщо вийшов з ладу датчик температури зворотного теплоносія опалювальної мережі, переведіть вентиль на трубопроводі прямого водопостачання в положення 100% і увімкніть сигналізацію та блокування.

Метою постановки вище зазначених задач є покращення автоматизації, ефективності та безпеки роботи тепlopункту, а також зменшення залежності від присутності обслуговуючого персоналу шляхом автоматичного контролю та керування процесами.

Температура в магістральній тепломережі повинна бути не менше 50°C, а тиск - не менше 0,45 МПа.

Це важливі показники, на яких базується програмне забезпечення.

Датчики всередині теплотраси зчитують внутрішній тиск і температуру.

Створіть програмний алгоритм (рис. 2.1).

Створений програмний алгоритм повторює послідовну концепцію програмного забезпечення, розробленого для вирішення проблеми.

Датчик зчитує показники в трубі, і якщо дані знаходяться в межах норми, датчик продовжує зчитувати подальші дані. Якщо дані виходять за межі нормального діапазону, вони записуються і надсилаються на "сервер" через модуль.

На "сервері" отримане повідомлення зчитується і записується у файл, цей файл обробляється "сервісом" і дані з цього файлу заносяться в базу даних.

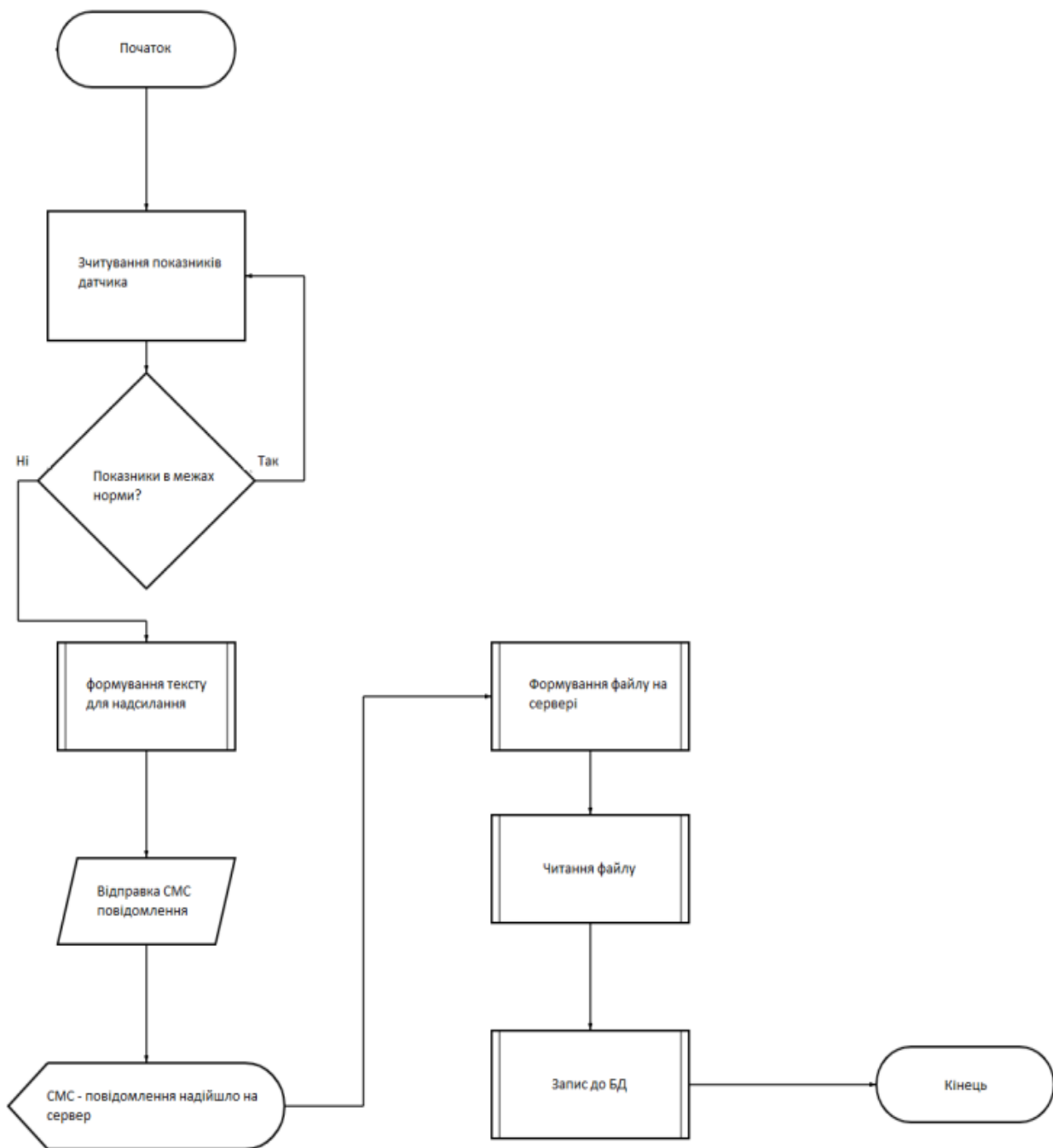



Рисунок 2.1 – Алгоритм роботи програмного забезпечення віддаленого доступу.
Блок-схема основної логіки програми.

2.3 Обґрунтування та вибір технічних рішень.

Вибираємо одну контурну САР для регулювання температури і тиску в системі опалення.

Використовуємо погодозалежні регулятори для регулювання температури теплоносія в системі опалення. Це дозволяє враховувати температуру навколо будівлі без використання комбінованої системи керування. Параметри регулювання слід налаштувати відповідно до значень температури навколишнього середовища або температури в



приміщенні, але вимірювати температуру в приміщенні не рекомендується. Оскільки температура в кожній кімнаті різна, датчики потрібно встановлювати в кожній кімнаті, і всі ці сигнали потрібно вводити в ПЛК, що також вимагає додаткових модулів, значно збільшуючи вартість системи автоматизації.

Температура регулюється електричними клапанами, а тиск - зміною частоти обертання циркуляційних насосів у трубопроводі.

Для керування використовуються ПІ-регулятори, які не мають статичних похибок керування, відносно прості в реалізації, оскільки майже всі сучасні ПЛК мають вбудований блок ПІ-регулятора, та мають низьку чутливість до шумів у каналі вимірювання.

Функціональна структура систем автоматичного керування в технічних установках складається з трьох типів функцій: інформаційної, керування та захисту.

Інформаційна функція:

1. вимірювання та відображення температури теплоносія (20-140 °С) з теплової мережі;

2. вимірювання та індикація температури теплоносія в системі опалення (20-90 °С); та

3. вимірювання температури зовнішнього повітря, від -30°С до 40°С;

4. вимірювання та індикація температури теплоносія з системи опалення, 20-90 °С; 4. вимірювання та індикація температури теплоносія з системи опалення, 20-90 °С

5. вимірювання та індикація тиску теплоносія з теплової мережі, 500÷1000 кПа

6. вимірювання та індикація тиску теплоносія в системі опалення, 200-400 кПа

7. вимірювання та індикація тиску теплоносія з системи опалення, 200-400 кПа

8. вимірювання та індикація тиску теплоносія в тепловій мережі, 500-1000 кПа

9. вимірювання перепаду тиску до і після насоса, що перекачує теплоносії з системи опалення, 0-100 кПа

10. вимірювання перепаду тиску між входом і виходом теплової мережі, 10-60 кПа

11. вимірювання теплової енергії;

12. зберігання даних


Функції управління.

1. стабілізація температури теплоносія в системі опалення на заданому рівні

2. стабілізація тиску теплоносія в системі опалення на постійному рівні.

Функції захисту:

1. захист системи від перегріву зворотного теплоносія; 2. захист



системи від перегріву зворотного теплоносія

2. захист системи від різких перепадів тиску перед насосом
3. захист трубопроводу від надлишкового тиску;
4. захист насоса від сухого ходу.

Вимоги до реалізації інформаційної функції системи автоматичного регулювання.

1. похибка вимірювання всіх вимірювальних приладів повинна бути менше $\pm 5\%$; 2;

2. температура теплоносія повинна вимірюватися за допомогою термопар опору; 3. температура теплоносія повинна вимірюватися за допомогою термопар опору

3. теплову енергію вимірюють комерційними калориметрами, офіційно сертифікованими в Україні.

Опис вимог до реалізації функцій управління системою автоматичного регулювання.

1. для стабілізації температури теплоносія в системі опалення на заданому рівні використовується ПІ-регулятор. Регулювання температури теплоносія здійснюється шляхом зміни перерізу трубопроводу за допомогою регулюючого органу, встановленого на приводі. Для завдання температури теплоносія необхідно реалізувати функцію погодозалежного регулювання. Також необхідно передбачити можливість впливу на виконавчий механізм для коригування його температури, якщо температура зворотного теплоносія з системи опалення вища за задану;

2. використовувати ПІ-регулятор для керування перетворювачем частоти, що живить насос, з метою стабілізації тиску теплоносія в системі опалення на заданому рівні. Насос повинен працювати в режимі "основний-черговий".

Опис вимог до реалізації функції захисту системи автоматичного керування:


1. Якщо температура зворотного теплоносія перевищує задане значення, система автоматично переходить в режим регулювання температури зворотного теплоносія. Це здійснюється за допомогою ПІ-регулятора та виконавчих механізмів, встановлених на корпусі регулятора;

2. при раптовому падінні тиску перед насосом циркуляційний насос зупиняється і автоматично перекидається подача теплоносія в систему опалення;

3. при раптовому падінні тиску перед насосом циркуляційний насос зупиняється і автоматично перекидається подача теплоносія в систему опалення;

4. при виявленні надлишкового тиску в трубопроводі насос припиняє роботу і виводить аварійну сигналізацію;

5. якщо перепад тиску до або після насоса відсутній, насос припиняє роботу і виводить аварійну сигналізацію.



У частині другій було проаналізовано обладнання з боку АСУ ТП для визначення переліку основних параметрів тепlopункту.

Структура АСУ була обрана для трьох регульованих параметрів: температури і тиску в системі опалення та температури теплоносія з системи опалення.

Всі системи управління мають одно контурну структуру системи управління.

Також була описана функціональна структура, що складається з функцій інформування, управління та захисту, і представлені вимоги до реалізації кожної функції.

3 РЕАЛІЗАЦІЯ ЗАПРОПОНОВАНОЇ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ

3.1. Вибір та обґрунтування технічних засобів автоматизації,

САР (система автоматичного регулювання) може бути спроектована для контролю та регулювання технологічного параметра в тепlopункті обігріву приміщень підприємства. В даному випадку, технологічним параметром є тиск у робочому контурі опалення.

Основними компонентами САР будуть:

1. Встановлюється датчик тиску, наприклад, SITRANS P COMPACT 7MF8010. Цей датчик буде вимірювати поточний тиск у робочому контурі опалення та передавати відповідний сигнал САР.

2. Регулятор приймає сигнал від датчика тиску і порівнює його з заданим значенням тиску. Все залежить від розбіжності між цими значеннями, регулятор приймає рішення про відповідну дію для підтримання необхідного тиску в системі.

3. Регулюючим органом може бути електроклапан, який регулює витік або надходження робочої рідини (води або пари) для підтримання необхідного тиску. Він керується сигналом, що надходить від регулятора до проміжного реле та дає відповідно команду, сигнал на вмикання або вимикання насосів.

Таблиця 2.1. Аналогові, дискретні датчики та механізми.

Аналогові датчики			
Параметр	Модель	Діапазон	Сигнал
Витрата води на підживлення	SITRANS F M MAG3100	0-100 м ³ /ч	4-20мА
Тиск води у колекторі на підживлення	SITRANS P COMPACT 7MF8010	0-10 бар	4-20мА
Тиск води у зворотному контурі	SITRANS P COMPACT 7MF8010	0-10 бар	4-20мА
Температура води у зворотному контурі	SITRANS T 7MC1006-1DA1 TH200	0-100 °С	4-20мА
Температура води у зворотному контурі	SITRANS T 7MC1006-1DA1 TH200	0-100 °С	4-20мА
Тиск води на нагнітанні циркуляційного насоса РМ1	SITRANS P COMPACT 7MF8010	0-10 бар	4-20мА
Тиск води на нагнітанні циркуляційного насоса РМ2	SITRANS P COMPACT 7MF8010	0-10 бар	4-20мА
Тиск води на нагнітанні підживлюючого насоса РМ3	SITRANS P COMPACT 7MF8010	0-10 бар	4-20мА
Тиск води на нагнітанні підживлюючого насоса РМ4	SITRANS P COMPACT 7MF8010	0-10 бар	4-20мА
Температура води у прямому контурі	SITRANS T 7MC1006-1DA1 TH200	0-100 °С	4-20мА
Тиск пари на вході теплообміннику К1	SITRANS P COMPACT 7MF8010	0-10 бар	4-20мА

Тиск пари на вході теплообміннику K2	SITRANS P COMPACT 7MF8010	0-10 бар	4-20мА
Витрата пари на тепловий пункт	SITRANS P500		4-20мА
Температура пари на вході теплового пункту	SITRANS T MC72000 TH200	0-1000 °С	4-20мА
Рівень у збірнику конденсату	SITRANS LH100	0-3м	4-20мА
Дискретні датчики			
Параметр	Модель	Діапазон	Сигнал
Кнопка Пуск насосу РМ1	PB0-AA31	-	0-24В
Кнопка Стоп насосу РМ1	PB0-AA42	-	0-24В
Кнопка Пуск насосу РМ2	PB0-AA31	-	0-24В
Кнопка Стоп насосу РМ2	PB0-AA42	-	0-24В
Кнопка Пуск насосу РМ3	PB0-AA31	-	0-24В
Кнопка Стоп насосу РМ3	PB0-AA42	-	0-24В
Кнопка Пуск насосу РМ4	PB0-AA31	-	0-24В
Кнопка Стоп насосу РМ4	PB0-AA42	-	0-24В
Дискретні виконавчі механізми			
Проміжне реле для керування контактором насосу РМ1	Siemens 3RQ/LZX	-	0-24В
Проміжне реле для керування контактором насосу РМ2	Siemens 3RQ/LZX	-	0-24В
Проміжне реле для керування контактором насосу РМ3	Siemens 3RQ/LZX	-	0-24В
Проміжне реле для керування контактором насосу РМ4	Siemens 3RQ/LZX	-	0-24В
Лампа сигналізації падіння тиску у системі	PB0-LS22-24R	-	0-24В
Лампа Робота насоса РМ1 (включена через блок додаткових контактів контактору)	PB0-LS22-24G	-	0-24В
Лампа Робота насоса РМ2 (включена через блок додаткових контактів контактору)	PB0-LS22-24G	-	0-24В
Лампа Робота насоса РМ3 (включена через блок додаткових контактів контактору)	PB0-LS22-24G	-	0-24В
Лампа Робота насоса РМ4 (включена через блок додаткових контактів контактору)	PB0-LS22-24G	-	0-24В



3.2.Проектування САР тиску теплоносію у робочому контурі опалення

Структура програмного забезпечення АСУ ТП (автоматизованої системи управління технологічним процесом) для теплопункту обігріву приміщень може бути наступною:

Рівень нижчого керування (Level 0) є першим рівнем у структурі системи автоматизації технологічного процесу (АСУ ТП) теплопункту. Його головна функція полягає в отриманні даних про технологічні параметри та стан обладнання на пряму з датчиків та перетворенні цих даних у вимірювані значення.

Рівень нижчого керування (Level 0), представлений у вигляді:

1. Включають в себе датчики тиску, які забезпечують вимірювання тиску у робочому контурі опалення теплопункту. Вони розташовані в робочому контурі опалення теплопункту та вимірюють тиск у цьому контурі. Дані, зібрані датчиками тиску, передаються на Рівень керування для подальшої обробки та прийняття рішень.

2. Датчики витрати конденсату, які вимірюють об'єм конденсату, використаного для підтримання тиску у робочому контурі. Розташовані у лінії подачі конденсату і призначені для вимірювання об'єму конденсату, що протікає через систему. Інформація, зібрана датчиками витрати, дозволяє визначити споживання конденсату та використання його для підтримки тиску в системі.

3. Датчики рівня конденсату у збірнику, які контролюють рівень конденсату та уникнення заповітрявання системи. [9] Встановлені у збірнику конденсату і використовуються для контролю рівня рідини в ньому. Вони надають інформацію про кількість конденсату, що наявна у збірнику, і дозволяють системі вчасно реагувати на зміни рівня та забезпечувати правильну роботу насосів та клапанів.


Дані, отримані від датчиків на Рівні нижчого керування, передаються до Рівня керування (Level 1) для подальшої обробки та аналізу. Це дозволяє системі здійснювати керування та контроль технологічними процесами теплопункту з використанням отриманих вимірюваних значень.

Рівень керування (Level 1):

1. Контролери логічного програмування (ПЛК): Відповідають за збір та обробку даних з датчиків та прийняття рішень щодо керування системою.

2. Алгоритми керування: Містять логіку керування, яка базується на вимогах до тиску у робочому контурі. Алгоритми визначають, коли вмикаються та вимикаються насоси, які регулюють тиск.

Рівень керування (Level 1) є другим рівнем у структурі системи автоматизації технологічного процесу (АСУ ТП) теплопункту. Його головна функція полягає в обробці даних, отриманих з Рівня нижчого



керування, та в прийнятті рішень щодо керування процесами в тепlopункті. [9]

Основними компонентами рівня керування є контролери та програмне забезпечення, які виконують обробку даних та визначають оптимальні стратегії керування для забезпечення ефективної роботи тепlopункту. Деякі деталі про Рівень керування (Level 1) включають:

1. Контролери, які виконують обробку вхідних даних, отриманих від датчиків на Рівні нижчого керування. Контролери виконують розрахунки, алгоритми та логіку керування, щоб забезпечити оптимальну роботу системи. Вони приймають рішення щодо керування на основі заданих параметрів та вимог експлуатації.

2. Рівень керування включає програмне забезпечення, яке забезпечує інтерфейс для взаємодії з операторами та інженерами. Це може бути графічний інтерфейс, де оператори можуть бачити стан системи, моніторити параметри, налаштовувати параметри керування та приймати рішення щодо оптимальної роботи тепlopункту.

3. Рівень керування включає розроблені алгоритми керування, які визначають оптимальні стратегії та режими роботи тепlopункту. Ці алгоритми базуються на знаннях технологічних процесів, вимогах ефективності та безпеки, а також на вхідних даних, що надходять від Рівня нижчого керування.

4. Рівень керування генерує керуючі сигнали, які використовуються для керування різними пристроями та обладнанням у тепlopункті. Ці сигнали можуть бути електричними, пневматичними або іншого типу залежно від використаної технології та обладнання.

5. Рівень керування забезпечує функції моніторингу та діагностики, які дозволяють операторам та інженерам відстежувати стан системи, виявляти проблеми або несправності та приймати відповідні заходи для їх вирішення. Це може включати спостереження за параметрами роботи, аварійні сигнали, журнали подій та інші засоби контролю.

Обрана нами в дипломному проекті апаратна частина повністю відповідає поставленим вимогам.

На рис. 3.1 та 3.2 наведено апаратну частину автоматизації тепlopункту.

За допомогою TIA Portal сконфігуровано набір апаратної частини.

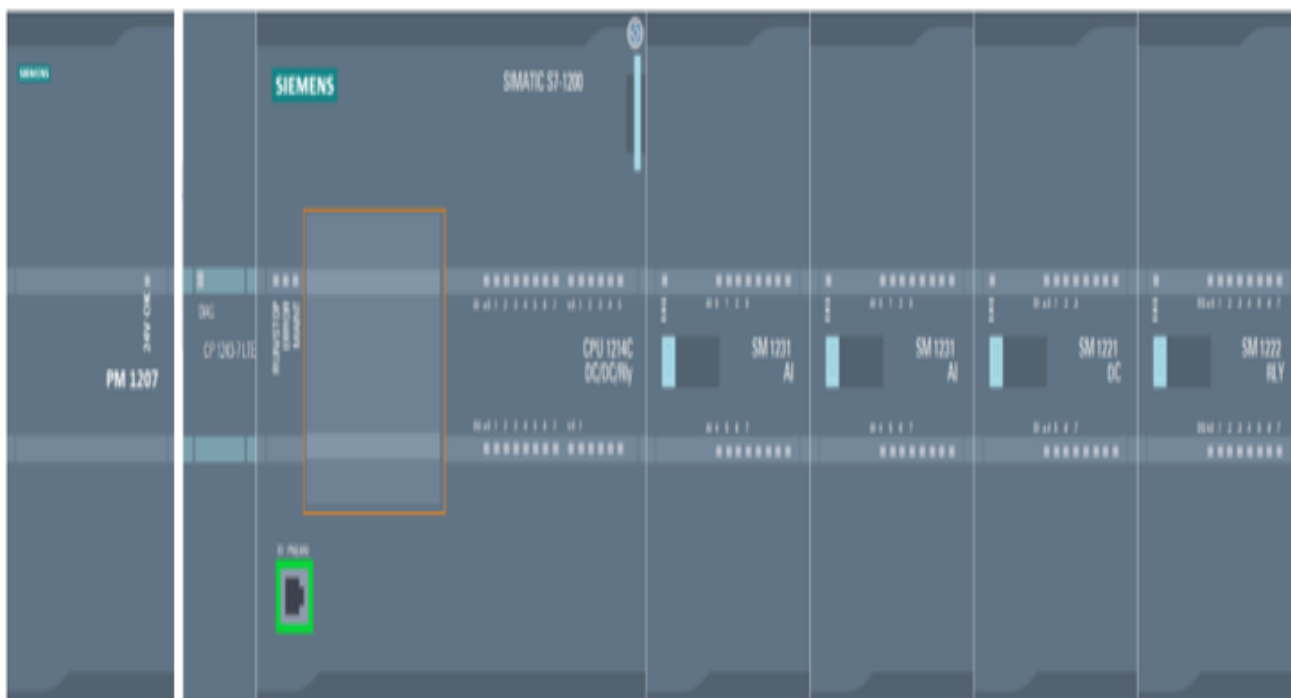


Рисунок 3.1 – Апаратна частина автоматизації теплопункту.

6EP1332-1SH71	SIMATIC PM1207/1AC/DC24B/2.5A	1 шт.	1
6GK7243-7KX30-0XE0	коммуникационный процессор CP 1243-7 LTE	1 шт.	1
6NH9860-1AA00	Антенна ANT794-4MR, 2G / 3G / 4G EC сети	1 шт.	1
6ES7214-1HG40-0XB0	CPU 1214C, DC/DC/Relay, 14DI/10DO/2AI	1 шт.	1
6ES7231-4HF32-0XB0	Analog Input SM 1231, 8AI	2 шт.	2
6ES7221-1BF32-0XB0	Digital Input SM 1221, 8DI, 24V DC	1 шт.	1
6ES7222-1HH32-0XB0	Digital Output SM1222, 16 DO, Relay	1 шт.	1


Рисунок 3.2 – Головні засоби автоматизації.

Рівень керування (Level 1) є проміжним рівнем між рівнем нижчого керування та Рівнем вищого керування. Він виконує важливі функції з обробки даних, алгоритмів керування та взаємодії з операторами для забезпечення ефективного та безпечного функціонування теплопункту.

Наступний рівень вищого керування (Level 2). Комп'ютери та/або сервери забезпечують централізоване керування теплопунктом та інтеграцію з іншими системами в будівлі, наприклад, системами моніторингу або керування енергоефективністю.

Графічні інтерфейси надають зручний спосіб візуалізації параметрів теплопункту, таких як тиск, витрати та рівень конденсату. Оператори можуть спостерігати стан системи та виконувати необхідні налаштування.

Рівень вищого керування (Level 2) є найвищим рівнем у структурі системи автоматизації технологічного процесу (АСУ ТП) теплопункту. Його головна функція полягає в керуванні та нагляді за виробничими процесами теплопункту з використанням високо рівневих стратегій та прийнятті глобальних рішень.



Система моніторингу та візуалізації: Рівень вищого керування забезпечує можливість моніторингу та візуалізації стану тепlopункту. Це може бути відображення даних про параметри процесу, статус обладнання, журнали подій та інші інформаційні елементи, що допомагають операторам та інженерам отримати повну картину процесів в реальному часі.

Аналітика та оптимізація: Рівень вищого керування включає алгоритми та інструменти для аналізу даних та оптимізації роботи тепlopункту. Він може використовувати статистичні методи, прогностичні моделі, машинне навчання та інші техніки для виявлення незвичайних змін, прогнозування навантаження, виявлення аномалій та покращення ефективності роботи системи.

Інтеграція з іншими системами: Рівень вищого керування може взаємодіяти з іншими системами, такими як системи управління енергетичними ресурсами, системи моніторингу довкілля, системи управління безпекою, системи управління обслуговуванням та інші. Це дозволяє забезпечити інтегрований підхід до керування тепlopунктом і покращити його ефективність та безпеку.

Рівень вищого керування є важливою складовою АСУ ТП тепlopункту, оскільки він забезпечує глобальне керування, моніторинг та аналіз процесів. Цей рівень дозволяє операторам та інженерам приймати стратегічні рішення та оптимізувати роботу тепlopункту для досягнення максимальної ефективності, енергозбереження та комфорту.

Розробка алгоритмічного та програмного забезпечення для задачі верхнього рівня АСУТП вимагає детального аналізу конкретних потреб та вимог.

Основні компоненти програмного забезпечення на верхньому рівні АСУТП можуть включати: [2]

1. Збір та обробка даних. Розробка модулів для збору даних з датчиків тепlopункту та інших джерел (тиск, температура, витрати тощо).

Обробка та агрегація даних для подальшого аналізу.

2. Аналіз даних. Реалізація алгоритмів для аналізу зібраних даних та виявлення аномалій, несправностей або потенційних проблем.


Розрахунки та обчислення для оцінки ефективності та оптимізації процесів.

3. Прийняття рішень. Розробка алгоритмів керування, оптимізації та стратегій регулювання параметрів системи на основі аналізу даних.

Визначення оптимальних налаштувань та керуючих сигналів для досягнення поставлених цілей.

4. Комунікація та інтеграція. Розробка модулів для зв'язку з нижчими рівнями керування, включаючи передачу команд та отримання даних.

Інтеграція з іншими системами та обладнанням, які взаємодіють з тепlopунктом.



5. Моніторинг та звітність. Реалізація модулів для моніторингу стану процесів, відстеження результатів виконаних команд та змінених параметрів.

Генерація звітів, статистики та візуалізація даних для аналізу та прийняття рішень.

Це лише загальний опис компонентів, які можуть бути включені в алгоритмічне та програмне забезпечення для задачі верхнього рівня АСУ ТП. Деталізація та конкретизація цих компонентів буде залежати від конкретних вимог, технічних характеристик теплопункту та системи керування.

Що до задачі верхнього рівня АСУ ТП для вищезазначеного теплопункту може бути сформульована наступним чином:

Завдання: Розробити систему автоматизованого керування теплопунктом для забезпечення оптимального режиму опалення приміщень з урахуванням технологічних вимог та максимізації енергоефективності.

Окреслимо наступні підзадачі:

1. Збір та обробка даних. Забезпечити збір даних з датчиків теплопункту, включаючи тиск, температуру, витрати та інші важливі параметри.

Обробити та агрегувати зібрані дані для подальшого аналізу та прийняття рішень.

2. Аналіз даних. Розробити алгоритми для аналізу зібраних даних та виявлення аномалій, несправностей або потенційних проблем.

Визначити оптимальні параметри режиму опалення на основі аналізу даних та врахування технологічних вимог.

3. Керування процесами. Розробити алгоритми керування для регулювання параметрів теплопункту, зокрема тиску в робочому контурі опалення.

Забезпечити автоматичне керування роботою насосів та клапанів для підтримання необхідного тиску та оптимального режиму роботи.

4. Комунікація та інтеграція. Забезпечити зв'язок та інтеграцію з нижчими рівнями керування, передавати команди та отримувати дані для взаємодії з обладнанням теплопункту.

Інтегрувати систему керування з іншими системами, наприклад, системою моніторингу та управління енергопостачанням.

5. Моніторинг та звітність. Забезпечити моніторинг роботи теплопункту та системи керування.

Генерувати звіти, статистику та візуалізацію даних для аналізу та прийняття рішень.


Ця задача вимагає розробки алгоритмічного та програмного забезпечення, яке забезпечить автоматизоване керування теплопунктом з метою досягнення оптимального режиму опалення та енергоефективності.



Схема 3.1 – Алгоритм роботи задач верхнього рівня АСУТП

Веб-сторінка системи моніторингу використовується як SCADA-система. На цій веб-сторінці відображається вся основна інформація про стан теплового пункту:

1. відображається графік всіх виміряних температур;
2. відображається графік значень тиску в системі опалення;
3. можна змінювати параметри системи;
4. таблиця містить всю інформацію про роботу системи за останні 24 години.



Веб-сторінки написані мовою гіпертекстової розмітки HTML з використанням CSS та JavaScript. Логіка сторінки та обробка даних написана на мові програмування PHP. Вся інформація, що відображається на веб-сторінках, отримується з бази даних за допомогою спеціальних запитів.

Деякі користувачі можуть лише бачити інформацію і не можуть вносити жодних змін до системи, тоді як інші можуть бачити і змінювати дані в системі.

Це пов'язано з тим, що достатня кількість людей повинна мати доступ до інформації одночасно.

Для мережевого зв'язку між ПЛК і сервером бази даних використовується протокол зв'язку Modbus-TCP і інтерфейс Ethernet. Це рішення було обрано тому, що ПЛК і сучасні комп'ютери мають такий інтерфейс і обидва пристрої підтримують протокол зв'язку.

Для мережевого обміну між ПЛК та теплोलічильником було вирішено використовувати інтерфейс RS485 та протокол обміну Modbus-RTU. Таке рішення було прийнято тому, що обраний інтерфейс доступний на обох пристроях і підтримує протокол Modbus-RTU.

Людино-машинний інтерфейс був розроблений у вигляді веб-сервісу для диспетчеризації та моніторингу стану теплових пунктів; веб-сервіс був написаний на мові HTML, з використанням CSS та Bootstrap3, з використанням PHP та JavaScript мови програмування використовуються для створення динамічних сторінок та обробки інформації з бази даних.

Розроблений сервіс має головну сторінку, на якій відображається вся інформація про стан системи. Головна сторінка складається з наступних елементів

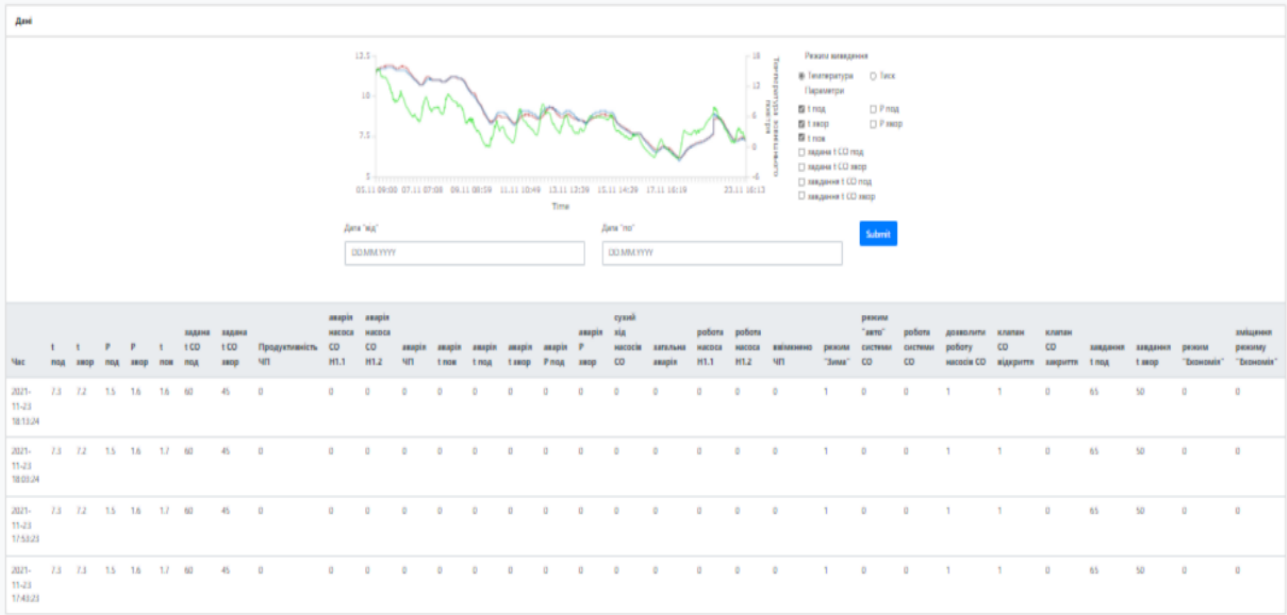
1. графік зміни основних параметрів теплового пункту: температури та тиску теплоносія, температури зовнішнього повітря. Також можна змінювати режим виведення параметрів;

2. таблиця, що містить всю інформацію про стан системи, включаючи аварійні сигнали

3. блоки для введення даних в систему в ручному режимі, наприклад, вибір режиму управління, вмикання та вимикання системи тощо.



ІТР2



Внести дані вручну

Температура встановлюючого повітря 1

Температура води на подці 1

Температура аварійної води 1

Температура встановлюючого повітря 2

Температура води на подці 2

Температура аварійної води 2

Температура встановлюючого повітря 3

Температура води на подці 3

Температура аварійної води 3

Уставка температури на подці

Уставка температури аварійної води

Збільшено режиму "Економія"

Режим "Економія"

Так

Ні

Забезпечити усталовку

Так

Ні

Керування по температурі подці

Так


Ні

Керування по поточному графіку

Так

Ні

Рисунок 3.3 - Візуалізація головної сторінки WEB-сервісу



У таблиці виводиться інформація про стан системи, що може знадобитись користувачу, за останні 40 хвилин:

1. Час та дата;
2. *t* под.;
3. *t* звор.;
4. *P* под.;
5. *P* звор.;
6. *t* пов.;
7. задана *t* СО под.;
8. задана *t* СО звор.;
9. Продуктивність ЧП;
10. аварія насоса СО Н1.1;
11. аварія насоса СО Н1.2;
12. аварія ЧП;
13. аварія *t* пов.;
14. аварія *t* под.;
15. аварія *t* звор.;
16. аварія *P* под.;
17. аварія *P* звор.;
18. сухий хід насосів СО;
19. загальна аварія;
20. робота насоса Н1.1;
21. робота насоса Н1.2;
22. ввімкнено ЧП;
23. режим "Зима";
24. режим "авто" системи СО;
25. робота системи СО;
26. дозволити роботу насосів СО;
27. клапан СО відкриття;
28. клапан СО закриття;
29. завдання *t* под.;
30. завдання *t* звор.;
31. режим "Економія";
32. зміщення режиму "Економія".

Температура зовнішнього повітря 1 <input type="text"/> <input type="button" value="Внести значення"/>	Температура води на подачі 1 <input type="text"/> <input type="button" value="Внести значення"/>	Температура зворотної води 1 <input type="text"/> <input type="button" value="Внести значення"/>	
Температура зовнішнього повітря 2 <input type="text"/> <input type="button" value="Внести значення"/>	Температура води на подачі 2 <input type="text"/> <input type="button" value="Внести значення"/>	Температура зворотної води 2 <input type="text"/> <input type="button" value="Внести значення"/>	
Температура зовнішнього повітря 3 <input type="text"/> <input type="button" value="Внести значення"/>	Температура води на подачі 3 <input type="text"/> <input type="button" value="Внести значення"/>	Температура зворотної води 3 <input type="text"/> <input type="button" value="Внести значення"/>	
Уставка температури на подачі <input type="text"/> <input type="button" value="Внести значення"/>	Уставка температури зворотної води <input type="text"/> <input type="button" value="Внести значення"/>	Зміщення режиму "Економія" <input type="text"/> <input type="button" value="Внести значення"/>	
Режим "Економія" <input type="radio"/> Так <input checked="" type="radio"/> Ні <input type="button" value="Внести значення"/>	Увімкнути установку <input type="radio"/> Так <input checked="" type="radio"/> Ні <input type="button" value="Внести значення"/>	Керування по температурі подачі <input type="radio"/> Так <input checked="" type="radio"/> Ні <input type="button" value="Внести значення"/>	Керування по погодному графіку <input type="radio"/> Так <input checked="" type="radio"/> Ні <input type="button" value="Внести значення"/>


Рисунок 3.6 - Блок внесення даних

Блок введення інформації на рисунку 3.6 дозволяє оператору виконувати всі операції, необхідні для роботи автоматичного теплового пункту.

Створений сервіс також має гілку прав доступу користувачів. А саме, оператор - користувач, який має право переглядати інформацію, вносити зміни в систему, вручну вводити температурні параметри та змінювати режим роботи системи - та супервайзер - користувач, який може лише переглядати інформацію на сторінці, але не вносити зміни.

Користуватися системою диспетчеризації та моніторингу теплових пунктів можна лише за наявності логіна та пароля доступу, які запитуються при завантаженні сторінки.

Рисунок. 3.7 – Вхід до WEB-сервіс диспетчеризації та моніторингу теплопункту



3.3 Математичне, алгоритмічне та програмне забезпечення окремих задач системи

Результати розв'язання задач в системі керування технологічними процесами теплового пункту мають наступне практичне значення:

1. за рахунок автоматичного керування процесами в теплому пункті досягається оптимальне використання ресурсів, знижується енергоспоживання та підвищується ефективність системи тепlopостачання;

2. оптимальний контроль параметрів теплового пункту, таких як тиск, температура і витрата, знижує витрати на опалення та експлуатацію системи;

3. автоматичне регулювання параметрів теплового пункту забезпечує стабільну температуру та комфортні умови в приміщенні відповідно до потреб користувачів;

4. автоматична система управління виявляє та реагує на можливі аварійні ситуації, забезпечує безпеку та запобігає можливим поломкам.

Автоматичні системи управління технологічними процесами надають операторам зручні інструменти для моніторингу, контролю та аналізу параметрів теплових станцій, спрощуючи процес управління та зменшуючи трудомісткість.


Загалом, впровадження АСУ ТП для теплопункту має значний практичний потенціал у поліпшенні ефективності та управління опалювальними системами, забезпеченні комфорту користувачів, зниженні витрат та покращенні безпеки.

У цьому розділі розроблено функціональну схему автоматизації. На функціональній схемі автоматизації показані всі трубопроводи та об'єкти технічного контролю з необхідним обладнанням для впровадження автоматизації та інформатизації. В даному розділі були обрані прилади для вимірювання необхідних параметрів, програмовані логічні контролери та виконавчі механізми. Все вибране обладнання було виготовлено в Україні або брэндами, які вважаються світовими лідерами у виробництві засобів автоматизації.

Також було обрано варіант SCADA-системи та прийнято рішення про створення веб-сервісу, який би дозволив одночасно підключитися достатній кількості користувачів.

Також було прийнято рішення про спосіб мережевого обміну даними всередині системи. Для обміну даними використовується вбудований інтерфейс програмованого логічного контролера, це ж стосується і пристроїв, які необхідно підключити до ПЛК, теплового лічильника та комп'ютера оператора, які також мають вбудовані інтерфейси для використання і підтримують обрані протоколи зв'язку Програмне забезпечення ПЛК складається з двох блоків.

Програмне забезпечення ПЛК складається з двох блоків, один з яких



відповідає за контроль тиску теплоносія в системі опалення, а інший - за контроль температури теплоносія всередині і зовні системи опалення. У частині програмного забезпечення, що відповідає за управління тиском теплоносія, ПІД-регулятор розраховує сигнал для управління перетворювачем частоти, який визначає, який з двох насосів повинен працювати в даний момент часу. У частині програмного забезпечення, що відповідає за контроль температури теплоносія в системі опалення, розраховуються положення виконавчих механізмів з урахуванням того, який теплоносіє потрібно контролювати.

Якщо температура зворотного теплоносія з системи опалення перевищує задане значення на певний відсоток, система самостійно перемикається з регулювання температури теплоносія в систему опалення на регулювання температури теплоносія з системи опалення. У той же час, коли температура зворотного теплоносія встановлюється на прийнятне значення, система повертається до контролю температури теплоносія в системі опалення.

SCADA-система була розроблена у вигляді веб-сервісу з таблицею, що містить всю інформацію про тепловий пункт, включаючи історичні тренди і аварійні сигнали, і блоком управління системою, що дозволяє користувачеві з правами оператора змінювати параметри системи SCADA в форматі веб-сервісу. Система дозволяє декільком користувачам одночасно підключатися до системи і переглядати технологічний процес теплообмінної станції.

У середовищі розробки програмного забезпечення для ПЛК створено програму для демонстрації роботи частини написаного у розділі 4 коду, через наявність моделі та регулятора для об'єкта лише для контуру регулювання температури теплоносія із системи опалення. Також було додано можливість обміну інформацією ПЛК з середовищами MATLAB Simulink та Node-RED за допомогою протоколів OPC-UA та Modbus-TCP відповідно.

Для налаштування обміну даними між моделлю та ПЛК за протоколом OPC-UA було створено OPC-сервер за допомогою CODESYS OPC Configurator. Ще потрібно обрати які саме змінні будуть обмінюватися інформацією між з CODESYS та Simulink, це робиться за допомогою Symbol Configuration у CODESYS, де просто обираються необхідні змінні.

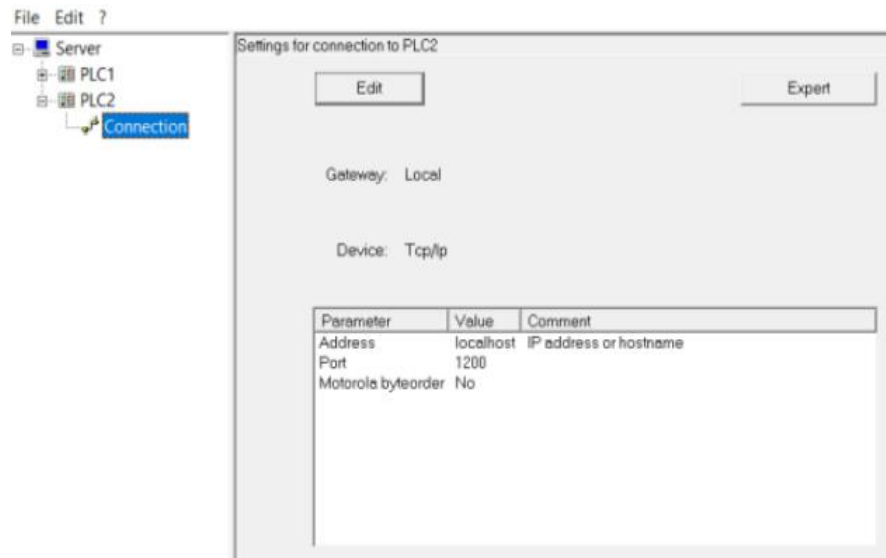


Рисунок 3.8 - Налаштування CODESYS OPC Configurator

Для зв'язку було використано елементи з бібліотеки OPC Toolbox, а саме OPC Configurator, OPC Read та OPC Write.

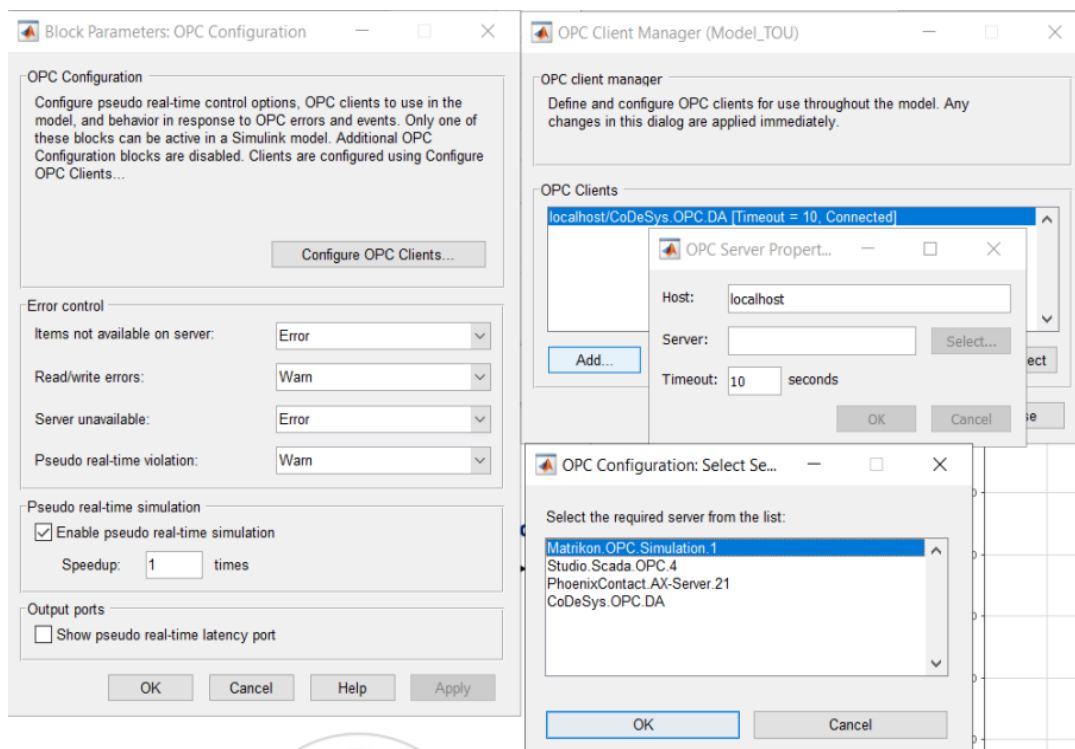


Рисунок 3.9 - Налаштування блоку OPC Configurator у Simulink

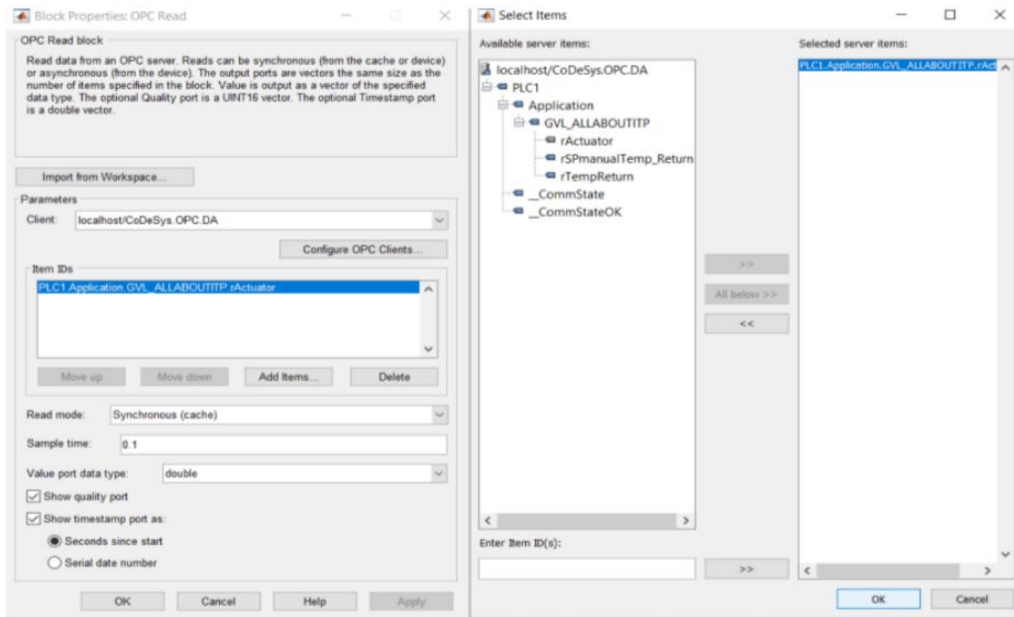


Рисунок 3.10 - Налаштування одного з блоків OPC Read у Simulink

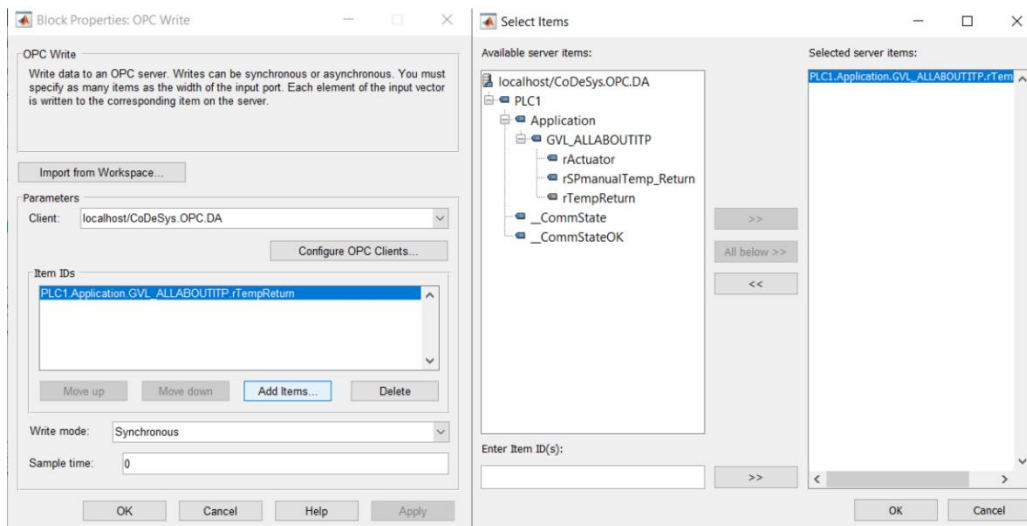


Рисунок 3.11 - Налаштування блоку OPC Write у Simulink

Також було розроблено програмне забезпечення, яке дозволяє архівувати дані в середовищі Node-RED. За допомогою цього програмного забезпечення Node-RED опитує ПЛК через протокол Modbus-TCP, в цьому випадку контролер виступає в ролі сервера і передає дані в базу даних. База даних заздалегідь розроблена і містить багато різної інформації про теплову станцію. Тому під час моделювання вводяться лише рядки температури зворотного теплоносія та температури зовнішнього повітря, інші значення задаються статично і залишаються незмінними.

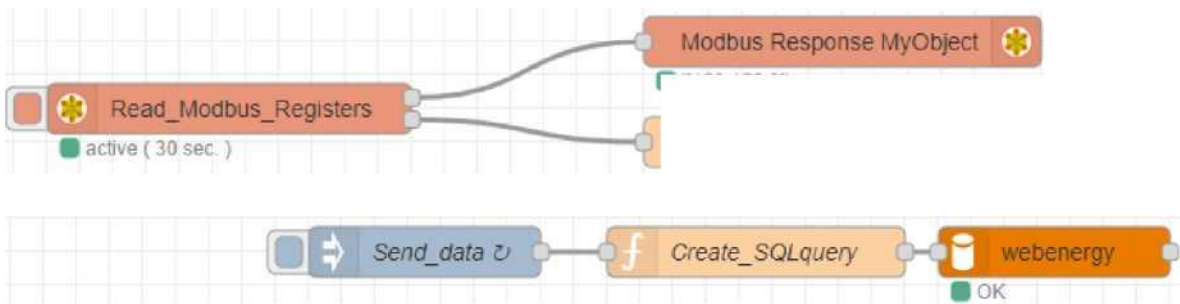


Рисунок 3.12 - Програмний код у Node-RED

Ланцюжок `Read_Modbus_Registers` ^ `Create_MySystem` зчитує дані з ПЛК за допомогою реєстрів Modbus-TCP і зберігає їх у середовищі у форматі JSON. Ланцюжок вузлів `Send_data` ^ `Create_SQLquery` ^ `webenergy` відповідає за відправку даних до бази даних. Через високу інерційність системи, архівування даних про стан відбувається кожні 10 хвилин. Оскільки дані змінюються дуже повільно, немає сенсу архівувати величезні обсяги інформації, які майже не змінюються за цей час, але займають багато місця на носії.

Загалом, вищевикладене ілюструє основні принципи дистанційної передачі сигналів та інформації від ПЛК до служби комбінованого виробництва теплової та електричної енергії.



4 ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ЗАПРОПОНОВАНОЇ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ

Техніко-економічне обґрунтування – це аналіз, розрахунок, оцінка економічної доцільності здійснення запропонованого проекту.

Темою даного дипломного проекту є розробка системи автоматизації теплового пункту, призначена для автоматичного регулювання температури теплоносія в системі опалення радіатора залежно від температури вуличного повітря, а також підтримки стабільної температури і тиску води в системі. Розроблена система повинна забезпечити підтримку комфортної температури в приміщеннях, що обігріваються, виключити можливість перегріву, тим самим знижуючи кількість споживаної теплової енергії і разом з цим зменшуючи фінансові витрати на купівлю тепла у теплопостачальної організації. Також після встановлення даної системи відпаде необхідність регулярного ручного регулювання робочих параметрів теплоносія, що знизить витрати на оплату праці персоналу, який обслуговує цей тепловий пункт.

Метою цього економічного розрахунку є визначення економічного ефекту від запровадження системи автоматичного управління тепловим пунктом.

Система автоматизації приносить такі вигоди:

1. зменшення витрат на споживану теплову енергію (20-30% від річного споживання);
2. зменшення витрат на обслуговування;
3. підтримання стабільної комфортної температури у приміщеннях;
4. зниження ймовірності аварійних ситуацій;
5. зменшення зносу обладнання;
6. підвищення виробничої безпеки.
7. перед початком розробки складається перелік всіх основних етапів та видів робіт, які мають бути виконані. По кожному етапу та виду робіт зазначаються їх конкретні виконавці.
8. розподіл робіт за етапами, видами та посадами виконавців наведено у таблиці 4.1 [12]

Таблиця 4.1 - Таблиця розподілу робіт.

Етап роботи	Вид діяльності	Трудомісткість, чол./дні	Керівник
Розробка технічного завдання (ТЗ)	Складання та затвердження ТЗ	5	Виконавець
Вивчення ТЗ	Збір та вивчення документації на тему розробки	5	
	Огляд технічних рішень	5	Виконавець
Етап роботи	Вид діяльності	Трудомісткість, чол./дні	Виконавець
Розробка функціональної схеми	Розробка та моделювання об'єкта	5	Виконавець
Розрахунок системи	Розробка загальної методики проведення розрахунку	5	
	Вибір обладнання	5	Виконавець
Розробка принципової електричної схеми	Розробка та опис принципової електричної схеми	5	Виконавець
Складання та оформлення документації на систему	Оформлення звіту з розрахункової частини	5	
	Оформлення технічної документації	5	
Етап роботи	Вид діяльності	Трудомісткість, чол./дні	Керівник
Аналіз результатів роботи	Оцінка підсумкових результатів	5	Керівник
Етап роботи	Оформлення документації на систему	5	Виконавець

Таблиця 4.2 - Перелік робіт з технічного обслуговування ТП включає:

№	РОБОТИ	Періодичність
1.	Ручне регулювання параметрів теплоносія щодо поточної вуличної температури	1 раз на день
2.	Контролює параметри (тиск і температура) теплоносія, що надходить з тепломережі та повертається в тепломережу, а також параметрів теплоносія, що надходить і повертається з кожної із систем теплоспоживання.	1 раз на день
3.	Ручне перемикання режимів роботи насосів систем опалення	Через 12 годин
4.	Огляд обладнання ТП із записом в оперативному журналі (перевіряється на відсутність течій, патьоків, а також мокрих плям на зовнішній поверхні теплової ізоляції)	1 раз на день
5.	Огляд вхідних засувок, вхідних та вихідних колекторів	1 раз на день
6.	Огляд дренажних приямків	1 раз на день
7.	Огляд найбільш відповідальних елементів ТП: - теплообмінних апаратів - запобіжних клапанів - насосів - запірної арматури - приладів КВП	1 раз на день
8.	Перевірка режимів роботи насосів систем опалення	1 раз на день
9.	Перевірка дії зворотних клапанів	1 раз на місяць
10.	Оцінка технічного стану та деякі технологічні операції відновлювального характеру: регулювання та налагодження, очищення, мастило, заміна деталей, що вийшли з ладу без значного розбирання, усунення дрібних дефектів	По мірі необхідності
11.	Промивання фільтрів	По мірі необхідності
12.	Ремонт чи заміна обладнання ІТП, промивання теплообмінників	по необхідний.

Витрати обслуговування:

$$C_{\text{ТОиР}} = C_M \cdot t_p,$$

де: C_M -тарифна ставка експлуатаційного робочого розряду грн/год
 $C_M = 150$ грн/ч, ставка середня.

t_p -трудомісткість ремонтних робіт, год/міс ($t_p = 60$ год/міс).

$$C_{\text{ТОиР}} = 150 * 60 = 9000 \text{ грн/міс}$$

Експлуатаційні витрати після встановлення системи автоматизації.
 Перелік робіт з технічного обслуговування автоматизованого

теплопункту включає: [15]

№	РОБОТИ	Періодичність
1.	Перевірка роботи та коригування налаштування електронних контролерів опалення, ГВП	1 раз в тиждень
2.	Контролює параметри (тиск і температура) теплоносія, що надходить з тепломережі та повертається в тепломережу, а також параметрів теплоносія, що надходить і повертається з кожної із систем теплоспоживання.	1 раз в тиждень
3.	Огляд обладнання ТП із записом в оперативному журналі (перевіряється на відсутність течій, патьоків, а також мокрих плям на зовнішній поверхні теплової ізоляції)	1 раз в тиждень
4.	Огляд вхідних засувок, вхідних та вихідних колекторів	1 раз в тиждень
5.	Огляд дренажних приямків	1 раз в тиждень
6.	Огляд найбільш відповідальних елементів ІТП: - теплообмінних апаратів - запобіжних клапанів - насосів - запірної арматури - приладів КВП	1 раз в тиждень
7.	Перевірка режимів роботи насосів систем опалення, ГВП	1 раз в тиждень
8.	Перевірка дії зворотних клапанів	1 раз на місяць
9.	Оцінка технічного стану та деякі технологічні операції відновлювального характеру: регулювання та налагодження, очищення, мастило, заміна деталей, що вийшли з ладу без значного розбирання, усунення дрібних дефектів	По мірі необхідності
10.	Промивання фільтрів	По мірі необхідності
11.	Ремонт чи заміна обладнання ІТП, промивання теплообмінників	По мірі необхідності

Таблиця 4.3 - Перелік робіт з технічного обслуговування ТП включає:

Затрати на обслуговування:

$$C_{\text{ТОиР}} = C_M \cdot t_p$$

де: C_M -тарифна ставка експлуатаційного робочого розряду, грн/час
 $C_M = 150$ грн/ч, ставка середня.

t_p - трудомісткість ремонтних робіт, год/міс ($t_p = 4$ год/міс).

$$C_{\text{ТОиР}} = 150 * 4 = 600 \text{ грн/міс}$$

Розрахунок річного економічного ефекту та терміну окупності.



Річний економічний ефект розраховується за такою формулою:

$$\mathcal{E}_r = Z_1 - Z_2$$

Z_1, Z_2 - наведені витрати до та після модернізації;

$$Z_{1,2} = C_{TOuP1,2} + E_{II} \cdot K_{1,2}$$

$C_{TOuP1,2}$ - витрати на обслуговування та ремонт до та після модернізації;

$E_{II} = 0.1$ - коефіцієнт економічної ефективності капітальних вкладень;

Перетворюючи цю формулу отримаємо такий вираз:

$$\mathcal{E}_r = (C_{TOuP1} - C_{TOuP2}) - E_{II} \cdot \Delta K$$

Додаткові капітальні вкладення:

$$\Delta K = 55980,92 + 111313,54 = 167294,46 \text{ грн.}$$

$$\mathcal{E}_r = (108000 - 7200) - 0.1 \cdot 167294,46 = 84070,55 \text{ грн.}$$

Термін окупності визначається за такою формулою:

$$T = \frac{\Delta K}{\mathcal{E}_r}$$

Встановлення системи автоматизації ТП призведе до: [7]

1. зменшення витрат на ТО;
2. зменшенню витрат на споживану теплову енергію (20-30% від річного споживання);
3. підтримці стабільної комфортної температури у приміщеннях;
4. зниження ймовірності аварійних ситуацій;
5. зменшенню зносу обладнання;
6. підвищення виробничої безпеки.

Проведені розрахунки показують економічну доцільність встановлення системи автоматизації теплового пункту, оскільки річний економічний ефект становить 84 070,55 грн. та термін окупності 2 роки 10 місяців.



ВИСНОВКИ

Під час виконання дипломної роботи було реалізовано розробку системи автоматизації теплового пункту. У ході виконання роботи був розрахований частотний перетворювач для управління насосами, розраховані та обрані двоходові клапани з електроприводами, що регулюють витрату теплоносія для підтримки заданої температури, а до них обрані контролери, що управляють, і датчики.

- Функціональна схема системи автоматизації теплового пункту;
- Принципова схема системи автоматизації теплового пункту;
- Схеми підключення обладнання.

В результаті розробки були досягнуті цілі, поставлені на початку практики, при реалізації АСУТП:

1. зменшення витрат на споживану теплову енергію;
2. зменшення витрат на обслуговування;
3. підтримання стабільної комфортної температури у приміщеннях;
4. знижується ймовірність аварійних ситуацій;
5. зменшення зносу обладнання;
6. підвищення виробничої безпеки.

У заключних розділах дипломної роботи було розглянуто загальні питання: техніко-економічне обґрунтування, визначено заходи щодо безпеки життєдіяльності.

З розрахунків, отриманих у техніко-економічному обґрунтуванні, можна дійти висновку, що модернізація доцільна і нова система окупиться за 2 роки 10 місяців, повна окупність 4 роки.

В процесі виконання дипломної роботи були отримані наступні теоретичні висновки та практичні рекомендації:

Теоретичні висновки:

Автоматизована система управління тепловим пунктом (АСУ ТП) є ефективним інструментом для оптимізації процесів опалення і підтримки оптимальних умов в приміщеннях.


АСУ ТП дозволяє автоматизувати контроль і керування параметрами теплового пункту, такими як тиск, температура, витрати тощо, що призводить до покращення ефективності системи та зниження витрат.

Рівні керування в АСУ ТП (Level 0-3) виконують певні функції та забезпечують ієрархічну структуру управління, починаючи від контролю технологічних процесів до взаємодії з користувачем.

Практичні рекомендації:

Рекомендується встановити сучасні сенсори та датчики для збору точних даних про параметри теплового пункту, що дозволить забезпечити точне керування і моніторинг процесів.

Використовуйте надійне програмне забезпечення для АСУ ТП, забезпечуючи надійну та безперебійну роботу системи.



Забезпечуйте регулярне обслуговування і технічне обслуговування обладнання тепlopункту, щоб підтримувати його оптимальну роботу та запобігати виникненню аварійних ситуацій.

Надає операторам тепlopункту необхідне навчання та підтримку для ефективного використання АСУ ТП і вирішення можливих проблем.

Постійний моніторинг та аналізу даних, зібрані АСУ ТП, для виявлення можливих відхилень та покращення ефективності системи.


Отримані результати вирішення поставленої задачі демонструють, що впровадження АСУ ТП у тепlopункт одного з коксохімічних підприємств України виявилось досить успішним. Система автоматизованого керування дозволяє ефективно контролювати та керувати параметрами тепlopункту, забезпечуючи оптимальні умови опалення приміщень. В результаті спостерігається зниження витрат енергії, покращення якості обслуговування та зниження ризиків аварійних ситуацій.

Ці практичні результати мають велику значущість, оскільки вони приносять явну користь для тепlopункту та його користувачів. Ефективне керування тепlopунктом дозволяє знизити витрати на опалення, забезпечити комфортні умови в приміщеннях, зменшити вплив на довкілля та покращити загальну продуктивність системи опалення. Крім того, автоматизація процесів управління спрощує роботу операторів та зменшує ймовірність помилок.

Система управління тепlopункта зараз включає декілька манометрів та гідростатичний рівнемір, регулювання поточних параметрів здійснюється обслуговуючим персоналом виключно у ручному режимі. Тому система автоматичного регулювання (САР) тиску теплоносія у робочому контурі опалення, який обрано за основний параметр, забезпечить стабільну роботу тепlopункту, циркуляцію води в контурі опалення до теплообмінників та подачі води для обігріву трьох поверхових будівель, підвищуючи ефективність та безпеку роботи тепlopункту.

Для побудови САР було визначено наступні технологічні параметри для контролю та керування: витрата води на підживлення, тиск води у колекторі на підживлення, тиск води у зворотному контурі, температура води у зворотному контурі, тиск води на нагнітанні циркуляційного та підживлюючого насосів, температура води у прямому контурі, тиск пари на вході кожного теплообмінника, витрата пари на тепловий пункт, температура пари на вході теплового пункту, рівень конденсату у збірнику.

Було вирішено проектувати САР на основі програмованого логічного контролера Siemens S7-1200, який включатиме процесорний модуль CPU 1214C, два модулі аналогового вводу, один модуль дискретного вводу та один модуль дискретного виводу, що повністю відповідає поставленим вимогам. Офіційний постачальник гарантує 10 років стабільної роботи системи до подальшої її модернізації, згідно наданої технічної інформації.



Результати вирішення поставленої задачі в АСУ ТП для теплопункту будуть мати наступну практичну значущість:

- завдяки автоматизованому керуванню процесами теплопункту, система дозволить досягти оптимального використання ресурсів, зниження енерговитрат і покращення ефективності опалювальної системи;

- оптимальне керування параметрами теплопункту, такими як тиск, температура і витрати, допоможе знизити витрати на опалення та експлуатацію системи;

- автоматичне регулювання параметрів теплопункту дозволить забезпечити стабільну температуру та комфортні умови в приміщеннях, сприяючи задоволенню потреб персоналу;

- система автоматизованого керування дозволить виявляти та реагувати на можливі аварійні ситуації, забезпечуючи безпеку та запобігаючи можливим несправностям;

- АСУ ТП забезпечить операторам зручні інструменти для моніторингу, керування та аналізу параметрів теплопункту, спрощуючи процес управління та знижуючи його трудомісткість.

Згідно попередніх розрахунків термін окупності впровадження системи має складати 4 роки.

Отримані результати вирішення поставленої задачі продемонструють, що впровадження сучасної системи управління теплопункту надасть змогу ефективно контролювати та керувати параметрами технологічного процесу, забезпечуючи оптимальні умови опалення приміщень, що, у свою чергу, забезпечить зниження витрат енергії, покращення якості обслуговування та зниження ризиків аварійних ситуацій.

Результати впровадження можуть бути корисними для подальшого вдосконалення систем опалення та їх автоматизації в інших промислових теплопунктах.

Таким чином, впровадження АСУ ТП в теплопункт одного з коксохімічних підприємств України дозволило досягти позитивних результатів, які мають важливе значення з практичної точки зору.

Рекомендації, отримані під час виконання дипломного проекту, можуть бути використані для подальшого вдосконалення та оптимізації системи керування теплопунктом і її розширення до інших подібних об'єктів.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Баган Т.Г., Батюк С.Г., Бунь В.П., Ізгорев М.Ю., Олійник С.Ю. Методичні рекомендації щодо оформлення курсових та дипломних проєктів. - Київ: Політехніка, 2002.- 40с.
2. Автоматизована система керування технологічними процесами URL: <http://www.proelectro.info/content/detail/4434>.
3. Автоматизація індивідуального теплового пункту. URL: <https://www.celmont.ru/uslugi/avtomatizaciya/asutp-works/98-avtomatizaciya-itp>.
4. ДСТУ 2226-93 Автоматизовані системи. Терміни та визначення. URL: http://www.dut.edu.ua/uploads/l_1045_92144651.pdf.
5. Автоматизація індивідуального тепловипункту / Харків: НТУУ «КПІ», 2011. 60 с.
6. В.Г. Гершкович. Досвід реконструкції теплового пункту загальної будівлі// "ЕСКО" [Електронний ресурс].- Електрон. журн.- 2004.- №5.- Режим доступу: esco-ecosys.narod.ru
7. Белов М.П., Новіков В.А, Розсудов Л.М. Автоматизований електропривод типових виробничих механізмів та технологічних комплексів: Підручник для вузів. – М., Академія. 2004 .
8. Інжиніринг електроприводів та систем автоматизації. Белов М.П., Зементов О.І., Козярук О.Є., Редактори Новіков В.А., Чернігів Л.М. 2006 .
9. Башарін А.В., Новіков В.А., Соколовський Г.Г. Управління електроприводами: Навч. посібник для вузів. - Л., Вища школа. 1982.
10. Правила технічної експлуатації теплових енергоустановок.
11. Зведення правил із проектування теплових пунктів. СП 41-101-95.
12. Методичний посібник з безпеки життєдіяльності, 2002, 36с.
13. Автоматизована система керування технологічними процесами URL: <http://www.proelectro.info/content/detail/4434>.
14. Автоматизація технологічних процесів і виробництв харчової промисловості / Ладанюк А.П., Трегуб В.Г., Ельперін І.В., Цюцюра В.Д. Київ : Аграрна освіта, 2001. 224 с.
15. Автоматизація індивідуального тепловипункту / Харків : НТУУ «КПІ», 2011. 60 с
16. Закон України «Про тепlopостачання» [Текст] // Офіційний вістник України.– 2005. – № 27 – С. 11.
17. Пріоритети Національної стратегії теплозабезпечення населених пунктів України [Текст] / Патон Б., Долинський А., Геєць В., Кухар В., Басок Б., Базеєв Є., Подолець Р. // Вісн. НАН України. – 2014. – № 9. – С. 33–3
18. Микийчук Б. М. Переваги автоматизованих систем індивідуального обліку витрат теплової енергії з оцінюванням якості тепlopостачання [Текст] / Б. М. Микийчук // Вісник Національного університету «Львівська політехніка» : Серія «Автоматика». – 2009. – № 639. – С. 193–196.



ДОДАТОК. Питання безпеки життєдіяльності.

Питання безпеки життєдіяльності.

Даний комплекс автоматики теплову пункту призначений для автоматичного регулювання температури теплоносія в системах опалення та гарячого водопостачання, а також для підтримки стабільного тиску в системі. [21]

Основні параметри:

- робоча температура довкілля: від плюс 25 до плюс 35 °С
- відносна вологість повітря до 90 % при температурі плюс 30 °С та нижчих без конденсації вологи;
- атмосферний тиск від 84 до 106,7 кПа (від 630 до 800 мм рт. ст.).

Знаходиться система керування у закритому приміщенні (приміщення теплового пункту). Приміщення, в якому реалізується технологічний процес, не відноситься до приміщень підвищеної небезпеки ураження електричним струмом. [13]

З точки зору пожежної небезпеки приміщення відноситься до категорії «Г», в якій містяться негорючі речовини та матеріали в гарячому, розпеченому або розплавленому стані, процес обробки яких супроводжується виділенням променистого тепла, іскор та полум'я, та (або) горючі гази, рідини та тверді речовини, які спалюються або утилізуються як паливо.

Система керування розрахована на роботу в ручному та автоматичному режимах. Система працює в автоматичному режимі більшу частину часу. Управління системою у ручному режимі виконується однією людиною стоячи.

Небезпечні та шкідливі фактори впливу.

Усі небезпечні та шкідливі фактори впливу за своєю природою поділяються відповідно до:

- фізичні (електричний струм, електромагнітні поля, повітря робочої зони, шум, вібрація, нераціональна освітленість, фактори пожежі тощо);
- хімічні: відсутні;
- біологічні: відсутні.

Заходи захисту від шкідливих факторів.

Умови праці та захисту від впливу вібрацій передбачені при вібрації підлоги приміщення при частоті в діапазоні від 1 до 60 Гц має відбуватися з прискоренням не більше 2g. Ступінь жорсткості: III. Тип вібрації загальний. Обмеження впливу часом. [21]

Заходи захисту від шуму.

Шум та вібрація на виробничій ділянці завдає великої шкоди, шкідливо діючи на організм людини та знижуючи продуктивність праці.

Шум виникає під час роботи різного виробничого устаткування. За походженням шум буває механічним, електромагнітним, аеродинамічним і гідравлічним. Шум - це звуки, що несприятливо сприймаються людським організмом. [20]

Джерелами шуму є підвищувальні та циркуляційні насоси систем теплоспоживання.

З метою придушення шуму виконано оббивку приміщення скловатою. З метою погашення вібрації трубопроводів до і після кожного насоса встановлені вібровставки.

Допустимий рівень звуку не повинен перевищувати 60 дБА.

Висвітлення виробничих приміщень.

Приміщення має бути постійно, достатньо й рівномірно освітлене. Необхідно забезпечити відсутність сліпих зон та різких тіней на освітлених поверхнях. У приміщенні передбачено основне та аварійне освітлення, підключення якого виконується від РП будівлі. [21]

Загальна освітленість робочого місця має становити 300 люм.

Електробезпека.

Розроблювана система автоматизації, як і системи які торкнулися у цьому проекті повинні бути безпечні під час експлуатації, тобто. у будь-яких експлуатаційних ситуаціях має бути виключена можливість ураження обслуговуючого персоналу та сторонніх осіб електричним струмом. Перелічені вимоги забезпечуються шляхом прийняття відповідних схемних рішень та вибором конструкцій виробу.


Основний захід - заземлення всього електроустаткування, щита управління та всіх металевих конструкцій. Все обладнання виконане в корпусах зі ступенем захисту не нижче IP54, що забезпечує захист від попадання пилу та рідин. [13]

Електробезпека системи керування забезпечується:

- робочою ізоляцією струмопровідних частин;
- захист корпусом електрошафи, що забезпечує недоступність струмопровідних частин для дотику.
- захисним заземлюючим пристроєм (для електроустановки із ізолюваною нейтраллю напругою до 1000 В застосовується захисне заземлення).

При проектуванні системи необхідно врахувати, що відповідно до найбільших допустимих значень $U_{пр}$ і I_h , що проходять через людину при нормальному режимі роботи електроустановки рівні:

$U_{пр}=2$ В, $I_h=0.3$ мА при частоті мережі живлення 50 Гц.



Найбільші допустимі значення U_{pr} і I_h при аварійному режимі роботи виробничої установки з напругою до 1000 В залежно від тривалості електричного струму.

При проведенні ремонтних, монтажних та налагоджувальних робіт необхідно дотримуватися таких умов (відповідно до ПТБ):

- роботу проводити лише з дозволу уповноваженої особи у відповідність до завдання, оформленого у вигляді вбрання або розпорядження;

- роботу мають вести не менше двох осіб;

- необхідно проводити відключення та вжиття заходів для запобігання помилковому або мимовільному включенню комутаційної апаратури (блокування механічних запорів, зняття запобіжників);

- вивішування плакатів (забороняючих, запобіжних тощо);

- перевірка відсутності напруги на струмоведучих частинах перед початком робіт (якщо зі зняттям напруги);

- накладання тимчасових заземлень.

- "третя" кваліфікаційна група з ТВ.

Пожежна безпека

Пожежна безпека та її елементів забезпечується як у нормальному, так і в аварійному режимах роботи. [13]

Зниження пожежної небезпеки виробу та його частин досягається:

- Виключенням використання в конструкції виробів легкозаймистих матеріалів відповідно

- Обмеженням маси горючих матеріалів, і навіть заміною більш нагрівостійкі;

- Обмеженням проникнення горючих матеріалів ззовні до пожежонебезпечних вузлів електротехнічних виробів;

- у конструкцію системи, що розробляється, введені засоби електротехнічного захисту, що знижують ймовірність виникнення пожежі, відповідно до нормативів;


- Обмеженням температури можливих джерел запалювання і вибором режиму роботи вузлів, що нагріваються, що забезпечують умови пожежної безпеки матеріалів.

На випадок займання у робочій зоні обов'язково має бути укріплений у легкодоступному місці вогнегасник ОУ-5. Це вуглекислотний вогнегасник на 5л., що ідеально підходить для гасіння електрообладнання (пламегасні речовини неелектропровідні).

Надійність виробу відповідає ГОСТ 20.39.312-85. (Комплексна система загальних технічних вимог. Вироби електротехнічні. Вимоги щодо надійності), і становить 100 000 годин.

Електротехнічна продукція не повинна бути джерелом запалювання і повинна унеможливити поширення горіння за її межі.

Вимоги пожежної безпеки до електротехнічної продукції



встановлюються виходячи з її конструктивних особливостей та сфери застосування. Електротехнічна продукція повинна застосовуватись відповідно до технічної документації, яка визначає її безпечну експлуатацію. [14]

Елементи конструкції, що використовуються в електротехнічній продукції, повинні бути стійкими до впливу полум'я, розжарених елементів, електричної дуги, нагрівання в контактних з'єднаннях та струмопровідних містків.

Електротехнічна продукція повинна бути стійкою до виникнення та розповсюдження горіння при аварійних режимах роботи (коротке замикання, перевантаження).

Ступінь захисту оболонки електротехнічної продукції від поширення горіння за межі оболонки має визначатися сферою застосування продукції.

Апарати захисту повинні відключати ділянку електричного ланцюга від джерела електричної енергії у разі виникнення аварійних режимів роботи до виникнення загоряння.

Електроустаткування має бути стійким до виникнення та поширення горіння.

Імовірність виникнення пожежі в електрообладнанні не повинна перевищувати мільйонну на рік.

Імовірність виникнення пожежі не визначається у разі, якщо є підтвердження відповідності електротехнічної продукції вимогам пожежної безпеки щодо стійкості до впливу полум'я, розжарених елементів, електричної дуги, нагрівання в контактних з'єднаннях та струмопровідних містків з урахуванням сфери застосування електротехнічної продукції, що входить до складу електроустаткування.

Електрообладнання систем протипожежного захисту має зберігати працездатність за умов пожежі протягом часу, необхідного для повної евакуації людей у безпечне місце.

Для забезпечення вимог пожежної безпеки проектом передбачено використання обладнання та матеріалів, технічних рішень, що відповідають нормам та вимогам пожежної безпеки.

Захист у надзвичайних ситуаціях.

Система управління має бути надійною при експлуатації, не повинна створювати аварійних НС. На виробництві надзвичайні ситуації (НС) можуть призвести до порушення умов безпечної життєдіяльності людей та спричинити значні матеріальні втрати. [13]

Система автоматизації теплового пункту не створює надзвичайних ситуацій та не сприяє розвитку надзвичайних ситуацій.

Система зберігає працездатність під впливом магнітного поля промислової частоти (МППЧ). При величині випробувального впливу 3 А/м зберігається нормальне функціонування системи відповідно до



стандартів (критерій якості А).

Для захисту системи від впливу зовнішніх імпульсних магнітних полів у вигляді розряду блискавки на будівлі встановлено блискавко відведення. [13]

Система стійка до електричного магнітного поля за рахунок використання екранованих дротів та з'єднань.

Система стійка до зовнішніх механічних факторів середовища.

Для запобігання виникненню небезпечних ситуацій у системі автоматизації теплового пункту передбачено:

- система автоматичного захисту;
- автоматичні вимикачі;
- система захисту від перегріву;
- теплові реле.