

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

(повне найменування закладу вищої освіти)

Навчально-науковий інститут інформаційних технологій та робототехніки

(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра автоматики, електроніки та телекомунікацій

(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи

магістр

(рівень вищої освіти)

на тему Розроблення системи автоматики для теплового вузла корпусу ІІ
Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія
Кондратюка» з аналізом ефективності її впровадження

Виконав: студент 2 курсу, групи 601МЕ
спеціальності 141 «Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка»

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Бублій Д.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник Трет'як А.В.

(прізвище та ініціали)

Рецензент Захарченко Р.В.

(прізвище та ініціали)

Полтава - 2025 рік

Реферат

Структура і обсяг роботи. Робота Бублій Д.В. на тему: «Розроблення системи автоматики для теплового вузла корпусу П Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка» з аналізом ефективності її впровадження» складається із вступу, 4 розділів, висновків, переліку використаних джерел. Загальний обсяг роботи складає 72 сторінок основного тексту, в тому числі 22 рисунки, 2 таблиць, 18 бібліографічних найменувань за переліком посилань.

Актуальність теми зумовлена необхідністю підвищення енергоефективності існуючого фонду будівель ЗВО та високою вартістю теплоносіїв. Впровадження автоматизованої системи керування ІТП для корпусу П Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка» забезпечить ефективне використання теплової енергії, реалізує погодозалежне регулювання та гарантує надійну роботу обладнання в умовах нестабільного електропостачання, що є стратегічним завданням модернізації інфраструктури університету.

Мета роботи - розроблення комплексної системи автоматизації індивідуального теплового пункту корпусу П Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка» для підвищення енергоефективності будівлі, забезпечення стабільного мікроклімату в приміщеннях та досягнення економічного ефекту за рахунок оптимізації споживання теплоносія.

Об'єкт дослідження - розроблення системи опалення та тепловий вузол корпусу П Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка».

Предмет дослідження - методи та засоби автоматизації теплового вузла, спрямовані на підвищення його ефективності та енергоефективності будівлі.

Методи дослідження. У роботі використовується комплексний підхід, що включає аналіз сучасних енергозберігаючих технологій, методів системного проектування обладнання автоматизації, інженерні розрахунки

електричних мереж та систем захисту, а також техніко-економічний аналіз з метою оцінки ефективності запропонованих рішень.

Програмне забезпечення. Для виконання розрахунків у проєкті використовувалось наступне програмне забезпечення: MS Office, AutoCad.

Ключові слова: автоматика, тепловий вузол, енергозбереження, інфраструктура, індивідуальний тепловий пункт (ІТП), контролер.

Висновок. Завдяки розробленій системі забезпечується точна відповідність подачі тепла реальним потребам будівлі, що мінімізує втрати та створює комфортне середовище для навчання. Важливою перевагою запропонованого рішення є його довгий термін придатності: впровадження системи безперебійного живлення та захисних заходів електроавтоматики гарантує безпечну експлуатацію обладнання навіть у критичних режимах роботи електромережі.

ABSTRACT

Structure and Scope of the Work. The thesis by D.V. Bublîi, titled "Development of an Automation System for the Heat Substation of Building P of the National University 'Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic' with an Analysis of its Implementation Efficiency," consists of an introduction, 4 chapters, conclusions, and a list of references. The total volume of the work is 72 pages of main text, including 22 figures, 2 tables, and 18 bibliographic references.

Relevance of the Topic is driven by the need to increase the energy efficiency of the existing building stock of higher education institutions (HEIs) and the high cost of thermal energy. The implementation of an automated control system for the individual heat substation (IHS) of Building P at National University "Yurii Kondratyuk Poltava Polytechnic" ensures effective use of thermal energy, implements weather-compensated regulation, and guarantees reliable equipment operation under conditions of unstable power supply, which is a strategic task for modernizing the university's infrastructure.

The Aim of the Work is to develop a comprehensive automation system for the individual heat substation of Building P at National University "Yurii Kondratyuk Poltava Polytechnic" to improve the building's energy efficiency, ensure a stable indoor microclimate, and achieve an economic effect by optimizing coolant consumption.

Object of Research is the development of the heating system and the heat substation of Building P of the National University "Yurii Kondratyuk Poltava Polytechnic".

Subject of Research is the methods and tools for heat substation automation aimed at increasing its efficiency and the energy efficiency of the building.

Research Methods. A comprehensive approach is used, including the analysis of modern energy-saving technologies, methods of systemic design of automation equipment, engineering calculations of electrical networks and protection systems, as well as technical and economic analysis to evaluate the efficiency of the proposed solutions.

Software. To perform calculations in the project, the following software was used: MS Office, AutoCAD.


Keywords: automation, heat substation, energy saving, infrastructure, individual heat substation (IHS), controller.

Conclusion. Thanks to the developed system, the heat supply precisely matches the actual needs of the building, minimizing losses and creating a comfortable environment for learning. A significant advantage of the proposed solution is its long service life: the implementation of an uninterruptible power supply system and electrical automation protection measures guarantees safe equipment operation even in critical power grid modes.

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»
Інститут Навчально-науковий інститут інформаційних технологій і
робототехніки
Кафедра Автоматики, електроніки та телекомунікацій
Ступінь вищої освіти Магістр
Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри
автоматики, електроніки та
телекомунікацій


О.В. Шефер
“ 15 ” 09 2025 р.

ЗАВДАННЯ **НА МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Бублій Денис Володимирович

1. Тема проекту (роботи) **Розроблення системи автоматики для теплового вузла корпусу П Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка» з аналізом ефективності її впровадження**
керівник проекту (роботи) **Трет'як Андрій Валерійович, к.т.н.**
затверджена наказом вищого навчального закладу від “ 03 ” 09 2025 року
№ 1025- ф.а.
2. Строк подання студентом проекту (роботи) 22.12.2025 р.
3. Вихідні дані до проекту (роботи) Технічний звіт з обстеження корпусу П. Обмірювальні креслення корпусу П, План внутрішніх тепломереж будівлі
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Аналіз методів і технічних рішень підвищення енергоефективності будівель. Проектування системи автоматизації індивідуального теплового пункту будівлі. Розроблення систем електроживлення, заземлення та зрівнювання потенціалів ІТП. Економічний аналіз доцільності впровадження системи автоматизації теплового вузла . Висновки по роботі.
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових плакатів):
 - 1) Однолінійна електрична схема силового щита автоматики ІТП
 - 2) Структурна схема автоматики ІТП
 - 3) Принципова схема індивідуального теплового пункту (ІТП)

- 4) Схематичне зображення системи зрівнювання потенціалів
- 5) Схема монтажу АВР
- 6) Електрична принципова схема підключення контролера ECL Comfort 310
- 7) Електрична схема керування серводвигуном ІТП
- 8) Схематичне зображення системи зрівнювання потенціалів

6. Дата видачі завдання 15.09.2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Пор. №	Назва етапів магістерської роботи	Термін та обсяг виконання етапів роботи			Примітка (плакати)
		Термін	Квартал	Обсяг	
1	Аналіз методів і технічних рішень підвищення енергоефективності.	07.10.25		15%	Пл. 1
2	Огляд та аналіз обладнання що існує.	21.10.25	I	25%	Пл. 1
3	Проектування системи автоматизації індивідуального теплового пункту будівлі.	04.11.25		40%	Пл. 2,3
4	Розроблення структурної схеми автоматики.	18.11.25	II	60%	Пл. 4,5
5	Розроблення систем електроживлення, заземлення та зрівнювання потенціалів ІТП	18.11.25		70%	Пл. 6
6	Розроблення системи зрівнювання потенціалів	09.12.25		80%	Пл. 7
7	Огляд основних питань з диспетчеризації та безпечної експлуатації	22.12.25	III	100%	Пл. 8

Магістрант


(підпис)

Бублій Д.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи


(підпис)

Трет'як А.В.

(прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

Вступ.....	9
Розділ 1 Аналіз методів і технічних рішень підвищення енергоефективності будівель.....	12
1.1 Аналіз способів покращення енергоефективності будівель.....	12
1.2 Огляд та аналіз обладнання що існує для підвищення енергоефективності будівель	21
Розділ 2 Проектування системи автоматизації індивідуального теплового пункту будівлі.....	28
2.1 Розроблення структурної схеми автоматики індивідуального теплового вузла будівлі	28
2.2 Вибір та обґрунтування компонентів автоматизованої система контролю індивідуального теплового вузла	30
2.3 Вибір та обґрунтування схеми блочного ІТП.....	32
2.4 Розроблення електричної схеми електроавтоматики та силового електроживлення ІТП.....	34
Розділ 3 Розроблення систем електроживлення, заземлення та зрівнювання потенціалів ІТП.....	42
3.1 Розроблення схеми системи безперебійного живлення ІТП.....	42
3.2 Розроблення системи зрівнювання потенціалів	52
Розділ 4 Економічна доцільність, диспетчеризація та безпечна експлуатація автоматизованого теплового вузла.....	59
4.1 Економічний аналіз доцільності впровадження системи автоматизації теплового вузла.....	65
4.2 Огляд основних питань з диспетчеризації та безпечної експлуатації автоматизованого теплового вузла.....	65
Висновки.....	71
Перелік посилань.....	72
Додатки	

ВСТУП

Філософія підвищення енергоефективності та енергозбереження в Україні має свої особливості. Задекларований високий пріоритет енергозбереження протягом довгого часу не супроводжувалася ефективними формами та механізмами взаємодії науки, бізнесу та влади щодо реалізації сучасних енергозберігаючих технологій.

Мета політики енергозбереження полягає не в обмеженні споживання енергії, а в збільшенні ефективності використання первинних енергоносіїв. Відомий досвід світу показує, що саме в країнах, де енергоефективність стала основою державної політики, досягається швидке зростання міжнародної конкурентоспроможності. У Західній Європі потенціал енергозбереження становить 10–20% від усього споживання енергії, а в Україні він перевищує 45%. Зростання енергоефективності можливе завдяки системній науково обґрунтованій реалізації, програмно та законодавчо підтриманої політики. У державній економічній політиці України більше уваги приділялося терміну «енергозбереження», тоді як в європейських та інших розвинених країнах поширений термін «енергоефективність», який розглядається в єдиній системі з екологією та конкурентоспроможністю. У ХХІ столітті вирішити питання ефективного використання первинних енергоносіїв можливо лише за допомогою нового енергоефективного обладнання, відповідного сучасним вимогам. За кордоном енергоефективність – не тільки застосування технологій, що зберігають ресурси, рекуперація тепла, встановлення енергоефективних вікон або утеплення стін. Це – комплексний підхід, який охоплює всі етапи – від проектування до введення в експлуатацію будівель і технологій.

Наразі питання енергетики мають особливу важливість для нашої країни, особливо враховуючи постійні обстріли енергоінфраструктури з боку росії. Тому розвиток енергозбереження, в тому числі в будівництві, є актуальним і потребує постійного вдосконалення. Як відомо, будівлі не

тільки забезпечують комфорт у житті, роботі та навчанні, але і є однією з основних споживачів енергії. Пошук способів зменшення витрат на енергію, зокрема, розроблення систем автоматики теплового вузла корпусу Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка» – це важливий крок у підвищенні енергоефективності та модернізації інфраструктури закладу. Старі системи управління теплом часто призводять до зростання витрат на енергоресурси та зниження ефективності опалення. Впровадження сучасної автоматики дозволяє краще регулювати температуру та тиск теплоносія в залежності від потреб будівлі та погодних умов, що зменшує втрати тепла і забезпечує стабільну температуру. Це особливо актуально для великих освітніх закладів, де важливо зберігати комфортні умови для студентів та працівників при мінімальних витратах енергії.

Оновлення теплового вузла відповідатиме сучасним вимогам енергоефективності та екологічної безпеки, що дозволить знизити споживання енергії та експлуатаційні витрати.

Об'єктом дослідження є розроблення системи опалення та тепловий вузол корпусу П Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка».

Предметом дослідження є методи та засоби автоматизації ІТП, спрямовані на підвищення його ефективності та енергоефективності будівлі.

Мета дослідження – розробити та впровадити сучасну автоматизовану систему для підвищення ефективності опалювальної системи корпусу П, а також створити умови для більш точного контролю температури, зменшення теплових втрат і покращення загальної енергоефективності будівлі.

Для того щоб досягти поставленої мети потрібно виконати кілька ключових завдань.

По-перше, треба провести детальний поточний аналіз стану системи опалення корпусу П, щоб точно визначити сфери, які потребують модернізації.

По-друге, потрібно розробити технічні рішення для впровадження сучасних автоматизованих елементів, таких як контролери та датчики, які забезпечать точне регулювання температури та контроль інших параметрів теплоносія.

Особливу увагу слід приділити інтеграції нової системи з існуючими інженерними мережами будівлі, щоб уникнути великих витрат на повну заміну інфраструктури.

По-третє, важливим завданням є забезпечення можливості віддаленого моніторингу та керування тепловим вузлом, що дозволить швидко реагувати на зміни навколишнього середовища та потреб будівлі, мінімізувати ризики аварій та забезпечити безперебійну роботу системи опалення.

Крім того, автоматика дає можливість швидко діагностувати несправності та зменшити час на їх усунення. Отже, впровадження новітньої системи автоматизації теплового вузла значно підвищить ефективність роботи опалювальної системи, зменшить витрати на енергію та створить зручні умови для перебування в корпусі. Крім того, це стане важливим кроком у загальній модернізації університетської інфраструктури, спрямованій на покращення енергоефективності та виконання сучасних стандартів сталого розвитку.

РОЗДІЛ 1

1.1 Аналіз способів покращення енергоефективності будинків

Способи покращення енергоефективності будинків включають утеплення стін, дахів та підлог, оновлення систем опалення та вентиляції, встановлення приладів для вимірювання витрат енергії та застосування інтелектуальних технологій для споживачів.

Такі заходи допомагають знизити витрати енергії, економити гроші та зменшити шкоду для навколишнього середовища.

Енергоефективність є важливим питанням, оскільки ціни на енергію постійно зростають, а також потрібно дотримувати міжнародні норми з економії енергії.

Будинки, офіси, школи та лікарні — це основні споживачі енергії в містах, тому впровадження ефективних рішень у цих будівлях може зробити велику відмінність у економії енергії на національному рівні[2].

У результаті можна висловити, що покращення енергоефективності будинків — це важливий крок до збереження природних ресурсів, зниження витрат на енергію та покращення умов життя.

Це процес потребує всебічного підходу, починаючи від проектування нових будівель і закінчуючи оновленням старих, що забезпечує стабільний розвиток у майбутньому.

Покращення енергоефективності будинків, особливо в контексті теплового вузла, є важливим аспектом зниження витрат на енергію та забезпечення екологічної стійкості.

Тепловий вузол — це місце, де відбувається перетворення енергії та розподіл теплової енергії для потреб опалення та гарячого водопостачання будівлі.

Основні способи покращення енергоефективності в цьому випадку включають:

• Оновлення теплових вузлів.

- Оновлення теплових вузлів полягає в заміні старих або неефективних теплообмінників, насосів та встановленні автоматизованих систем управління теплопостачанням.

Це дозволяє знизити втрати тепла. Використання сучасних регуляторів дає змогу керувати подачею тепла залежно від температури зовнішнього повітря, що зменшує витрати енергії.

Автоматизація процесів: упровадження автоматичних систем керування теплопостачанням дозволяє регулювати температурні режими в залежності від погоди та реального споживання тепла. Наприклад, погодозалежна автоматика коригує подачу тепла залежно від зовнішньої температури. Балансування систем теплопостачання: важливо забезпечити рівномірний розподіл тепла між усіма споживачами в будівлі. Для цього використовують гідравлічне балансування, що мінімізує втрати тепла.

Встановлення теплових лічильників: умови використання індивідуальних лічильників тепла допомагають керувати та оптимізувати витрати теплової енергії.

- Утеплення огорожувальних конструкцій.

Утеплення стін, покрівлі та підлоги: якісна теплоізоляція значно зменшує втрати тепла через огороження. Використання сучасних матеріалів, таких як мінвата, пінополістирол або ековата, дозволяє знизити втрати тепла на 30–50%. Особливо важливо уважно виконувати монтаж, щоб уникнути теплових мостів.

Енергоефективні вікна та двері: встановлення вікон із низькоемісійним склом та герметичних дверей сприяє зменшенню втрат тепла через прорізи.

- Оптимізація роботи систем опалення.

Оптимізація включає регулювання роботи систем опалення відповідно до реальних потреб будівлі.

Це може бути встановлення термостатів на радіатори, балансування систем, використання автоматичних клапанів, що дозволяє знизити витрати тепла в неактивних зонах. Такий підхід уникне перегріву або недогріву приміщень, використовуючи менше енергії.

Використання сучасних радіаторів: нові моделі радіаторів з високою тепловіддачею та регулюванням ефективно використовують теплову енергію.

Системи підлогового опалення: вони рівномірно розподіляють тепло, зменшуючи необхідність у додатковому опаленні.

Конденсаційні котли: ці котли мають високий ККД, оскільки використовують додаткову теплоту, утворену в процесі конденсації пари.

- Використання відновлюваних джерел енергії. Це включає використання сонячних колекторів, теплових насосів, вітрогенераторів та геотермальної енергії.

Такі джерела дозволяють знизити залежність від традиційних енергоресурсів, зменшуючи викиди CO₂ та витрати на енергію. Теплові насоси: це високоефективні установки, що використовують енергію оточуючого середовища — повітря, ґрунту або води, щоб забезпечити тепло. Теплові насоси можуть працювати як для обігріву, так і для охолодження, що зображено на рисунку 1.1.



Рисунок 1.1 — Принцип роботи теплового насосу

Сонячні колектори використовуються для нагрівання води та підтримки системи.

Рекуперація тепла (див. Рис. 1.2) дозволяє використовувати тепло, яке втрачається разом із відпрацьованим повітрям або водою. Системи рекуперації повітря зберігають частину тепла під час вентиляції приміщень [5]. Це може значно знизити потребу в опаленні, особливо в холодний період року.

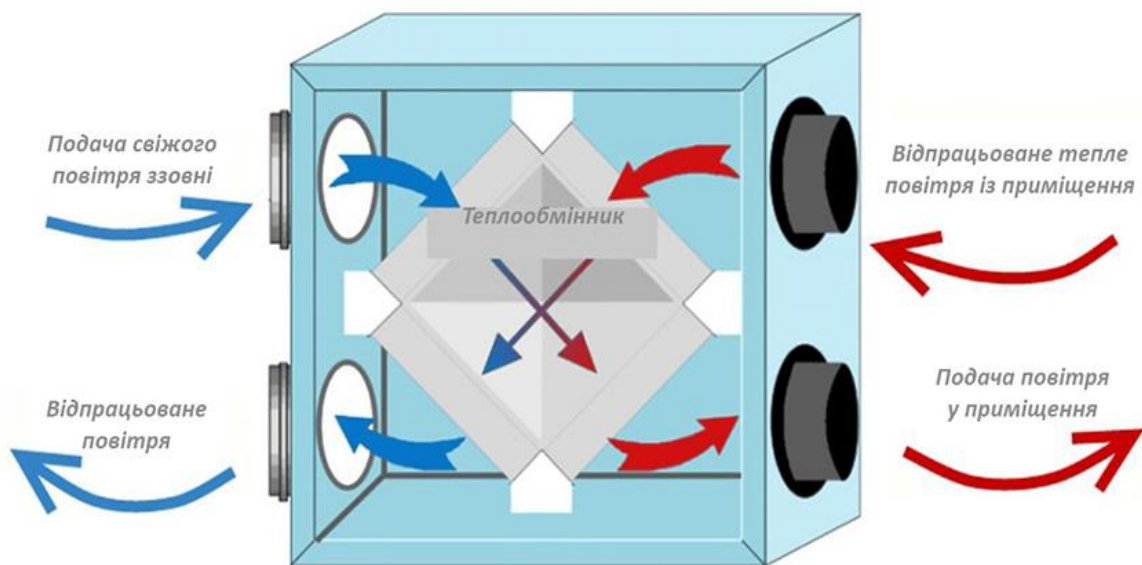


Рисунок 1.2 – Рекуперація тепла

Оптимізація використання теплової енергії в будівлі. Це означає впровадження засобів для керування споживанням тепла, наприклад, використання програмованих термостатів та розумних систем опалення. Термостатичні клапани дозволяють користувачам встановлювати різні температури в кожному приміщенні, що допомагає економити енергію. Програмовані системи керування температурою (див. Рис. 1.3), які використовують таймери та інтелектуальні засоби, дозволяють зменшити витрати енергії, коли в будинку ніхто не живе.



Рисунок 1.3 – Бездротовий програматор-термостат

- Ізоляція інженерних мереж

Труби систем опалення, гарячого водопостачання та вентиляції треба утеплювати, щоб не втрачати тепла під час його перенесення. Використання ізоляційних матеріалів на трубах у будинку і під землею покращує загальну ефективність систем тепlopостачання [3].

- Інтелектуальні системи моніторингу та управління
Сучасні технології дозволяють встановлювати системи "розумного дому" та інтернету речей, які забезпечують автоматизоване керування тепловими вузлами та системами опалення.

Системи моніторингу енергії в реальному часі — спеціальні програми — дозволяють контролювати використання тепла і виявляти порушення в роботі обладнання. Це допомагає швидко виявляти проблеми та їх усувати. Автоматизоване керування системою опалення — інтелектуальні термостати здатні аналізувати графік роботи будівлі (наприклад, офісу чи житла) та змінювати режим опалення в залежності від погоди або наявності людей [2].

- Теплообмінники з підвищеним ККД

Теплообмінники використовуються для того, щоб ефективно передавати тепло між різними середовищами. Використання таких приладів з високим коефіцієнтом корисної дії дозволяє знизити енерговитрати при

нагріванні або охолодженні. Вони забезпечують краще використання тепла в системах опалення, вентиляції та кондиціонування. Пластинчасті теплообмінники, показані на рисунку 1.4, завдяки своїй конструкції — мають більшу площу теплообміну за одиницю об'єму, що значно зменшує втрати тепла під час його передачі [3].

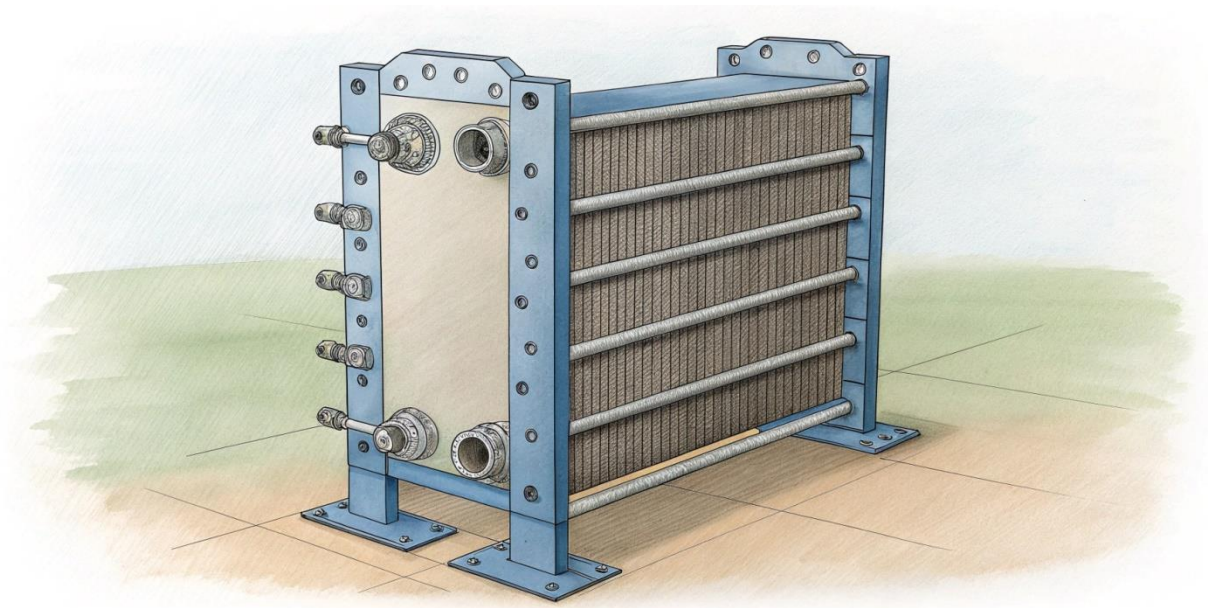


Рисунок 1.4 – Конструкція пластинчастого теплообмінника

Інтеграція з системами теплопостачання низькими температурами — використання низькотемпературних контурів в опаленні — сприяє підвищенню ефективності теплообмінників та зменшенню витрат на нагрівання.

- Системи комбінованого виробництва тепла та електроенергії (когенерація)

Когенераційні установки виробляють одночасно електроенергію та теплову енергію. Такі системи можна застосовувати для теплопостачання великих будівель або груп будівель. Основні переваги:

- Високий ККД: за рахунок одночасного виробництва тепла та електрики можна використовувати до 90% енергії палива, що робить когенерацію (див. Рис. 1.5) ефективною.

- Використання локальних джерел енергії: це зменшує залежність від централізованих постачальників і зменшує втрати тепла під час транспортування.

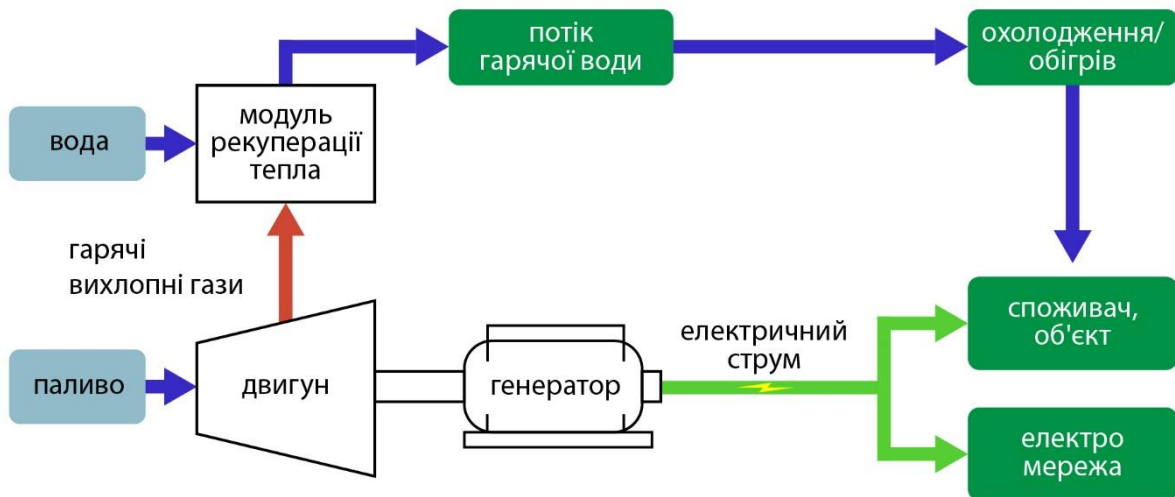


Рисунок 1.5 – Схема роботи когенерації

Підвищення ефективності за рахунок матеріалів з фазовим переходом.

Матеріали з фазовим переходом здатні акумулювати теплову енергію у фазовому переході (наприклад, із твердого стану в рідкий). Такі матеріали можуть використовуватися для тимчасового зберігання теплової енергії та її поступового вивільнення, що дозволяє зменшити пікові навантаження на системи опалення. Їх використання можливе в конструкціях стін, підлоги або у спеціальних теплоакумулюючих пристроях, інтегрованих у теплові вузли.

Теплоізоляція фундаментів і підвальних приміщень. Утеплення підвалів та фундаментів: забезпечення теплоізоляції в цій зоні зменшує втрати тепла через ґрунт і підвальні приміщення, що може значно підвищити загальну енергоефективність будівлі [4].

Підземні теплові колектори: використання геотермальних технологій може бути застосоване для підтримання стабільної температури в будівлях за рахунок використання тепла землі. Використання енергетичних фасадів та дахів. Енергетичні фасади- це спеціальні конструкції, які інтегрують сонячні панелі або колектори безпосередньо в зовнішню оболонку будівлі.

Така інтеграція дозволяє використовувати енергію сонця не тільки для

виробництва електрики, але й для підтримання температурного режиму.

Сонячні колектори (див. Рис. 1.6) в фасаді: використовують сонячну енергію для нагріву води, що знижує навантаження на систему тепlopостачання.

Зелені дахи та фасади: допомагають підтримувати комфортну температуру всередині будівлі, створюючи природний теплоізоляційний шар
Моделювання енергоефективності будівель..



Рисунок 1.6 – Сонячні колектори для опалення та для нагрівання води

Використання сучасних програмних інструментів для моделювання енергоефективності будівель дозволяє краще планувати будівництво і використання будівлі.

Ці інструменти можуть:

допомогти визначити, де відбуваються найбільші втрати тепла, і при цьому встановити ефективні способи їх усунення.

Прогнозувати економію енергії: завдяки детальним розрахункам і сценаріям експлуатації можна оцінити потенційну економію від впровадження різних енергоефективних рішень, приклад такого рішення показано на рисунку 1.7.

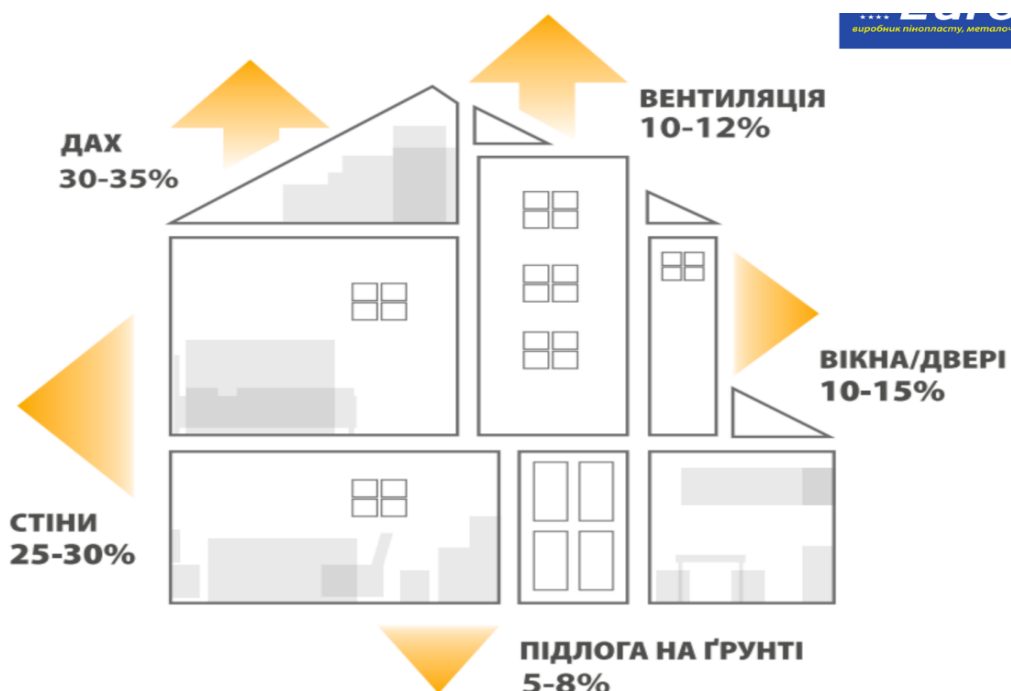


Рисунок 1.7 Підвищення енергоефективності

Підвищення енергоефективності цивільних будівель через модернізацію теплових вузлів та інтеграцію сучасних технологій має величезний потенціал для зниження енергоспоживання [2]. Окрім впровадження базових заходів, як утеплення та автоматизація систем, інноваційні рішення, такі як когенерація, використання матеріалів з фазовим переходом, та інтелектуальні системи управління, можуть суттєво збільшити ефективність

1.2 Обладнання для підвищення енергоефективності будівель

Впровадження обладнання для підвищення енергоефективності — це спосіб краще використовувати енергоресурси в будівлях.

В цьому включено зменшення втрат тепла, ефективніше використання теплової та електричної енергії, а також автоматизацію управління системами клімату. Такі заходи не лише допомагають знизити витрати на експлуатацію будівель, а й забезпечують більший комфорт і краще середовище для людей. Вони також спрямовані на досягнення сталого розвитку, зменшення впливу на довкілля та дотримання міжнародних зобов'язань щодо енергоефективності та захисту клімату.

1. Автоматичні системи регулювання теплопостачання.

Теплові пункти з автоматикою — це важливі частини систем опалення та гарячої води.

Вони дозволяють регулювати температуру в залежності від часу доби та погоди, що викликає зменшення витрат енергії [2].

Програмовані контролери — це пристрої, які дозволяють віддалено керувати тепловими вузлами.

Вони можуть підлаштовувати роботу систем опалення під окремі потреби, в тому числі для зменшення теплових втрат.

Засоби телеметрії — це пристрої, які використовують датчики для вимірювання температури, тиску та витрат води.

Вони допомагають виявляти проблеми вчасно та оптимізувати роботу систем [1].

2. Енергоефективні насоси та клапани.

Використання сучасних клапанів із сервоприводами дозволяє точно керувати потоками теплоносія, що забезпечує рівномірне розподілення тепла та зменшення витрат.

Циркуляційні насоси з частотним регулюванням (див. Рис. 1.8) здатні адаптувати роботу до потреб системи.

Це допомагає зберігати електроенергію та забезпечувати стабільний гідравлічний баланс. Термостатичні клапани — це пристрої, які встановлюються на радіаторах.

Вони дозволяють користувачам самостійно регулювати температуру в приміщенні, що допомагає уникнути перегріву та підвищити комфорт.



Рисунок 1.8 – Енергозберігаючий циркуляційний насос

3. Системи вентиляції з рекуперацією.

Вентиляційні системи з тепловою рекуперацією забезпечують надходження свіжого повітря та одночасно зберігають тепло від відпрацьованого повітря.

Основна частина таких систем — рекуператор, який передає тепло від гарячого відпрацьованого повітря до холодного свіжого, що надходить. Це дозволить зменшити втрати тепла та потребу в додатковому опаленні від холоду. В результаті, будівля витрачає менше енергії на підтримку комфортного

клімату, що зменшує витрати на опалення та охолодження.

4. Датчики температури та тиску:

Датчики температури та тиску дозволяють вимірювати параметри

повітря та води в системах опалення, вентиляції та кондиціонування [1]. Це забезпечує точний контроль за температурою в приміщенні, роботою теплообмінників, ефективною роботою котлів, насосів та вентиляторів.

Зокрема:

- Датчики температури вимірюють температуру в будівлі та теплоносія в трубах, що дозволяє адаптувати роботу систем опалення та вентиляції від зовнішніх і внутрішніх умов.

Датчики тиску контролюють роботу насосів, забезпечуючи стабільний тиск у системах водопостачання та опалення, що зменшує ризик аварій і покращує якість роботи систем.

Ці датчики є ключовими елементами для автоматизації та оптимізації роботи інженерних систем будівлі, дозволяючи знижувати споживання енергії та покращувати комфорт мешканців.

5. Погодозалежна автоматика.

Погодозалежне регулювання (див. Рис. 1.9) дозволяє автоматично змінювати параметри роботи системи опалення залежно від температури зовнішнього повітря.

Це значно зменшує витрати енергії.



Рисунок 1.9 – Вигляд контролера для погодозалежної автоматики

Вузол погодного регулювання складається з кількох основних елементів: керуючого пристрою, регулюючого клапана з виконавчим механізмом, циркуляційного насоса, а також датчиків температури зовнішнього повітря та в приміщенні [1].

Керуючий елемент дозволяє вручну вносити зміни в налаштування, які визначають роботу системи опалення, забезпечуючи можливість підтримувати різні температури в приміщенні в різні моменти часу.

6. Теплові насоси

Геотермальні теплові насоси можна використовувати для нагріву або охолодження теплоносія завдяки енергії землі. Таке рішення може значно знизити використання традиційних енергоносіїв, таких як газ або електроенергія. Теплові насоси повітря-вода ефективні в помірному кліматі, оскільки зможуть забезпечити опалення навіть при низьких температурах навколишнього середовища. Щоб зменшити витрати на традиційні енергоносії, вони використовують повітря для нагріву води в системах опалення або гарячого водопостачання,

7. Частотні перетворювачі для насосів

Частотні перетворювачі (інвертори) змінюють швидкість обертання електродвигуна насоса в залежності від потреби у потоці рідини. Це дозволяє забезпечувати необхідний потік без додаткових витрат енергії, оскільки насос працює не на максимальній потужності, а тільки на тій, яка потрібна в конкретний момент [3]. Використання частотних перетворювачів забезпечує:

- економію електроенергії, бо насос споживає рівно стільки енергії, скільки потрібно для підтримки певного рівня тиску або потоку;
- зменшення зношення обладнання, бо менше навантаження на систему сприяє довшому терміну служби насосу;
- покращення управління, оскільки інтеграція з автоматизаційними системами дозволяє більш гнучко адаптувати роботу насосів під поточні умови, що впливає на доцільність використання іризації.

8. Системи моніторингу ресурсів.

Системи моніторингу та диспетчеризації дозволяють відстежувати в реальному часі параметри роботи теплового вузла та реагувати на зміни в біжучій роботі системи [3]. Це допомагає виявляти відхилення від оптимальних параметрів, коригувати роботу обладнання, виявляти проблеми вчасно та здійснювати профілактичний ремонт, що покращує надійність роботи систем.

9. Теплообмінники.

Теплообмінники — пристрої, що передають теплову енергію без змішування між двома середовищами. Вони використовуються в системах опалення, кондиціонування та вентиляції для нагрівання або охолодження повітря, води або інших теплоносіїв [3]. Основні види теплообмінників — це:

- пластинчасті теплообмінники: мають високу ефективність теплопередачі та відносяться до компактного типу; використовуються у вентиляційних системах та системах гарячого водопостачання [5];

- трубчасті теплообмінники, показані на рисунку 1.10: складаються з набору трубок, крізь які проходить рідина. Мають міцну конструкцію і можуть працювати при високих температурах. Часто використовуються в системах рекуперації.

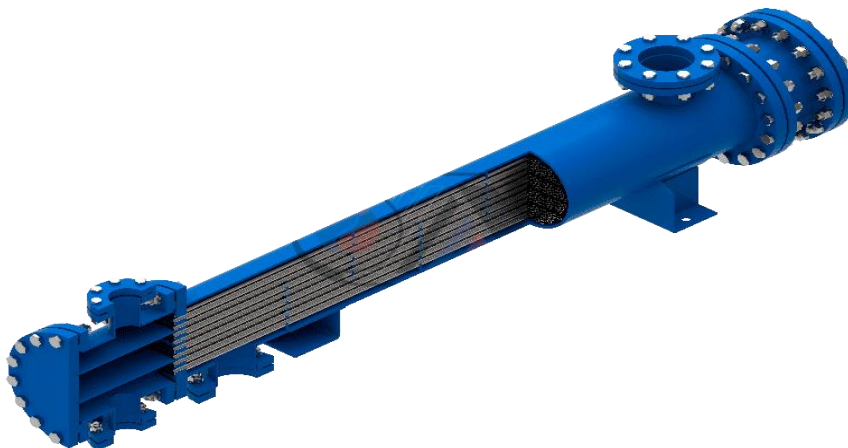


Рисунок 1.10 – Схема трубчастого теплообмінника

Застосування ефективних теплообмінників дозволяє зменшити витрати на обігрів або охолодження будівлі, що робить їх важливим елементом енергоефективності [5].

Регенеративні теплообмінники: тепло відпрацьованого повітря використовується для нагрівання свіжого, що надходить, з мінімальними втратами енергії.

10. Сонячні колектори та інші відновлювані джерела енергії.

Сонячні колектори використовуються для нагрівання води або повітря за рахунок енергії сонця. Вони бувають двох основних типів:

-Плоскі колектори: складаються з плоскої абсорбуючої панелі, що нагрівається під дією сонячного світла. Вони підходять для використання в помірних кліматичних зонах.

-Вакуумні трубчасті колектори: мають вищу ефективність, особливо в холодних кліматичних умовах, оскільки вакуум між трубками зменшує теплові втрати.

Крім сонячних колекторів, інші відновлювані джерела енергії включають:

-Теплові насоси: використовують тепло з повітря, води або ґрунту для обігріву та охолодження будівлі [5].

-Фотовольтаїчні панелі: перетворюють сонячну енергію в електричну, що може використовуватися для живлення освітлення, обігрівачів та іншого обладнання.

-Вітрогенератори: використовують енергію вітру для генерації електроенергії. Це рішення може бути корисним у місцях з постійними вітровими потоками.

Впровадження цих технологій дозволяє знизити залежність від традиційних джерел енергії, таких як електрика та газ, знижуючи викиди CO₂ та економлячи на енергоресурсах.

Як **висновок** маємо, що основні переваги впровадження автоматизованого вузла управління опаленням полягають в оптимізації використання теплової енергії в будівлі. Це призводить до значного зниження витрат на теплопостачання, підвищує якість та надійність системи опалення, дозволяє автоматично регулювати подачу тепла, а також

забезпечує можливість дистанційного контролю параметрів теплоносія та режимів роботи обладнання.

Крім того, систему можна легко переналаштувати без додаткових витрат, наприклад, після утеплення фасадів, заміни вікон або ремонту будівлі [4]. Також реалізується автоматизація обліку споживання теплової енергії. Згідно з практичними даними, автоматизовані вузли управління можуть зекономити приблизно 25-37% теплової енергії, забезпечуючи при цьому комфортні умови в кожному приміщенні.

Подальші дослідження та аналіз можуть допомогти у виборі найефективніших рішень з урахуванням специфіки будівлі, фінансових можливостей та потреб користувачів.

Розділ 2 Проектування системи автоматизації індивідуального теплового пункту будівлі

2.1 Розроблення структурної схеми автоматики індивідуального теплового вузла будівлі

Функціональна схема (див.рис.2.1) показує структуру автоматизованого індивідуального теплового пункту будівлі, призначеного для регулювання параметрів теплоносія та утримання стабільної роботи системи опалення.

На схемі показані основні напрямки теплоносія, а також насосне обладнання, яке закриває примусову циркуляцію в контурах опалення.

Центральним елементом автоматизованої системи є електронний контролер, який забезпечує управління механізмами та формування сигналів. Функціональна схема показує повну архітектуру теплового блоку, взаємозв'язок між його компонентами та базовою організацією системи автоматизації без деталізації алгоритмів виконання та внутрішньої логіки. Залежна система опалення теплової мережі забезпечує компенсацію високої відносної вологості (вимірюється ЕСА 31), а також компенсацію впливу вітру як додаткову можливість [15].

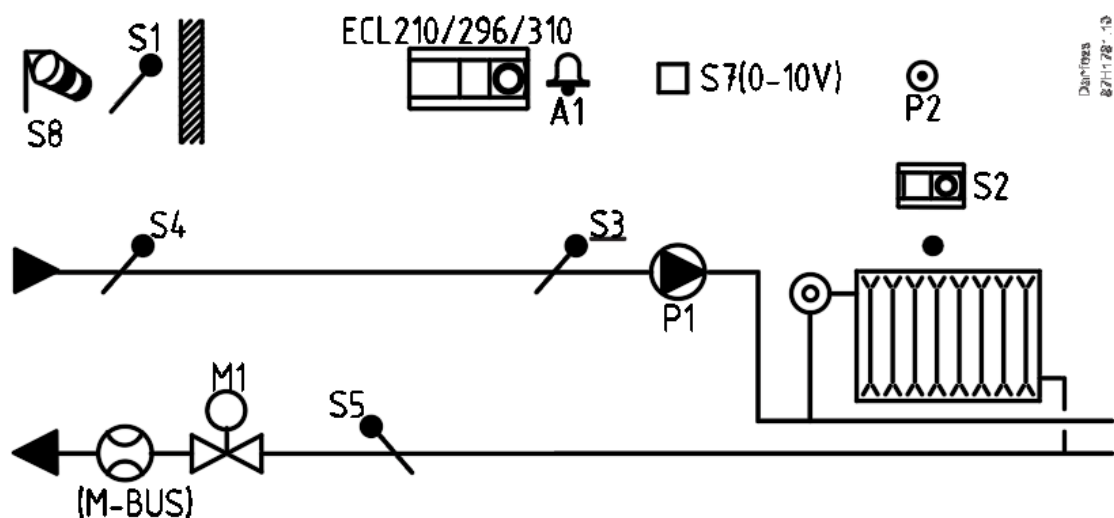


Рисунок 2.1 Функціональна схема автоматизованого ІТП

Схема працює наступним чином :

Теплоносій подається з загальної мережі, засувка із серводвигуном регулює подачу теплоносія у внутрішню систему опалення, датчик S4 контролює температуру системи, S3 – температуру теплоносія після засувки, сформовану у процесі регулювання положення засувки M1, системний насос P1 прокачує теплоносій у внутрішній системі опалення будівлі, зворотній датчик температури S5 встановлений на зворотньому трубопроводі, контролює температуру теплоносія, що повертається до ІТП. Дані з цих датчиків використовуються контролером для здійснення регулювання подачі теплоносія засувкою із серводвигуном, цифрова шина M-BUS передає дані із облікових приладів в диспетчерську систему будівлі або теплопостачальну організацію.

Датчик S8 - датчик вимірювання швидкості вітру та вологості розміщені в одному корпусі і під'єднані до модуля ECA 31, інформація з нього подається на основний контролер, ECL Comfort 310 він в свою чергу керує серводвигуном для подачі теплоносія, оскільки при збільшенні вітру зростають тепловтрати будівлі, зовнішній датчик температури S1 та датчик температури S2 всередині приміщення, формують завдання на керування сервомотором. A1 - пульт оператора системи автоматичного контролера.

2.2 Вибір та обґрунтування компонентів автоматизованої системи контролю індивідуального теплового вузла

Схема, що наведена на рисунку 2.2 відображає принципову організацію трубопровідної обв'язки та розміщення основних елементів індивідуального теплового пункту будівлі. Він призначений для підключення до зовнішньої теплової мережі та подачі теплоносія у внутрішню систему опалення. На схемі (див. рис. 2.2) наведено взаємне розташування трубопроводів подачі і зворотного контурів, основних вузлів регулювання, теплобмінників, насосних агрегатів та запірної арматури. Теплоносій від зовнішньої мережі надходить до вузла теплового пункту, проходить через комплекс елементів обв'язки та після цього подається у внутрішній контур будівлі. Схема відображає траси трубопроводів, їхні діаметри.

Відповідно до ДБН В.2.5-39:2008, індивідуальний тепловий пункт призначений для приєднання систем теплоспоживання до теплових мереж та регулювання параметрів теплоносія. У схемі застосовано залежне приєднання, при якому теплоносій з теплової мережі безпосередньо надходить у систему опалення будівлі [13].

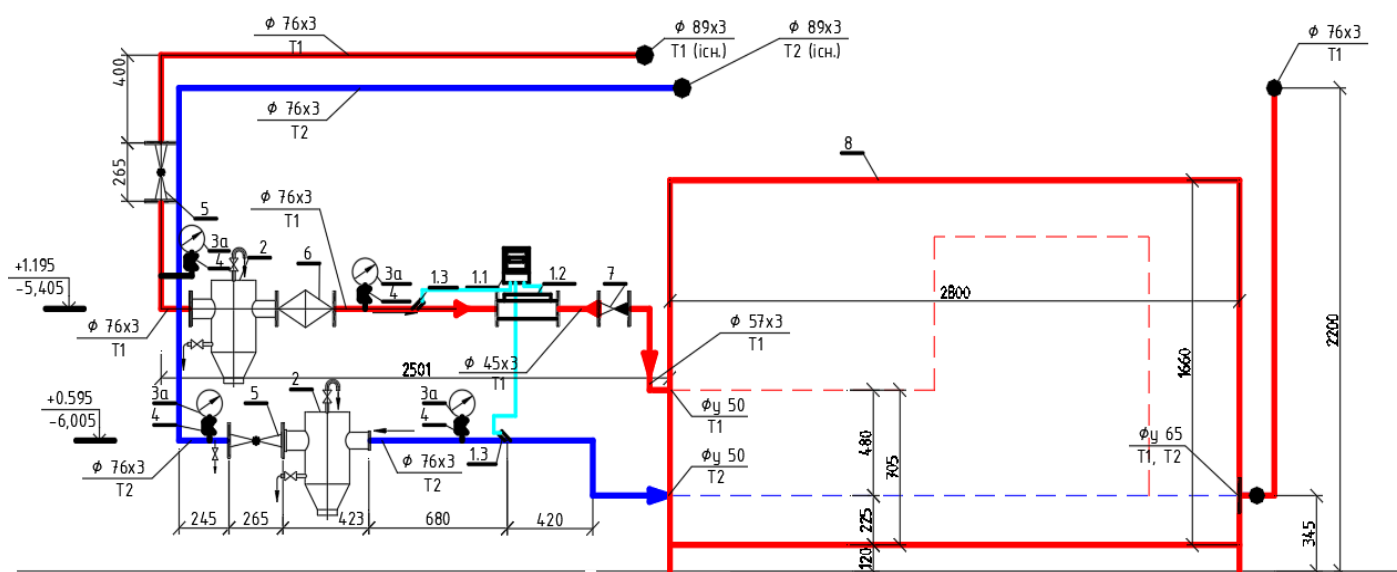


Рисунок 2.2 Принципова схема індивідуального теплового пункту (ІТП)

1.1-Теплолічильник QALCO (SKS-3)

Вимірює кількість тепла, враховуючи температуру теплоносія та різницю температур між трубами, через які йде теплоносій.

1.2- Витратомір QALCOSONIC FLOW 2

Ультразвуковий прилад, який неперервно вимірює об'єм теплоносія, що проходить через систему.

1.3- Термодатчик з втулкою

Використовуються для вимірювання температури теплоносія в трубопроводах, через які йде подаючий і зворотний потік.

2- Відмульовач Ø65

Призначений для очищення теплоносія від механічних частинок.

3а- Термоманометр 0-150°C МТП 0-1.0 МПа

Дозволяє перевіряти температуру та тиск теплоносія в системі опалення.

1- Кран трьохходовий 11Б18бкØ15

Використовується для розподілу потоку теплоносія.

2- Кран кульовий фланцевий 11с67п 1СФØ65

Дозволяє повністю перекрити або відкрити потік теплоносія.

3- Фільтр фланцевий $D_y = 65$ мм Zetkama PN16

Використовується для фільтрації теплоносія, щоб відділити механічні домішки.

4- Клапан зворотній $D_y = 65$ мм NVD 402

Забезпечує запобігання зворотному русі теплоносія в системі.

5- Блочний тепловий пункт Danfoss DHS-U-3-ST

Використовується для підключення системи опалення до теплової мережі, регулювання параметрів теплоносія та забезпечення ефективної роботи теплового пункту.

2.3 Вибір та обґрунтування схеми блочного ІТП

Блочні теплові пункти Danfoss DHS-U-xxx (БТП) — це готові пристрої, які призначені для підключення теплоприймачів та систем будинків до мереж автономного або централізованого тепlopостачання, а також для керування режимами використання тепла та регулювання параметрів теплоносія.

БТП можна застосовувати як у нових будівництвах, так і під час реконструкції старих будівель, а також забезпечують ефективне регулювання споживання теплової енергії будинком в залежності від погодних умов. Усі моделі з незалежним режимом мають потужний ефективний теплообмінник, який підходить за потужністю. [14]

Кожен типорозмір має два варіанти відповідно до схеми підключення залежна або незалежна схема з теплообмінником. На рисунку 2.3 Структурна схема автоматики ІТП, наведена залежна схема теплообмінника .

БТП DHS-U виготовляються на заводі, кожен з них призначення для певного діапазону вхідних параметрів, при яких забезпечується вказана вихідна потужність. Кожен БТП є повністю змонтованим, протестованим та готовим до встановлення та використання.

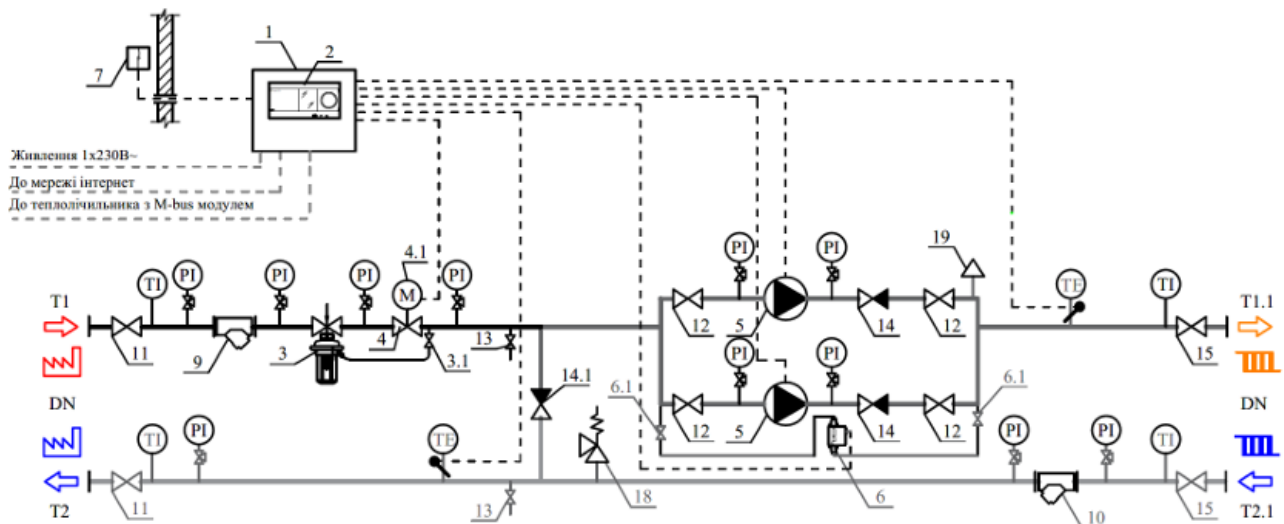


Рисунок 2.3 Структурна схема автоматики ІТП

Алгоритм роботи: Теплоносій подається по трубопроводу Т1 з мережі. Контролер за допомогою датчиків температури (ТІ) і датчиків тиску (РІ) (занурювальні резистивні датчики) і в залежності від температури з доквілля та температури в середині приміщення, формує завдання на керування сервомотором (4.1), який відкриває або прикриває засувку подачі теплоносія (4), блок насосів (5) створює необхідну подачу теплоносія в систему опалення будівлі. Також контролюється температура і тиск в системі, тиск аварійної ситуації таких як різкі зміни тиску, в цьому випадку контролер зупинить насос і видасть повідомлення про аварію. В разі зниження температури в будівлі, тобто нижче заданої, відкривається засувка 4.1, якщо температура ще знижується а засувка відкрита на максимум, додаються оберти насосом, якщо температура в приміщенні більша заданої, а циркуляція насосів нижче певних значень, розрахованими теплотехніками, щоб не виникло завоздушення системи при низькій циркуляції, закривається засувка (4.1) теплоносій змішується з трубопроводу (Т2) системи через клапан (14.1) і по контуру йде циркуляція, насоси всмоктують із зворотного трубопроводу і подають його в трубопровід (Т1).

Основне обладнання БТП:

1-Щит керування та автоматизації, призначений для розміщення контролера, захисту та комутаційних елементів і т.д

2-Електронний контролер ECL Comfort 310 + ECL Ключ А231, здійснює автоматичне керування роботою ІТП.

3-Регулятор перепаду тиску, підтримує сталий тиск в системі .

4/4.1-Регульований клапан / електричний привід, забезпечує автоматичне керування положенням клапана за сигналом контроллера .

5- Циркуляційний насос, забезпечує примусову циркуляцію теплоносіїв в системі опалення корпусу .

6- Реле перепаду тиску, призначений для контролю перепаду тиску .

6.1 Кран кульковий

7- Датчик зовнішньої температури ESMT, вимірює температуру зовні та передає сигнал до контролера.

TE- Занурювальний датчик з гільзою, призначений для вимірювання температури в трубопроводі.

9;10 - Фільтр фланцевий, призначений для очищення від механічних домішок, захищає насоси, клапани і .т.д

11;15- Кран кульковий фланцевий.

12 – Заслонка поворотна, міжфланцева, використовується для перекриття або регулювання теплоносія .

13 – Кран спускний, використовується для зливу рідини з окремих ділянок системи.

14;14.1 Зворотний клапан, фланцевий, запобігає зворотному руху теплоносія в трубопроводі .

PI – Манометр, для візуального контролю теплоносія

TI – Термометр 0-120 °C

18-Запобіжний клапані призначений для захисту системи опалення від аварійного перевищення тиску.

19-Випускник повітря [14].

2.4 Розроблення електричної схеми електроавтоматики та силового електроживлення ІТП

Наведена схема (див.рис.2.4.1) відображає побудову щита електроживлення та автоматизації індивідуального теплового пункту будівлі. Вона призначена для розподілу електроенергії між основними споживачами системи опалення, а також забезпечення їх захисту та управління.

Живлення щита проводиться від внутрішньої розподільної мережі будівлі напругою 230 В. Введення електроживлення підключається через ввідний автоматичний вимикач, після чого розподіляється по шині на окремі групи споживачів. Для кожної групи розраховано автоматичні вимикачі, що забезпечують захист ліній від коротких замикань та перевантажень. Схема включає окремі лінії живлення насосів системи опалення, електроприводу регульовального клапана, розеткових груп. Комутація яких проводиться за допомогою магнітних пускачів, що дозволяє вмикати та вимикати обладнання в процесі експлуатації. Також передбачено світлову сигналізацію стану роботи щита.

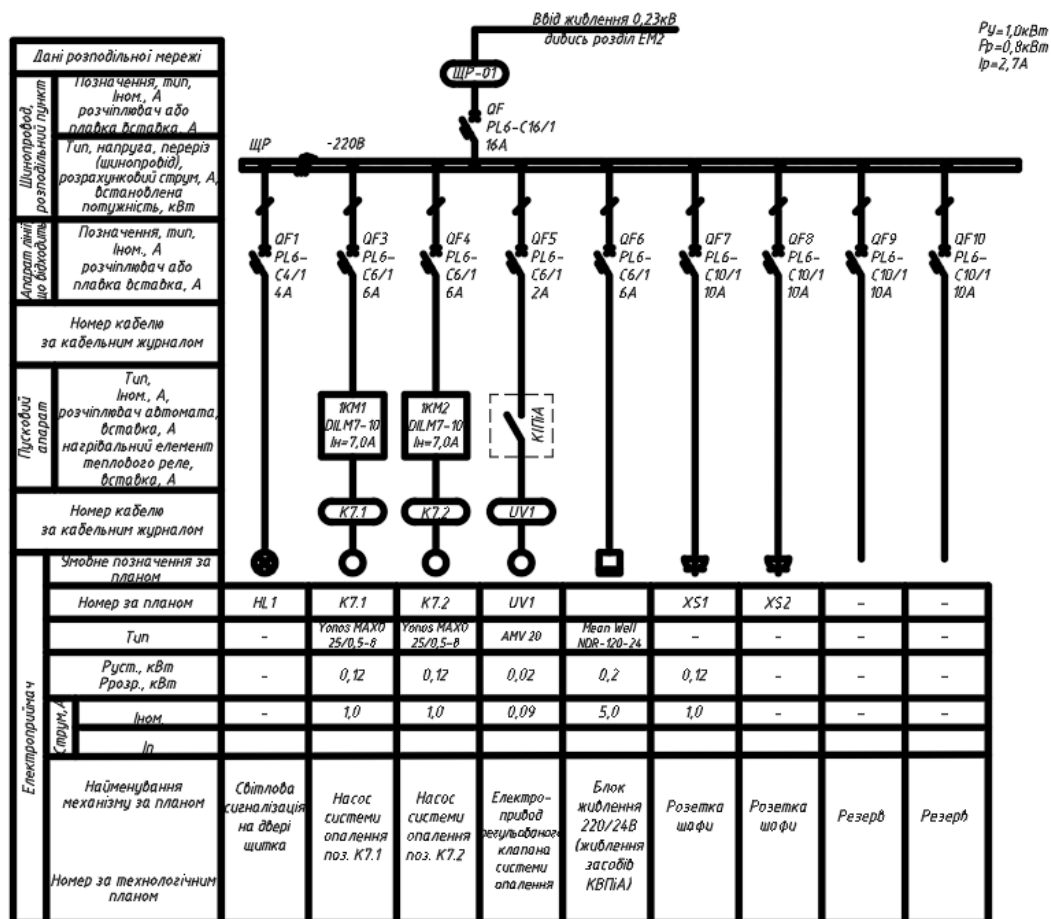


Рисунок 2.4.1 Однолінійна електрична схема силового щита автоматики ІТП

Струмова уставка вимикача автоматичного на вводі в щит вибрана із умови максимального струму споживання електрообладнання що приєднано до шафи та розраховано за формулою 2.1 :

$$I = \frac{P_c * \cos \varphi}{U} \quad (2.1)$$

I – сила струму (А);

P_c – сукупна потужність (Вт) ;

U – напруга мережі (V);

$\cos \varphi$ – коефіцієнт потужності;

Використавши формулу (2.1)

$$I = \frac{1000 * 0.9}{230} = 3,4\text{А}$$

Вибираємо вимикач автоматичний QF враховуючи запас по струму $I = 16\text{А}$

Автоматичний вимикач QF3

$$I = \frac{P * \cos \varphi}{U} \quad (2.2)$$

I – сила струму (А);

P – потужність (Вт) ;

U – напруга мережі (V);

$\cos \varphi$ – коефіцієнт потужності;

Використавши формулу (2.2)

$$I = \frac{120 * 0,9}{230} = 0,4\text{А}$$

Решта автоматичних вимикачів обрано аналогічно.

На рисунку 2.4.2 живлення щита керування подається на вводі через автоматичний вимикач QF2, після чого напруга надходить на перемикач вибору режиму роботи SA1 та SA2, за допомогою яких встановлюється режим керування насосами – ручний або автоматичний.

У разі роботи в автоматичному режимі контролер формує команду на вмикання насосів системи опалення К7.1 та К7.2 відповідно до заданих температурних параметрів. Керуючі сигнали з виходів контролера через проміжні контакти надходять на котушки магнітних пускачів КМ1 та КМ2, у результаті чого, по черзі, здійснюється вмикання насосного обладнання. Одночасно з увімкненням насосів активується світлова сигналізація НЛ2 та НЛ3, яка інформує про їхній робочий стан.

У ручному режимі керування вмикання насосів здійснюється безпосередньо за допомогою перемикачів SA1 та SA2 незалежно від автоматичних сигналів контролера.

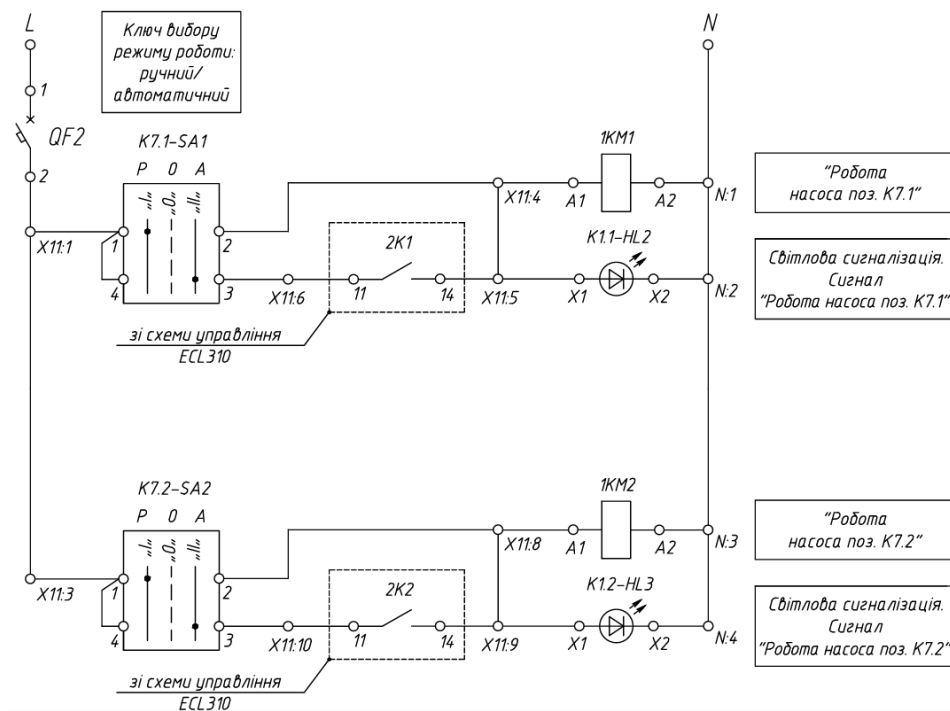


Рисунок 2.4.2 Електрична схема керування насосами ІТП

Перелік елементів електричної схеми керування :

Загальний автоматичний вимикач QF2

Використовуючи формулу 2.2:

$$I = \frac{580 * 0,9}{230} = 2,2 \text{ A}$$

Так як це однофазна схема керування, обрано однополюсний 6А автоматичний вимикач. Контактори для комутації силової частини 1KM1, 1KM2, номінальна сила струму 7А та електромагнітна котушка 220 В.

K7.1-SA1; K7.2-SA2 Перемикач трьох позиційний з поворотною ручкою з фіксацією . Він дозволяє керувати ручним, автоматичним режимами, або у увімкненому положенні. K1.1-HL2; K1.2-HL3 Арматура світлосигнальна – це пристрій який візуально відображає стан роботи електрообладнання .

На рисунку 2.4.3 показано що живлення на електроприводі регулювального клапана TV103 подається з мережі змінного струму через контакт 5 провід L1, нульовий дріт N та захисний дріт PE. Напруга подається через автоматичний вимикач QF5. Детальніше зображено у додатку А

Управління електроприводом здійснюється від контролера ECL310. Керуючі сигнали з контролером надходять на контакти реле, розташовані в ланцюзі управління, потім передаються на клеми електроприводу TV103. Залежно від команди контролера здійснюється подача напруги однією з напрямів управління приводом. При надходженні команди на відкриття клапана напруга подається на вхід вхідного електроприводу. При формуванні команди на закривання клапана напруга подається на другий вхід приводу.

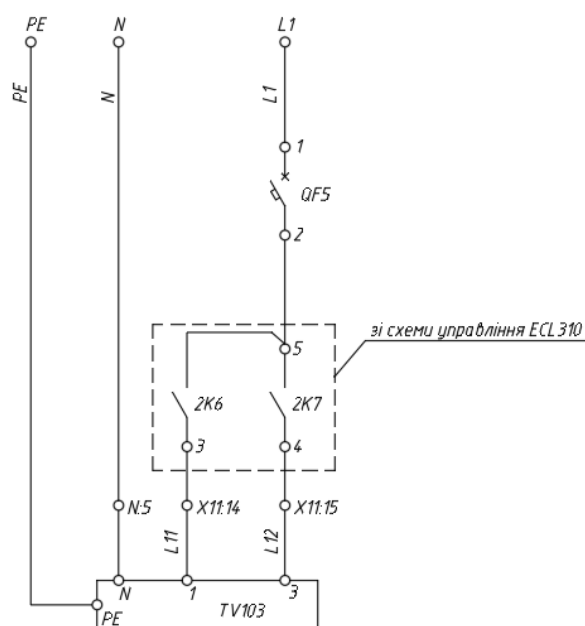


Рисунок 2.4.3 Електрична схема керування серводвигуном ІТП

На рисунку 2.4.4 Живлення контролера ECL310 подається від мережі змінного струму напругою 230 В через фазний та нульовий провідники.

Реле виходу контролера використовуються для керування електроприводом регулювального клапана M1 та циркуляційними насосами P1 та P2 через контактори. Керуючі дискретні сигнали по відповідним виходам подаються на електричні ланцюги насосів та приводу клапана через клемні з'єднання, які в свою чергу забезпечує їх вмикання та вимикання в процесі роботи системи. Під час подачі команди на включення насоса відповідний вихід контролера замикає коло живлення, внаслідок чого насос вмикається.

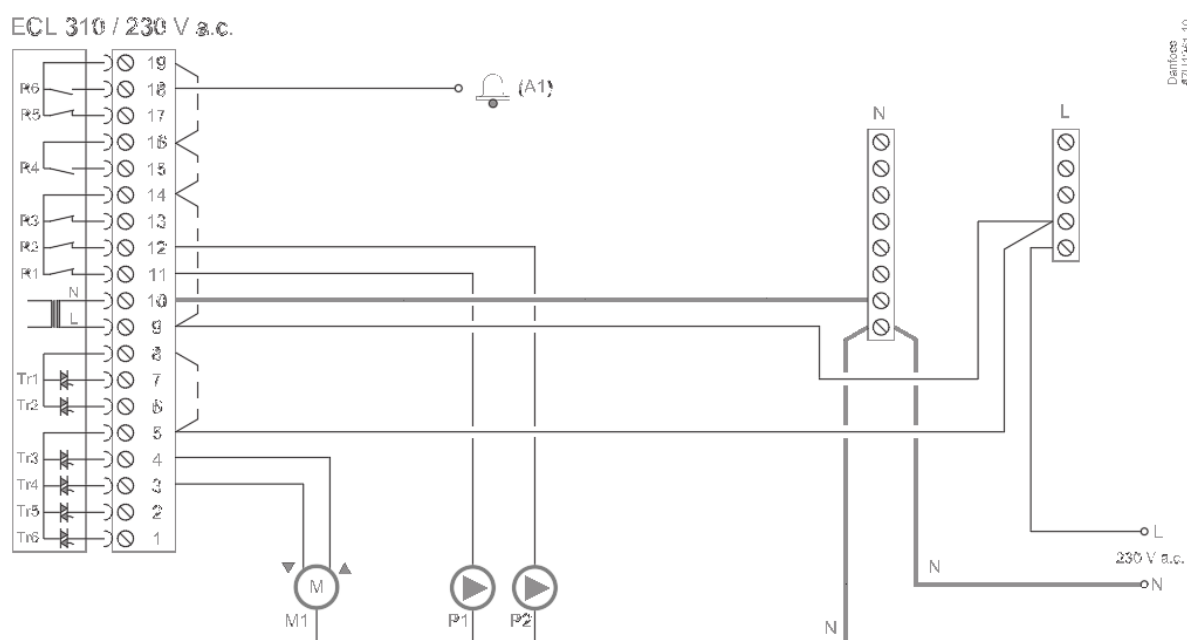


Рисунок 2.4.4 Електрична принципова схема підключення контролера ECL Comfort 310

На рисунку 2.4.5 наведено підключення вимірювальних датчиків S1-S9 до аналогових входів контролера ECL 310 за допомогою якого виконується обробка даних та подальше керування сервомотором та насосами.

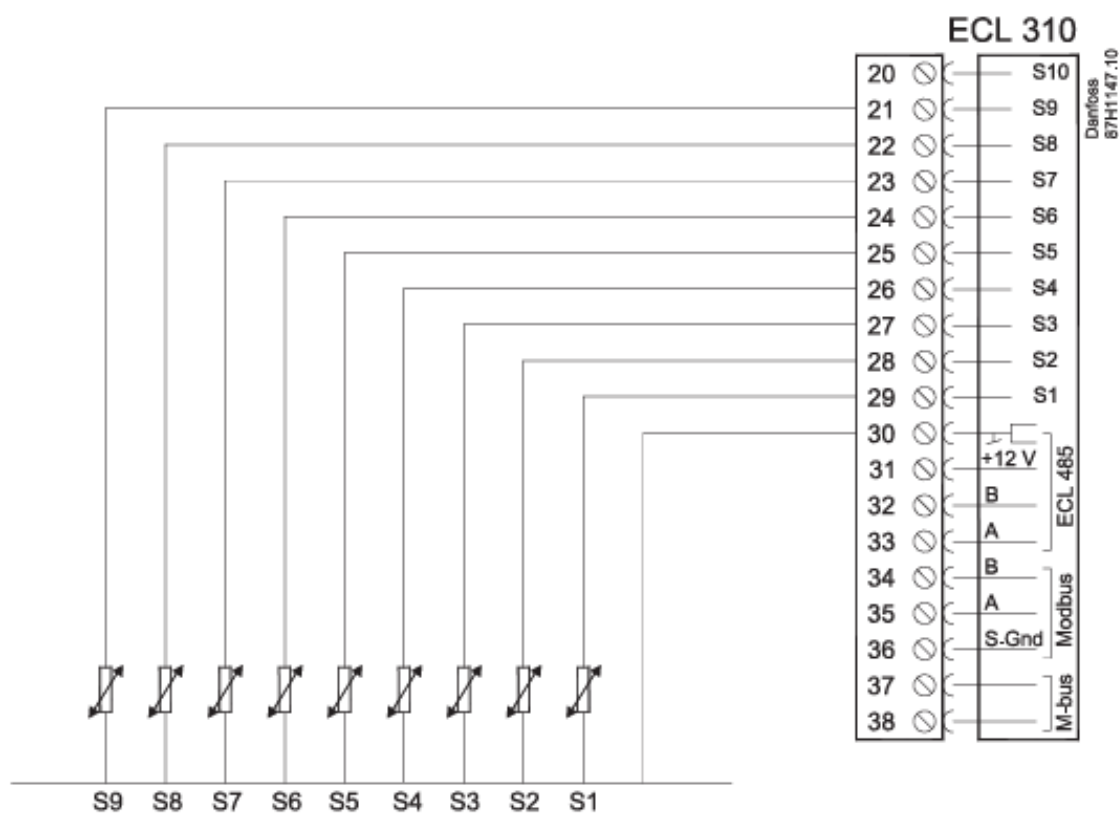


Рисунок 2.4.5 Принципова електрична схема підключення датчиків до контролера ECL Comfort 310

Датчики :

S1- зовнішній датчик температури.

S2-датчик температури в середині приміщення

S3- температуру після сервомотора для температури теплоносія

S4-контролює температуру системи

S5-зворотний датчик температури

S1, S2, S3, S4, S5 – це терморезистивні датчики які формують аналоговий сигнал, який передається у вигляді зміни опору.

S7 – резервний датчик тиску

S8 –датчик вимірювання швидкості вітру

A1 – сигналізатор аварії

P1, P2 - сигнал керування насосами

Як **висновок** маємо, що результати виконаних досліджень визначено оптимальну структурну схему системи автоматики. А також підбрано сучасні технічні засоби контролю та керування, обґрунтовано доцільність застосування блочного ІТП. Прийняті технічні рішення забезпечують стабільність теплового режиму приміщень, зменшення енергетичних витрат і підвищення експлуатаційної надійності обладнання.

Розроблена електрична частина системи здатна забезпечити необхідні умови для безпечного живлення засобів автоматики й силового обладнання, а також реалізацію алгоритмів регулювання та захисту. Комплексність запропонованих рішень дозволяє розглядати автоматизований ІТП як ефективний елемент сучасної системи тепlopостачання будівель.

Розділ 3 Розроблення систем електроживлення та електробезпеки індивідуального теплового пункту

3.1 Розроблення схеми системи безперебійного живлення ІТП

У сучасних системах забезпечення теплом важливо, щоб електропостачання було стабільним та надійним, щоб індивідуальні теплові пункти (ІТП) працювали безпечно і ефективно. ІТП автоматично подають тепло в будівлю, регулюючи температуру та тиск у системі опалення в залежності від обраних параметрів.

Якщо відбудуватиметься переривання електроживлення навіть на короткий час, це може призвести до значних завад в роботі теплосистеми.

Автоматичні регулятори, сервомотори та насоси можуть вийти з ладу, що вплине на якість теплопостачання та безпеку роботи.

Джерела безперебійного живлення відіграють значну роль у забезпеченні стабільної роботи електроприладів.

Вони дозволяють працювати критично важливим пристроям під час аварійних відключень або коливань напруги. Також вони захищають від різких змін напруги, спадків та створюють час для правильно завершити роботу автоматики або перемкнути на резервне джерело живлення.

Корпусу ІІ Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка» відноситься до ІІ категорія надійності з електропостачання з виділеною І групою, до якої відноситься ІТП та аварійне освітлення всього корпусу . Для забезпечення живлення цієї групи передбачено АВР та ДБЖ.

Розрахунок параметрів інвертора та АКБ що потрібно:

Сума потужності шафи ІТП, аварійного освітлення.

$$P = (P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n) \quad (3.1)$$

P – сукупна потужність споживання, $P_1, P_2, P_3 \dots P_n$ – потужності кожного окремого щита, в Вт.

Користуючись формулою 3.1

$$P = 1,54 + 1,2 = 2740 \text{ Вт}$$

Розрахунок потужності інвертора, виконаємо за формулою :

$$P_{\text{ін}} = \frac{P}{\eta} * K_3 \quad (3.2)$$

$P_{\text{ін}}$ – розрахункова потужність інвертора, Вт

P – сукупна потужність, Вт

η – ККД інвертора (паспортні дані інвертора)

K_3 – коефіцієнт запасу (1,2-1,3);

Користуючись формулою 3.2

$$P_{\text{ін}} = \frac{2740}{0,92} * 1,25 = 3722,8 \text{Вт}$$

Отже, нам підійде інвертор Must PV19-4024 EXP 24В 4 кВт
див. в таблиці 3.1 паспортні дані інвертора :

Таблиця 3.1 Технічні характеристики інвертора

Ознака	Значення
Потужність (кВт)	4
Особливості	гібридні
Напруга (В)	24
Кількість фаз	однофазні
Вихідна частота струму	50 / 60 Гц
Робоча температура	0°C - 50°C
ККД, %	92%
Висота, мм	486
Ширина, мм	322
Довжина, мм	134
Вага, кг	10.6
Гарантія, років	2
Бренд	Must

Розрахунок ємності акумулятора .

$$I = \frac{P}{U} \quad (3.3)$$

Використавши формулу 3.3 маємо :

$$I = \frac{2740}{24} = 114,1 \text{ А * год}$$

Для 30 хв. роботи потрібно : $114,1 * 0,5 = 228 \text{ А * год}$

Відповідно, обираємо 3 акумулятори LanPWR LiFePO4 24V/100AH, 100A (2560W*h) я забезпечення 30 хвилинної роботи приладів.

Технічні характеристики акумулятора :

Ємність, А/год: 100

Ємність, Вт/год: 2560

Вихідна потужність, Вт: 1280

Тип акумулятора: LiFePO4

Номінальна напруга, В: 25,6

Максимальний зарядний струм, А: 50

Напруга заряджання, В: 29,2

Мінімальна напруга, В: 20

Номінальний струм розряду, А: 100

Кількість циклів: 4000+

Робоча температура, С°: -20...+60

Температура при заряджанні, °С: 0...45

Вибір системи АВР :

АВР (автоматичний ввід резерву) - це прилад, в якому є один або кілька комутаційних пристроїв, які призначені для відключення електричних ланцюгів навантаження від одного джерела електроенергії та з'єднання їх з іншим джерелом. Зазвичай АВР — це повна установка, яка має два вводи електроживлення. Один з них — основний, до якого підключається навантаження постійно, а інший — резервний.

Навантаження підключається до резервного вводу лише тоді, коли основний ввід перебуває в аварійному стані (не працює). Пристрій АВР забезпечує підключення навантаження до основного джерела електроживлення, який відповідає звичайним параметрам електричної мережі. Під час перемикання має бути виконано затримки, щоб забезпечити безпечну роботу, а переривання живлення для навантаження має бути як

можливо коротким. Кількість джерел електроживлення може бути більше двох, що визначає ступінь резервування електроживлення для навантаження.[12]

АВР обираємо для всього навчального корпусу П :

За формулою суми потужностей :

$$P_p = P_1 + P_2 + \dots + P_{15} \quad (3.4)$$

P_p – розрахункова потужність (кВт);

P_1 - потужність окремих щитів (кВт);

Скориставшись формулою (3.4)

$$P_p = 1,04 + 6,96 + 4,10 + 5,68 + 1,78 + 7,52 + 2,10 + 5,10 + 3,28 + 25,20 + 2,80 + 6,19 + \\ + 12,60 + 4,14 + 13,50 + 1 = 103,08 \text{ кВт}$$

Знайдемо потужність установлену за формулою :

$$P_y = \frac{P_p}{\cos \varphi} \quad (3.5)$$

P_p – сумарна потужність навантаження (кВт);

$\cos \varphi$ – коефіцієнт потужності ;

Використавши формулу (3.5)

$$P_y = \frac{103,08}{0,78} = 132,15 \text{ кВт}$$

Знайдемо силу струму трифазної мережі :

$$I = \frac{P_p}{\sqrt{3} * U} \quad (3.6)$$

P_p – сумарна потужність навантаження (кВт);

U – напруга В ;

$\cos \varphi$ – коефіцієнт потужності ;

Користуючись формулою 3.6

$$I = \frac{103,1}{1,73 * 380} = 157,8A$$

Аби обрати АВР потрібно знати потужність системи, тип мережі, що саме буде перемикається тобто генератор, інвертор чи інший ввід. Спираючись на технічне завдання перемикавання має відбуватися між двома незалежними вводами, тип мережі трифазна, потужність 132,1 кВт .

Під розраховані параметри підходить АВР моделі контролер «АВР, 220 В, 50 Гц, тип АТSC25»

Опис приладу:

АТSC25 – контролер АВР разом з АСТ (комутаційною апаратурою дистанційного перемикавання) утворює КААП. Сформована КААП призначена для експлуатації в енергопостачанні, щоб безпечно передавати живлення від головного або альтернативного джерела до навантаження.

Клас РС: це комутаційна апаратура перемикавання, яка може вмикатись та витримувати струми короткого замикання разом з УЗКЗ (пристрій захисту від струмів короткого замикання). Вона не призначена для відключення струмів короткого замикання[12].

Клас СВ: комутаційна апаратура, яка може вмикати та вимикати струми короткого замикання. Призначена для відключення струмів короткого замикання.

Клас СС: комутаційний апарат, який може вмикатися та витримувати струми короткого замикання, але тільки разом з УЗКЗ. Не передбачена для відключення струмів короткого замикання [12].

Контролер АВР АТSC25 забезпечує:

- огляд чи є пріоритетне або альтернативне джерело живлення;
- автоматичне переключення на пріоритетне або альтернативне джерело;
- просте підключення з ефективною ергономікою;
- управління та визначення положення АСТ;
- чіткий індикаторний інтерфейс;

- огляд фіксованих положень AST (I – 0 – II);
- електричне блокування між положеннями AST;
- постійне живлення від системи мережа/генератор або мережа/мережа та забезпечення самостійного живлення пристроїв AST[12].

Інтерфейс контролера показано на рисунку 3.1

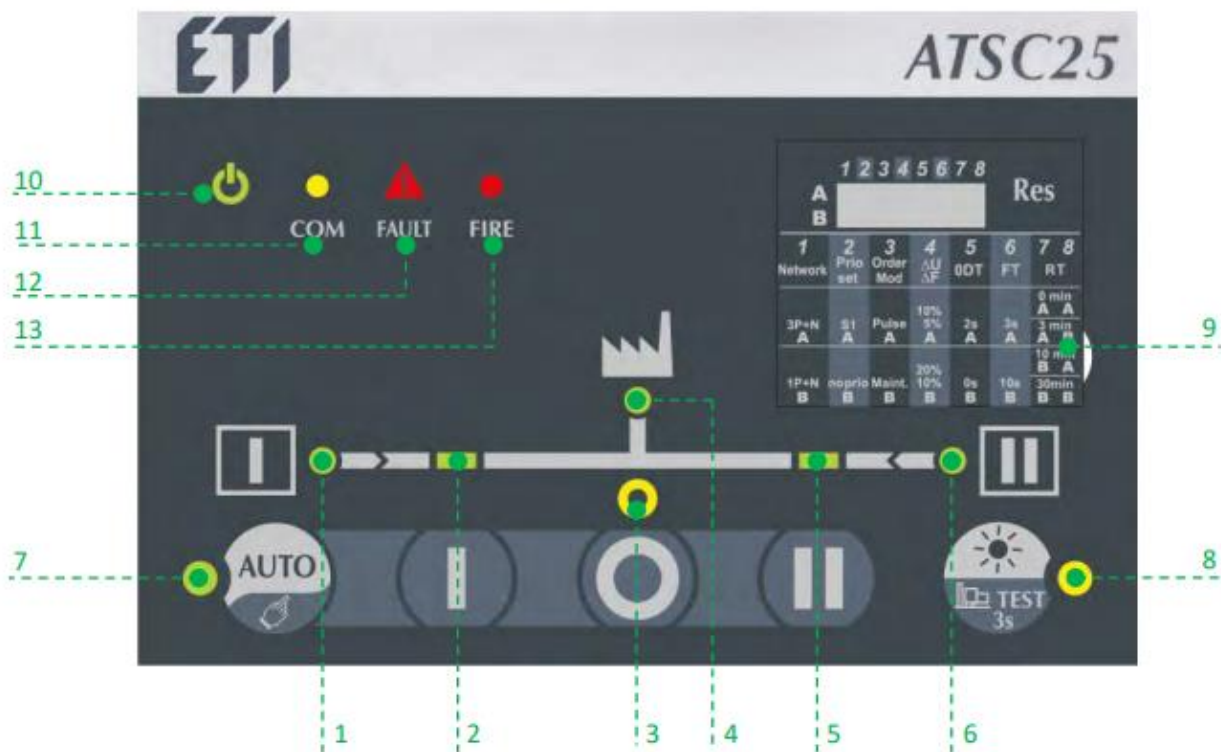


Рисунок 3.1 Інтерфейс контролера

1. Інформація про те, чи є напруга на джерелі 1 (зелений індикатор постійно горить, коли напруга на джерелі 1 присутня та у відповідному діапазоні; зелений індикатор мигає, коли напруга є, але виходить за межі дозволеного; індикатор не горить, якщо напруга нижче 50 AC)[12].

2. Показник положення перемикача 1 (зелений індикатор постійно горить, коли перемикач знаходиться у положенні 1).

3. Показник нульового положення .

4. Інформація про те, чи живиться навантаження (зелений індикатор постійно горить, коли навантаження живиться від одного з доступних джерел).

5. Показник положення перемикача 2 (зелений індикатор постійно горить, коли перемикач у положенні 2).

6. Інформація про те, чи є напруга на джерелі 2 (зелений індикатор постійно горить, коли напруга на джерелі 2 присутня та у відповідному діапазоні; зелений індикатор мигає, коли напруга є, але виходить за межі дозволеного; індикатор не горить, якщо напруга нижче 50 АС).

7. Показник режиму AUTO (зелений індикатор постійно горить, коли пристрій працює у автоматичному режимі; зелений індикатор мигає, коли автоматичний режим призупинено або відбувається передача; індикатор не горить, якщо пристрій у ручному режимі або виникла аварія).

8. Показник режиму TEST (жовтий індикатор постійно горить, коли відбувається тестування під навантаженням).

9. Налаштування мініатюрних двопозиційних дип-перемикачів (8 перемикачів з двома положеннями А та У).

10. Показник живлення пристрою (зелений індикатор постійно горить, коли пристрій живиться).

11. Показник COM (жовтий індикатор мигає, коли відбувається передача даних через інтерфейс RS).

12. Показник FAULT (довгий імпульс червоного індикатора – сигнал про аварійний режим; короткий імпульс – повідомлення про зміну положення дип-перемикача та необхідність перевірки).

13. Показник FIRE (червоний індикатор постійно горить, коли активовано вхід пожежної сигналізації). [12]

Робочі режими ATSC25


Контроллер ATSC25 працює у трьох режимах роботи, які обираються за допомогою кнопки на ЧМІ або шляхом замикання або розмикання входного контакту блокування управління 63А / 64А.

У автоматичному режимі контролер самостійно дає команду перейти в правильне положення підключеному АСТ відповідно до вибраних параметрів.


У цьому режимі кнопки перемикання ручного




вимкнення.

Цей режим активний, коли зелений індикатор 7 світиться весь час. Щоб увімкнути цей режим, переконайтеся, що ви зараз в ручному режимі керування (зелений індикатор 7  не горить, а червоний індикатор несправності FAULT (12) або жовтий індикатор TEST (8) неактивні), а потім натисніть і утримуйте впродовж 3 секунд, після цього зелений індикатор 7 повинен спалахнути.

- Ручний режим

У даному режимі кнопки ручного  керування дозволяють вручну перемикати пристрій відповідно до положень I, 0 або II.

Цей режим активний, коли червоний індикатор несправності FAULT (12) або жовтий індикатор TEST (8)  неактивний, та коли зелений індикатор 7 не горить. Щоб переключитися з автоматичного на ручний режим, натисніть кнопку та утримуйте впродовж 3 секунд.

- Режим блокування

У цьому режимі буде заблоковано як автоматичне, так і ручне перемикання. Цей режим активується, коли вхідний контакт 63A / 64A **ВІДКРИТИЙ**.

У цьому режимі зелений індикатор AUTO не світиться, а червоний індикатор несправності FAULT (12) блиматиме [12].

Схема монтажу АВР зображена на рисунку 3.2.

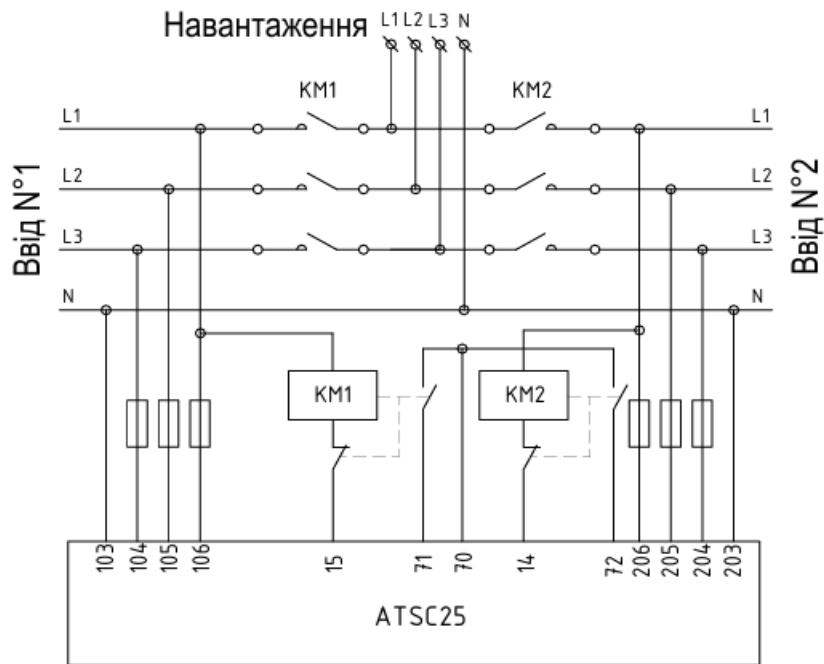


Рисунок 3.2 Схема монтажу АВР

Обладнання для монтажу :

Запобіжники встановлені для захисту приладу від КЗ .

Розрахунок перетину дротів до щитів ЩАО та ІТП

Розраховуємо перетин кабелю по струму за формулою 2.2

$$I = \frac{2,74 * 0,75}{230} = 8,9A$$

З таблиці 3.2 ПУЕ обираємо для одного кабелю з трьома мідними жилами, прокладеного відкрито, при струмі 8,9 А перетин площею (із запасом) 4 мм². [10]

Для вибору контакторів візьмемо дані із формули 3.4 $I=230A$

Відповідно даним із формули 3.4 обрано контактор 4 пол. 250А, 4NO, Legrand СТХ3 4Р 250А+2НО2НЗ 230В АС.

Таблиця 3.2 Технічні характеристики контактора

Виробник	Legrand
Тип	Контактор
Серія	СТХ ³
Характеристики силового кола	
Кількість силових контактів	4
Конфігурація силових контактів	4NO
Номінальний струм, А250	250А
Номінальна робоча напруга, В	690В
Частота робочого струму, Гц	50/60 Гц
Характеристики котушок кола керування	
Номінальна робоча напруга, В100...240В, АС/DC	В100...240В, АС/DC

3.2 Розроблення системи зрівнювання потенціалів

Система зрівнювання потенціалів (див. Рис. 3.3) є важливою частиною забезпечення електробезпеки під час роботи електроустановок у будівлях і спорудах. Основна її задача — уникнути появи небезпечної різниці потенціалів між металевими частинами обладнання, труб, іншими провідними елементами, до яких може одночасно торкнутися людина.

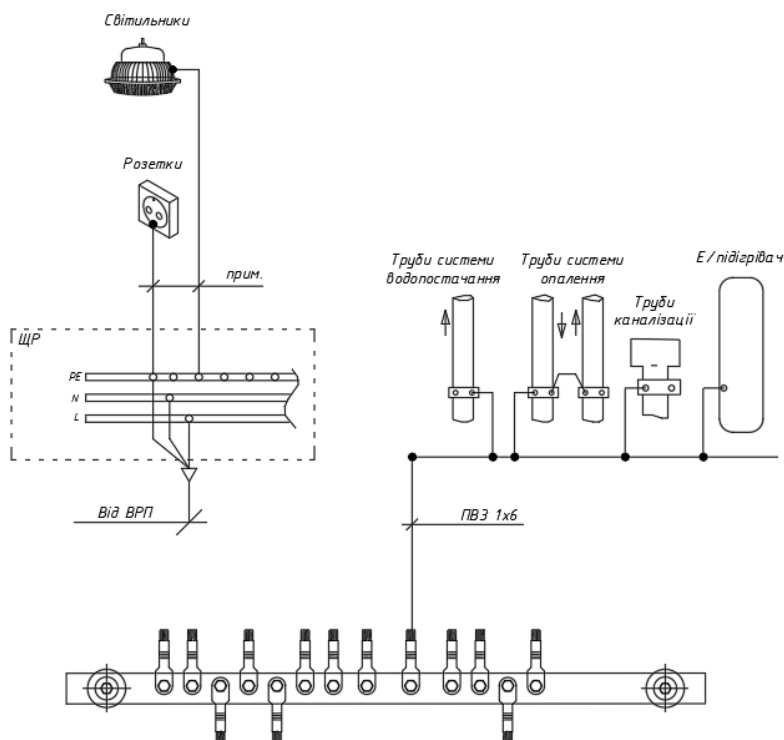


Рисунок 3.3 Схематичне зображення системи зрівнювання потенціалів

Система зрівнювання потенціалів поєднує між собою такі струмопровідні частини:

- заземлюючий провідник, що приєднаний до контуру заземлення;
- захисний провідник (PEN) лінії живлення;
- металеві труби комунікацій, що входять в будинок (труби опалення, водопостачання тощо)

За вимогами Правил улаштування електроустановок (ПУЕ, розділ 1.7) та ДСТУ Б В.2.5-82:2016 «Електробезпека в будівлях і спорудах» у кожній будівлі має бути виконана основна система зрівнювання потенціалів, яка з'єднує головну заземлювальну шину з усіма металевими елементами будівлі, трубопроводами, арматурою та корпусами електрообладнання.[10]

Основна система зрівнювання потенціалів в електроустановках до 1 кВ має з'єднувати такі основні частини: металеві труби комунікацій, якщо якийсь з них має ізолювальну вставку при вході в будівлю, то до основної системи приєднують лише ту її частину, яка розташована з боку будівлі, металеві частини будівельних конструкцій, металеві провідники, вбудовані в

струмопровідну підлогу, система блискавкозахисту, якщо вона є, металеві частини систем вентиляції і кондиціонування, заземлювальний провідник функціонального заземлення, якщо він наявний, металеві оболонки телекомунікаційних кабелів, провідники електроустановки, заземлювальний провідник повторного заземлення на ввіді в електроустановку, якщо виконують повторне заземлення. Провідні частини, які проходять до будівлі ззовні, мають з'єднуватися якомога ближче з точкою їхнього входу. Всі зазначені провідні частини повинні з'єднуватися з основною системою зрівнювання потенціалів через її провідники. Провідники заземлення основної системи зрівнювання потенціалів треба приєднувати до природних заземлювачів і заземлювачів блискавкозахисту у різних місцях. Додаткову систему зрівнювання потенціалів в електроустановках до 1 кВ треба виконувати, якщо вимоги щодо часу відключення захисного вимикання не забезпечуються, наприклад, якщо не виконується вимога, що встановлено в пунктах 1.7.3 ДБН В.2.5-23:2010 [11].

Вона може охоплювати установку загалом або її частину, маючи з'єднання всіх одночасно доступних для дотику відкритих провідних частин електрообладнання, сторонніх провідних частин, доступних для дотику, а також захисних провідників усіх електрообладнань, включаючи захисні провідники штепсельних розеток. Виконання додаткової системи зрівнювання потенціалів може бути обов'язковим для деяких приміщень з підвищеною небезпекою, якщо це вказано в нормативних документах.

Для зрівнювання потенціалів можна використовувати відкриті і сторонні провідні частини, якщо вони відповідають вимогам щодо провідності та неперервності електричного кола або спеціально передбачені провідники. Застосування системи зрівнювання потенціалів збільшує рівень безпеки робітників, забезпечує стабільну роботу електротехнічних і автоматизованих систем, а також сприяє зменшенню впливу електромагнітних завад на управління та системи автоматики[10].

Для запобігання імпульсних перенапруг використовують ПЗІП

(пристрій захисту від імпульсних перенапруг)

Імпульсні струми — це електричні струми, які відрізняються тим, що напруга або сила струму змінюються протягом короткого часу. Частота таких імпульсів значно вища, ніж швидкість реагування автоматичних вимикачів. Вони досягають обладнання до того, як вимикач може реагувати.

Швидкість роботи ПЗП у мільйони разів більша, що дозволяє їм добре захищати від таких явищ. Ізоляція будь-якого електроприладу призначена для роботи при певному рівні напруги. Зазвичай, електроприлади можуть витримати імпульс перенапруги в межах 0,5–2,5 кВ. Якщо цей рівень перевищено, може виникнути пробій ізоляції, що призводить до короткого замикання, а потім до поломки обладнання. Пробій може виникнути і в електропроводці, що неминуче призводить до пожежі.[9]

Основою захисту від перенапруги є елемент з нелінійним опором, який змінюється в залежності від умов.

Коли немає імпульсних перенапруг, струм через цей елемент практично не проходить, тому він веде себе як ізолятор і може бути встановлений між фазним і заземлюючим провідниками. У момент появи імпульсу напруги опір елемента різко зменшується, і він пропускає імпульс до заземлення, розсіюючи енергію у вигляді тепла. На цей час через нього може проходити струм в десятки тисяч ампер. Такий імпульс "зрізається", і під захистом пристрій отримує нормальну напругу і струм. [9] Рівень перенапруги може бути різним і залежить від кількох факторів.

Найбільші імпульси в мережі можуть з'явитися через два основних фактори : влучання блискавки в систему зовнішнього блискавкозахисту, коли імпульс потрапляє на головну заземлювальну шину і подалося на заземлюючі контакти розеток і корпус обладнання через нульові захисні провідники, або удар блискавки в повітряну лінію електропередач, коли імпульс потрапляє на обладнання через фазні і нульові провідники. Існують й відмінні причини утворення імпульсів, наприклад, імпульси, наведені електромагнітним полем блискавки під час її удару в місце, яке не дуже

далеко від електропередач, або контур заземлення. Імпульс від такого наведення менш, ніж від прямої блискавки, але він достатньо сильний, щоб вивести з ладу електрообладнання. Виникнення імпульсів може бути штучним з боку людей, наприклад при комутаціях в мережі, як при перемиканні трансформаторів або запуску потужних двигунів[9].

У зв'язку з тим що, захистити усе обладнання в середині будівлі ПЗП тільки одного класу зазвичай не вдається, необхідно використовувати декілька таких пристроїв, розрахованих на різні значення імпульсних струмів. Наприклад, якщо використовувати тільки ПЗП першого класу (NX1001, NX1012), то його безпомилково відповідатиме більшість імпульсів, що приходять з прямого удару блискавки в живлячий повітряний кабель[9].

Якщо застосовувати лише ПЗП другого класу (NX2011–NX2042), то ми отримаємо гарантоване вчасне спрацювання, але такий пристрій встигне пропустити через себе тільки дуже слабкий імпульс, наприклад, наведений віддаленим ударом блискавки, а не зберегти обладнання від потужних прямих ударів. Існують комбіновані ПЗП першого та другого класу (NX1211–NX1242) або другого та третього класу (NX3011). Такі пристрої мають властивості кількох класів одночасно, і їх характеристики дозволяють вибрати найбільш універсальний спосіб захисту[9].

ПЗП класу I

Характеристики:

- ПЗП на газонаповнених розрядниках рекомендується використовувати в будівлях, які мають зовнішню систему захисту від блискавок або живляться електроенергією через повітряні лінії;

- Встановлюється на рівні входу в будівлю кабельних або повітряних ліній.

ПЗП класу I + II

Характеристики:

- ПЗП, який має газонаповнені розрядники та оксидно-цинкові варистори, призначений для встановлення у будь-яких будівлях та спорудах, де можуть бути удари блискавки;

- встановлення на рівні головного розподільного щита.

ПЗП класу II

Характеристики:

- ПЗП (див. Рис. 3.4) на основі оксидно-цинкових варисторів рекомендовані для захисту мереж низької напруги від імпульсів перенапруги, що виникають при віддаленому ударі блискавки в мережу живлення, при коротких замиканнях або комутації енергоємного обладнання;

- встановлюється на рівні розподільного щита.

ПЗП класу II + III

Характеристики:

- ПЗП на основі оксидно-цинкових варисторів з фільтром від електромагнітних перешкод рекомендується для додаткового захисту чутливих електронних пристроїв;

- номінальний струм, який проходить через фільтр, $I_n = 20 \text{ A}$;

- встановлення фільтра повинно бути в дуже близькій місці до пристрою, який потрібно захистити.[9]

ПЗП поділяються за способом дії на обмежуючі, комутуючі та комбіновані:

ПЗП **комутуючого типу** доволі ефективно забезпечують гальванічну розв'язку, а також зрізають перенапругу.

Найпопулярнішими прикладами таких пристроїв є іскрові розрядники та газорозрядні трубки. Якщо напруга нижча за рівень спрацьовування, тоді через такий ПЗП струм витoku не проходить.

ПЗП **обмежуючого типу** теж ефективно знижують рівень напруги.

В якості компонентів в таких ПЗП часто використовують варистори та діоди. У відсутність перенапруг через ці пристрої проходить дуже малий струм витoku.

ПЗП **комбінованого типу** містять елементи і комутуючого, і обмежуючого типу. Вони можуть комутувати напругу, обмежувати її або виконувати обидві функції залежно від рівня напруги.[9]

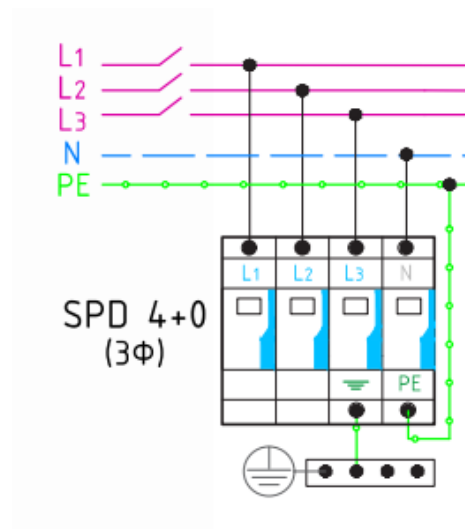


Рисунок 3.4 Схема підключення ПЗП в системі **TN-C-S**

Фазні проводи підключаються до відповідних клем у верхній частині SPD; Дріт PE підключається відповідно до клемі "PE" у нижній частині SPD;

Нейтральний провід підключається на клему "N" у верхній частині ПЗП; Шина заземлення, у свою чергу, підключається проводом до клемі "заземлення"

Як **висновок** маємо, що у даному розділі розроблено комплекс технічних рішень, спрямованих на забезпечення надійного та безпечного електроживлення ІТП, а також на підвищення рівня електробезпеки під час його експлуатації. Основну увагу було приділено створенню безперебійної системи живлення та формуванню ефективної системи зрівнювання потенціалів.

Розділ 4 Економічна доцільність, диспетчеризація та безпечна експлуатація автоматизованого теплового вузла

4.1 Економічний аналіз доцільності впровадження системи автоматизації теплового вузла.

З метою зробити об'єктивну оцінку того, наскільки ефективно використовується тепла енергія для опалення будівлі, потрібно порівняти реальні обсяги використання теплової енергії з тими нормами, які встановлені державою.

Питома потреба (EP) – це показник, який вказує, скільки теплоти потрібно надати будинку для забезпечення зручного клімату в приміщеннях. Він розраховується на одиницю площі або об'єму будинку

$$P = Q_{\text{оп}} / V_{\text{буд}}, \text{ кВт}\cdot\text{год} / \text{м}^3 \quad (4.1)$$

де $Q_{\text{оп}}$ – це кількість теплової енергії, яка була використана для опалення будинку протягом усього опалювального періоду (за даними обліку), кВт·год;

$V_{\text{буд}}$ – це об'єм будинку, який підлягає опаленню, м³.

Питома потреба на опалення має відповідати умові [7]:

$$EP \leq EP_{\text{max}}, \quad (4.2)$$

де EP – це річна питома енергопотреба будинку, кВт·год/м³;

EP_{max} – це максимальне значення питомої річної енергопотреби будинку протягом опалювального періоду, кВт·год/м³

Нормативна питома енергопотреба для закладів освіти першої температурної зони становить [7]:

Використавши формулу (4.1):

$$P_{\text{max}} = 45 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^3 = 0,039 \text{ Гкал}/\text{м}^3$$

За даними, що надали, фактичні питомі тепловитрати опалюваних приміщень за рік склали:

– у 2022 році – $Q_{оп} = 97,9$ Гкал;

– у 2023 році – $Q_{оп} = 96,9$ Гкал;

– у 2024 році – $Q_{оп} = 97,5$ Гкал.

Фактичні питомі енерговитрати на опалення за періоди опалення склали:

– у 2022 році – $EP = 0,01$ Гкал/м³;

– у 2023 році – $EP = 0,01$ Гкал/м³;

– у 2024 році – $EP = 0,01$ Гкал/м³.

Середнє значення показників енергоефективності будинку за вказані роки становлять – $EP = 0,01$ Гкал/м³. Однак, враховуючи результати енергетичного аналізу, потрібно відзначити, що регулювання відбору теплоти відбувається у ручному режимі роботи вузла теплопункту.

Унаслідок цього виникає дещо нерівномірне прогрівання приміщень об'єкту, що призводить до використання додаткових джерел теплоти, у результаті чого збільшуються загальні витрати на оплату енергопостачання. У такій ситуації порушується тиск циркуляції теплоносія в приладах опалення, можлива відсутність руху теплоносія в крайніх ділянках теплопровідної системи тощо.

Методологія оцінки економічної доцільності автоматизації теплового вузла включає обчислення абсолютної та порівняльної ефективності:

1. Абсолютна ефективність автоматизації показує, наскільки велика економія витрат порівняно зі загальними вкладеннями в проєкт.

1. Порівняльна ефективність допомагає обрати найкращий варіант реалізації проєкту, враховуючи мінімум витрат.

Під час оцінки проєкту автоматизації враховуються також [7]:

I. Чиста дисконтована вартість (ЧДВ) — це різниця між вигодою, яку надає економія витрат, і витратами на проєкт.

Якщо ЧДВ більше нуля, проєкт вважається доцільним.

II. Індекс доходності — це співвідношення вигод до загальних витрат на проєкт.

III. Внутрішня норма рентабельності (ВНР) — це ставка, за якої ЧДВ дорівнює нулю.

IV. Економія на енергоресурсах — це зменшення витрат на теплову енергію завдяки оптимізації її використання.

Важливо враховувати час, тому що витрати і вигоди розподіляються нерівномірно[7]. Для порівняння витрат з теперішньою вартістю використовують коефіцієнт дисконтування

Однак традиційний підхід до аналізу має певні недоліки:

1. Не повністю враховується вплив часу: ні вигоди, ні витрати не зводяться до теперішньої вартості.
2. Не враховуються ризики, пов'язані з інфляцією або змінами цін на енергоресурси.
3. Не враховується екологічний ефект, який може бути дуже важливим при автоматизації теплових вузлів.

З цього випливає, що логічно використовувати комплексний підхід до аналізу, що включає:

- розрахунок економічних показників,
- оцінку екологічного ефекту (зменшення викидів парникових газів)[7].

1. Економія потужності та енергії після модернізації

- Потужність до модернізації: 287 кВт
- Потужність після модернізації: 160 кВт

-Економія потужності:

$$287-160=127 \text{ кВт}$$

-Відсоток економії:

$$127/287 \cdot 100\% \approx 44,3\%$$

Розрахунок енергоспоживання за годину та вартість

- За 1 годину: 160 кВт·год споживання → вартість:

$$160 \cdot 1,66 \approx 265,6 \text{ грн}$$

До модернізації: 287 кВт·год → $287 \times 1,66 \approx 476,4$ грн

Щогодинна економія:

$$476,4-265,6 \approx 210,8 \text{ грн}$$

Економія за період опалення:

Якщо, наприклад, опалювальний сезон триває 200 днів, по 12 годин на день:

$$\text{Економія: } 210,8 \cdot 12 \cdot 200 \approx 505\,920 \text{ грн}$$

Це дає наочно економічний ефект модернізації.

Пікове навантаження і безпечна експлуатація

Максимальна потужність у пікові години: 160 кВт

Можна оцінити резервний запас :

Резерв: $287-160=127$ кВт

Це запас на випадок різкого зниження температури на вулиці або додаткового навантаження.

Обчислюємо коефіцієнт тепловтрат після модернізації:

k- коефіцієнт теплових втрат ;

$$\Delta T = 22 - (-23) = 45^\circ\text{C}$$

$$k = 160/45 = 3,56 \text{ кВт}/^\circ\text{C},$$

а також до модернізації:

$$k = 287/45 \approx 6,38 \text{ кВт}/^\circ\text{C}$$

Перерахунок теплового навантаження при -5°C

Нова різниця температур:

$\Delta T = 22 - (-5) = 27^\circ\text{C}$, використовуючи цю різницю температур знайдемо потужність:

$$Q = k \cdot \Delta T \quad (4.3)$$

Потужність до модернізації:

$$Q = k \cdot \Delta T = 3,56 \cdot 27 \approx 96,1 \text{ кВт}$$

Потужність після модернізації:

$$Q = 6,38 \cdot 27 \approx 172,3 \text{ кВт}$$

Тепер порахуємо вартість тепла при температурі -5°C на вулиці

Після модернізації:

$$96,1 \text{ кВт} \cdot 1,66 \text{ грн} = 159,5 \text{ грн за годину}$$

До модернізації:

$$172,3 \text{ кВт} \cdot 1,66 \text{ грн} = 286,0 \text{ грн за годину}$$

Ефективність — це економічна категорія, яка показує, як відносяться досягнуті результати (наприклад, зниження витрат або підвищення продуктивності) до ресурсів, які було витрачено на впровадження автоматизації (фінансових, трудових та матеріальних) [7].

Розрахунковий коефіцієнт економічної ефективності автоматизації порівнюється з нормативним коефіцієнтом, який визначає мінімальний економічний ефект, який можна досягти в певній галузі.

Розрахунки порівняльної ефективності автоматизації теплового вузла проводяться під час вибору найкращого варіанту проєкту.

У такому випадку вибір здійснюється на основі аналізу мінімальних приведених витрат або інших критеріїв, які враховують економічні, технічні та екологічні аспекти. Показником порівняльної ефективності автоматизації теплового вузла є мінімум приведених витрат. З економічної точки зору найкращим є той проєкт, при якому загальна сума приведених витрат, які включають капіталовкладення та експлуатаційні витрати, є найменшою [7].

Розрахунковий термін окупності додаткових капітальних витрат для кожного варіанту проєкту — це час, необхідний для компенсації початкових інвестицій завдяки отриманим економічним перевагам [7].

Якщо підприємству потрібно вибрати між впровадженням нової автоматизованої системи або модернізацією існуючої, рішення приймається на основі розрахункового коефіцієнта економічної ефективності. У цьому випадку порівнюються витрати на реалізацію проєкту, терміни окупності та очікувані вигоди від зниження витрат на енергоресурси, обслуговування обладнання та підвищення ефективності теплового вузла.

Оскільки реалізація інвестиційного проєкту автоматизації є довготривалим процесом, проєкти можуть значно відрізнятися за термінами виконання та розподілом витрат у часі[7].

У таких випадках для оцінки ефективності автоматизації враховується фактор часу, тобто приведення нерівномірних витрат до одного базового року (найчастіше першого року реалізації проєкту)[7].

Наприклад, якщо основні інвестиції здійснюються на початковому етапі, а економічні вигоди поступово з'являються, перші роки можуть характеризуватися низькою віддачею.

Це вимагає оцінки теперішньої вартості. Особливо важливо, коли значна частина інвестицій знаходиться у стані „заморожування“, не приносячи економічної вигоди протягом тривалого періоду[7].

При оцінці економічної ефективності автоматизації теплового вузла можна відзначити кілька недоліків, які варто враховувати:

Під час обчислення абсолютної економічної ефективності часто враховують лише зроблену економію витрат, але не враховують амортизаційні відрахування як фінансуюче джерело, що обмежує точність аналізу грошових потоків;

Вплив часового фактору враховують частково, тобто ні економія, ні інвестиційні витрати не приводяться до їхньої теперішньої вартості під час розрахунку абсолютної ефективності;

- Показник приведених витрат іноді має лише теоретичне значення, і часто використовується в реальній діяльності підприємств;

- Ураховують лише обмежену кількість факторів, які мають вплив на економічний ефект від автоматизації теплового вузла, особливо недостатньо аналізується ринковий ризик і вплив інфляції.

Ураховуючи ці недоліки та тривалість реалізації проекту, більш підходить застосування ринкового підходу до оцінки економічної ефективності.

Цей підхід дозволяє врахувати теперішню вартість витрат і прибутків, вплив часу на вартість грошей, а також інші важливі фактори, зокрема рівень ризику та інфляції. Це дає можливість підприємству отримати більш точною та реалістичну оцінку ефективності автоматизації теплового вузла та прийняти обґрунтоване інвестиційне рішення[7].

4.2 Огляд основних питань з диспетчеризації та безпечної експлуатації автоматизованого теплового вузла.

Безпечна робота автоматизованого теплового вузла — це дуже важливий момент, який забезпечує надійність йому виконання завдань і довгий строк служби обладнання. Головна мета — забезпечити стабільне постачання тепла користувачам, дотримуючи правила техніки безпеки, охорони праці та пожежної безпеки[13].

Автоматизований тепловий вузол працює за допомогою системи автоматики, яка підтримує потрібні показники теплоносія, наприклад як температура, тиск і витрата, в межах, які встановлено.

Це допомагає зменшити залежність від дій людини, уникнути аварій і покращити енергоефективність системи. У теплових мережах треба використовувати:

а) автоматичні регулятори, захисні пристрої та блокування, які забезпечують:

- заданий тиск води в зворотному або подавальному трубопроводах водяних теплових мереж, зберігаючи постійний тиск "до себе" у зворотному (регулятор підпору) та "після себе" у подавальному трубопроводі;

- розділення водяної мережі на гідравлічно незалежні зони при більшому тиску, ніж дозволено;
- включення додаткового обладнання у вузлах перетину для підтримання статичного тиску води на визначеному рівні у відключених зонах;

б) пристрої для взяття проб з відповідними запірними арматурами для вимірювання:

- температури води в подавальних (вибірково) і зворотних трубопроводах перед арматурою для секціонування;
- тисків води в подавальних і зворотних трубопроводах перед і після запірної арматури для секціонування і регулювальних пристроїв;
- витрат води в зворотних і подавальних трубопроводах відгалужень з діаметром у межах 400 мм;
- тисків пари в трубопроводах відгалужень перед запірною арматурою;

в) захист обладнання теплових мереж і систем теплопостачання від неприпустимих змін тиску при зупинці мережевих або підкачувальних насосів, при закриванні запірної арматури і автоматичних регуляторів[13]. У теплових камерах слід виконувати моніторинг температури і тиску теплоносія в трубопроводах[13].

Автоматизація підкачувальних насосних станцій у подавальних і зворотних трубопроводах водяних теплових мереж має забезпечити:

- автоматичний запуск резервного насоса (АВР) у разі відмови основного агрегату або зниження тиску в напірному патрубку;
- введення в роботу резервного насоса, змонтованого на зворотному трубопроводі, при перевищенні допустимого тиску у всмоктувальному трубопроводі насосної станції, або насоса, встановленого на подавальному трубопроводі, при падінні тиску в напірній лінії насосної станції;
- підтримання стабільного, заздалегідь заданого тиску в подавальному чи зворотному трубопроводах насосної станції за різних режимів функціонування мережі;

-забезпечення захисту обладнання джерел теплової енергії, теплових мереж і систем тепlopостачання від недопустимих коливань тиску, що можуть виникати під час аварійного зупинення мережевих або підкачувальних насосів, а також при спрацьовуванні автоматичних регуляторів і швидкодіючої запірної арматури.

Дренажні насоси мають забезпечувати автоматичне відкачування води що надходить.

Насосні станції мають бути оснащені комплектом реєструвальних та показувальних приладів, що встановлюються на місці або на щиті керування, щоб відображати стан і несправності обладнання на щиті керування.

Баки-акумулятори (включаючи насоси для наповнення баків) гарячого водопостачання мають бути оснащені:

- блокуванням, що забезпечує припинення подавання води в бак при досягненні верхнього граничного рівня заповнення бака; припинення розбору води при досягненні нижнього рівня (насосів для порожнення баків);
- контрольно-вимірювальними приладами для моніторингу рівня – реєструвальний прилад; тиску на всіх підвідних і відвідних трубопроводах – показувальні прилади;
- сигналізацією верхнього граничного рівня (початок переливу в переливну трубу); відключає насоси для спускання баків.

При установці баків-акумуляторів на об'єктах, на яких працює обслуговуючий персонал, світлозвукову сигналізацію потрібно направити в приміщення чергового персоналу.

На об'єктах, де немає постійного обслуговуючого персоналу, сигнал про несправність слід передати на диспетчерський пункт. За місцем визначається точна причина виклику персоналу.

Тепловий пункт має бути оснащений приладами для теплотехнічного контролю автоматизації, обліку та регулювання, що встановлюються за місцем або на щиті керування.

Автоматизація теплового пункту повинна забезпечувати:

- регулювання споживання теплової енергії в системі опалення та встановлення обмежень на граничну витрату мережної води у споживача;
- забезпечення заданого рівня тиску у зворотному трубопроводі або необхідного перепаду тиску між подавальним і зворотним трубопроводами теплових мереж;
- підтримання встановленої температури води в системі гарячого водопостачання;
- забезпечення необхідного статичного тиску в системах теплоспоживання за умови їх незалежного приєднання;
- захист систем теплоспоживання від надлишкового тиску та перегріву теплоносія у разі виникнення загрози перевищення допустимих граничних параметрів;
- автоматичне припинення подавання води до бака-акумулятора при досягненні максимального рівня та відновлення забору води з нього після зниження рівня до мінімально допустимого.

4.2.2 Диспетчеризація теплового вузла

На виробництвах теплових мереж, де споруди розташовані на різних територіях, потрібно передбачити диспетчерське студмістечко керування.

Диспетчерське керування має бути розроблене з урахуванням майбутнього розвитку теплових мереж[13].

У певних випадках – зокрема для студмістечка, з урахуванням розвитку системи теплопостачання для теплової мережі потрібно створити одноступеневу структуру диспетчерського керування з одним центральним диспетчерським пунктом.

Диспетчерське керування тепловими мережами, які мають теплове навантаження до 100 МВт, визначається структурою керування міських комунальних служб і переважно включає в себе об'єднану диспетчерську службу міста (ОДС) чи району.

Новостворені диспетчерські пункти підприємств теплових мереж, зазвичай, розташовують у приміщенні ремонтно-експлуатаційної бази.

Для теплових мереж міст дозволяється передбачати автоматизовані системи керування технологічним процесом (АСУ ТП), при цьому необхідно провести техніко-економічне обґрунтування.

Використання технічних засобів телемеханізації має бути визначено завданнями диспетчерського керівництва, а також розроблятися у комплексі з застосуванням технічних засобів сигналізації, керування, контролю та автоматизації[13].

Телемеханізація має забезпечувати роботу насосних станцій без постійного обслуговування.

Для насосних станцій та центральних теплових пунктів потрібно передбачати такі засоби телемеханіки:

- дистанційна сигналізація положення арматури з електроприводом, насосів та комутаційної апаратури, що забезпечує подачу напруги насосній установці;
- телесигналізація про несправність обладнання або порушення заданої величини контролюючих параметрів (загальний сигнал);
- контроль пуском і зупиненням насосів та арматури з електроприводом, які мають оперативне значення;
- дистанційний контроль тиску та витрат теплоносія в електродвигунах струму статора.

У схемах керування необхідно забезпечити:

- блокування електродвигунів, основної запірної арматури та її байпасу.
- контроль тиску, температури та витрати теплоносія в подавальному та зворотному трубопроводах мережної води, а також трубопроводах пари та конденсату, витрати підживлювальної води.
- У вузлах регулювання теплових мереж за необхідності слід забезпечити:
 - телевимірювання тиску теплоносія в подавальному та зворотному трубопроводах, температури в зворотних трубопроводах відгалужень;
 - телекерування запірною арматурою та регулювальними клапанами, які мають оперативне значення[13].

На виводах теплової мережі від джерела теплової енергії має бути забезпечено:

Технічні засоби телемеханіки та датчики телеінформації необхідно розміщувати у спеціально призначених приміщеннях, суміщених із приміщеннями електротехнічного обладнання, при цьому умови їх розташування мають унеможливлювати вплив води або пари на апаратуру у разі виникнення аварійних ситуацій. Вибір датчиків повинен забезпечувати одночасну передачу сигналів аварійної та технологічної сигналізації як на диспетчерський пункт, так і безпосередньо на щит керування відповідного об'єкта. На диспетчерських пунктах обов'язково слід передбачати наявність оперативного (диспетчерського) телефонного зв'язку для забезпечення безперервного управління. Центральний тепловий пункт, у свою чергу, із постійною присутністю обслуговуючого персоналу також має бути оснащений надійним телефонним зв'язком для оперативної взаємодії [13].

Як **висновок** маємо, що у даному розділі розглянуто питання економічної доцільності впровадження автоматизації ІТП, а також особливості його диспетчеризації та безпечної експлуатації в умовах реальної роботи інженерних систем будівлі. Основну увагу було зосереджено на оцінюванні ефективності застосування автоматизованих засобів керування та на формуванні умов для стабільної і безпечної роботи теплового пункту.

Висновок

У даній дипломній роботі виконано комплексне дослідження та розроблено технічні рішення щодо підвищення енергоефективності будівель шляхом впровадження автоматизованого індивідуального теплового пункту.

Спочатку було проаналізовано основні методи та технічні засоби підвищення енергоефективності будівель, що дозволило визначити найбільш доцільні напрями модернізації систем опалення.

У другому розділі розроблено систему автоматизації індивідуального теплового пункту будівлі. Запропоновано структурну схему системи керування, обґрунтовано вибір основних технічних компонентів. Після чого визначено доцільність застосування блочного ІТП та розроблено електричну схему електроавтоматики і силового електроживлення. Технічні рішення, що прийняті в роботі, забезпечать стабільність теплових режимів, підвищення надійності роботи обладнання.

У третьому розділі розроблено систему безперебійного живлення та систему зрівнювання потенціалів, що дозволяє забезпечити безпечну й надійну роботу автоматизованого ІТП навіть у разі порушень електропостачання.

На завершальному етапі було виконано економічний аналіз доцільності впровадження автоматизованого теплового вузла та розглянуто питання диспетчеризації і безпечної експлуатації. Отримані результати підтвердили, що впровадження автоматизованого ІТП дозволяє скоротити витрати на теплову енергію при певних умовах на 44 відсотки.

Таким чином, впровадження автоматизованого індивідуального теплового пункту є технічно обґрунтованим, економічно доцільним та ефективним рішенням для підвищення енергоефективності будівель, поліпшення умов експлуатації інженерних систем та раціонального використання паливно-енергетичних ресурсів.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Автоматизація виробничих процесів: підручник / І.В. Ельперін, О.М. Пупена, В.М. Сідлецький, С.М. Швед. — Вид. 2-ге, виправлене. — К.: Вид. Ліра-К, 2015. — 378 с.
2. Енергетичний менеджмент та енергоефективність: Підручник/ І.О. Самойленко, О.Г. Гриб, А.О. Запорожець та ін. - Харків, 2020. - 348 с.
3. Оптимізація систем тепlopостачання із використанням економіко-математичного моделювання: монографія / за заг. ред. О. М. Гаврися – Х.: НТУ "ХП", 2015. – 209 с.
4. Технології утеплення фасадів будівель: підручник / [Гайдук О. В., Герлянд Т. М., Кулалаєва Н. В., Півторацька Н. В., Пятничук Т. В.]. – Житомир: «Полісся», 2021. – 362 с.
5. Системи опалення, вентиляції і кондиціонування повітря будівель: навч. посіб. для студентів спеціальності 144 «Теплоенергетика» / М.Ф.Боженко ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. –Електронні текстові дані (1 файл: 36,087 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 380 с.
7. Бойчик І.М Економіка підприємства: підручник. / І.М.Бойчик. – К.: Кондор -Видавництво, 2016. – 378 с.
8. https://www.academia.edu/27149962/Building_automation_for_increased_energy_efficiency_in_buildings 9. Каталог продукції ДКС України. Система блискавкозахисту та заземлення «Jupiter»
10. Правила улаштування електроустановок. - Видання офіційне. Міненерговугілля України. - Х. : Видпнмицтво «Форт», 2017. - 760 с.
11. Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення ДБН В.2.5-23:2010
12. <https://storage-api-pim.etigroup.eu/api/asset-storage/asset/731fe7f1-7a76-4f56-b563-140e6a69f221>

13. ДБН В.2.5-39:2008. Теплові мережі. — К.: Мінрегіонбуд України, 2008. — Чинний нормативний документ.

14. <https://assets.danfoss.com/documents/latest/524794/AI533942108269uk-UA0101.pdf>

15. https://ianv.com.ua/image/data/userfiles/ec1310_UA.pdf?srsltid=AfmBOorp6ot3RNVrY4VVxch_-eiF2txIE6dx9_DOqkNpfTWx1rUEB7fV

16. <https://www.adb.org/sites/default/files/publication/1007716/handbook-energy-efficiency-buildings.pdf>

17. <https://en.scribd.com/document/82204635/HVAC-Control-System-Design-Diagrams>

Додаток А

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ПОЛТАВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА ІМЕНІ ЮРІЯ КОНДРАТЮКА»**

ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ
за матеріалами XI Всеукраїнської науково-практичної конференції
**«ЕЛЕКТРОННІ ТА МЕХАТРОННІ СИСТЕМИ:
ТЕОРІЯ, ІННОВАЦІЇ, ПРАКТИКА»**
18 грудня 2025 року



Полтава 2025

ЗМІСТ

<i>М.Г. Бабич, С.Л. Городецький</i>	
АРХІТЕКТУРА СИСТЕМИ РОЗУМНОГО БУДИНКУ ДЛЯ ЛЮДЕЙ З ІНВАЛІДНІСТЮ	10
<i>І.І. Бадула, Ю.Г. Дяченко</i>	
ЦИФРОВІЗАЦІЯ ТА АВТОМАТИЗАЦІЯ НАФТОГАЗОВИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ЗА ДОПОМОГОЮ SCADA/НМІ ZENON	13
<i>А.Ю. Батраченко, Г.В. Головка</i>	
ПОРІВНЯННЯ СУЧАСНИХ КРИПТОГРАФІЧНИХ ШИФРІВ ШИФРОМ AES.....	16
<i>Д.В. Бублій, А.В. Трет'як</i>	
АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ВПРОВАДЖЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО ІНДИВІДУАЛЬНОГО ТЕПЛООВОГО ВУЗЛА ДЛЯ АДМІНІСТРАТИВНОЇ БУДІВЛІ	19
<i>Станіслав Васюхно</i>	
ВИКОРИСТАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ ЗОБРАЖЕНЬ У ЗАДАЧАХ ПІСЛЯАВАРІЙНОГО АНАЛІЗУ	22
<i>В.М. Галай, А.О. Журавель, Д.О. Гагієв</i>	
РОЗРОБЛЕННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ АСФАЛЬТОБЕТОННОЮ УСТАНОВКОЮ.....	24
<i>В.М. Галай, В.О. Коломісць</i>	
ПРОЄКТУВАННЯ ТА МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ ВІДСТЕЖЕННЯ СОНЦЯ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ФОТОЕЛЕКТРИЧНИХ УСТАНОВОК.....	26
<i>В.М. Галай, О.Ю. Павлій</i>	
ДОСЛІДЖЕННЯ ТА АВТОМАТИЗАЦІЯ РОЗПОДІЛУ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ ВІД МАЙНІНГ-ФЕРМ У ЛОКАЛЬНИХ СИСТЕМАХ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ.....	29

УДК 697.3

Д.В. Бублій, магістрант,

А.В. Трет'як, к.т.н.

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ВПРОВАДЖЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО ІНДИВІДУАЛЬНОГО ТЕПЛООВОГО ВУЗЛА ДЛЯ АДМІНІСТРАТИВНОЇ БУДІВЛІ

Енергозбереження та підвищення енергоефективності в Україні має свої особливості. Високий пріоритет енергозбереження протягом довгого часу не супроводжувався ефективними формами та механізмами взаємодії влади, бізнесу і наукового середовища щодо реалізації інноваційних енергозберігаючих технологій. Тому на даний час більшість адміністративних будівель мають застарілу систему опалення, яка не відповідає сучасним вимогам економіки.

У зв'язку з цим останнім часом активізувався пошук способів зменшення витрат на енергію, зокрема, розроблення різноманітних систем автоматики для теплових вузлів цивільних будівель і це важливий крок у підвищенні енергоефективності та модернізації інфраструктури країни в цілому. Старі системи управління теплом призводять до зростання витрат на енергоресурси та зниження ефективності опалення. Впровадження сучасної автоматики дозволяє краще регулювати температуру та тиск теплоносія в залежності від потреб будівлі та погодних умов, що зменшує втрати тепла і забезпечує стабільну температуру в приміщеннях. Оновлення теплового вузла відповідатиме сучасним вимогам енергоефективності та екологічної безпеки, що дозволить знизити споживання енергії та експлуатаційні витрати.

Метою даної роботи є обґрунтування ефективності та доцільності розроблення сучасної автоматизованої системи для підвищення ефективності опалення адміністративної будівлі, з можливістю більш точного контролю температури, зменшення теплових втрат і покращення загальної енергоефективності будівлі в цілому.

Особливу увагу слід приділити інтеграції нових системи з існуючими інженерними мережами будівель, щоб уникнути великих витрат на повну заміну інфраструктури.

Також важливим є забезпечення можливості віддаленого моніторингу та керування тепловим вузлом, що дозволить швидко реагувати на зміни зовнішніх умов та потреб будівель, мінімізувати ризики аварій та забезпечити безперебійну роботу системи опалення.

Крім того, автоматика дає можливість швидко діагностувати несправності та зменшити час на їх усунення. Це стане важливим кроком у

ЛІТЕРАТУРА:

1. *Автоматизація виробничих процесів: підручник / І.В. Ельперін, О.М. Пупена, В.М. Сідлецький, С.М. Швед. — Вид. 2-ге, виправлене. — К.: Вид. Ліра-К, 2015. — 378с.*
2. *Енергетичний менеджмент та енергоефективність: Підручник/ І.О. Самойленко, О.Г. Гриб, А.О. Запорожець та ін. - Харків, 2020. - 348 с.*
3. *Оптимізація систем теплопостачання із використанням економіко-математичного моделювання: монографія / за заг. ред. О. М. Гаврися – Х.: НТУ "ХПІ", 2015. – 209 с.*

ANALYSIS OF THE EFFICIENCY OF IMPLEMENTING AN AUTOMATED INDIVIDUAL HEATING UNIT FOR AN ADMINISTRATIVE BUILDING

D. Bublîi, master's student,

A. Tretyak, Ph.D.

National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic»

Додаток В

Міністерство освіти та науки України
Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

Кафедра автоматики, електроніки та телекомунікацій

**Розроблення системи автоматики для теплового
вузла корпусу П Національного університету
«Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»**

Виконав:

Студент групи 601МЕ

Бублій Д.В.

Керівник:

доцент, канд. техн. наук

Трет'як А.В.

Полтава 2025

Актуальність теми полягає у необхідності зберігати комфортні умови для студентів та працівників при мінімальних витратах енергії у теперішній складний час з постійними обстрілами енергосистеми України.

Метою роботи є розробити та впровадити сучасну автоматизовану систему для підвищення ефективності опалювальної системи корпусу П.

Для виконання поставленої мети в роботі необхідно виконати наступні **завдання**:

- провести детальний поточний аналіз стану системи опалення корпусу П;
- розробити технічні рішення для впровадження сучасних автоматизованих елементів, таких як контролери та датчики;
- забезпечення можливості віддаленого моніторингу та керування тепловим вузлом, що дозволить швидко реагувати на зміни зовнішніх умов та потреб будівлі.

Об'єкт дослідження – розроблення системи опалення та теплового вузла корпусу П Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка».

Предмет дослідження – методи та засоби автоматизації теплового вузла, спрямовані на підвищення його ефективності та енергоефективності будівлі.

Функціональна схема автоматизованого ІТП

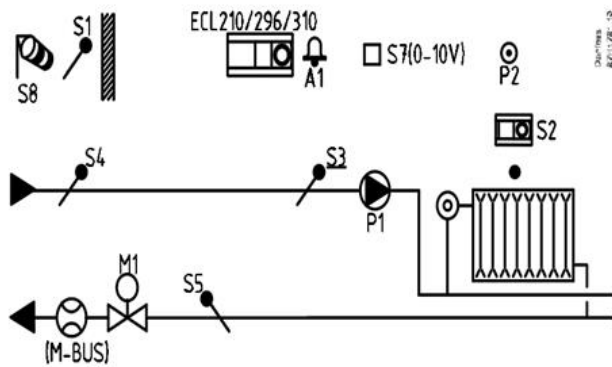
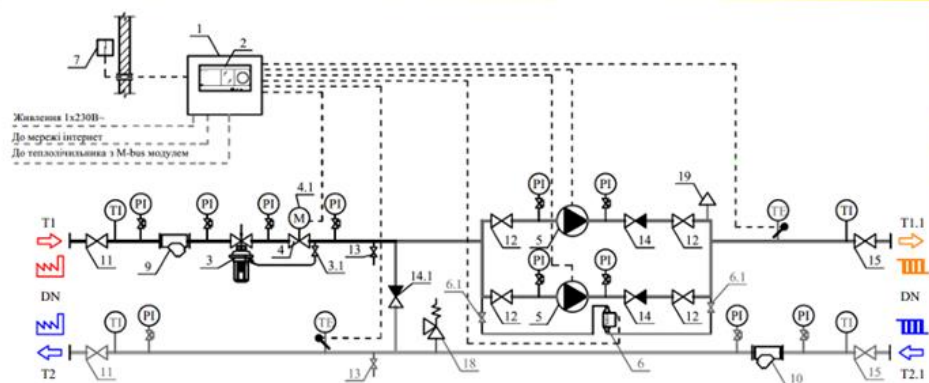


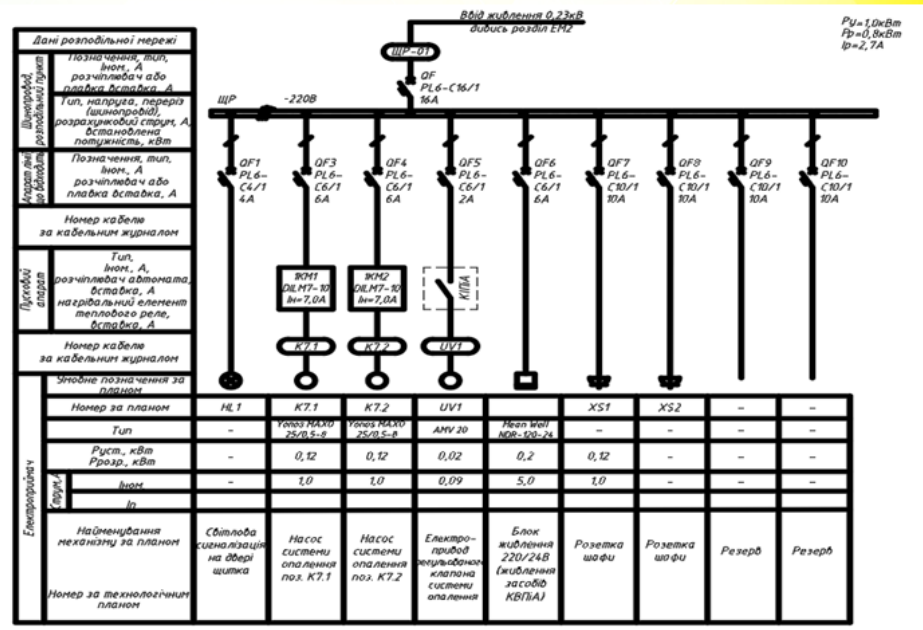
Схема описує роботу автоматизованого ІТП, призначеного для регулювання теплопостачання будівлі в залежності від зовнішніх і внутрішніх умов. Контролер отримує сигнали від датчиків зовнішньої і внутрішньої температури та датчиків температури теплоносія в подаючому і зворотному трубопроводах. На основі цих даних він формує керуючий вплив відповідно до заданої температурної характеристики опалення. Залежно від температури зовнішнього повітря контролер визначає необхідну температуру теплоносія, яка має подаватися в систему опалення будівлі. Для досягнення потрібного температурного режиму контролер керує регулюючим клапаном з електроприводом, змінюючи ступінь його відкриття сигналом з контролера

Структурна схема автоматизації ІТП

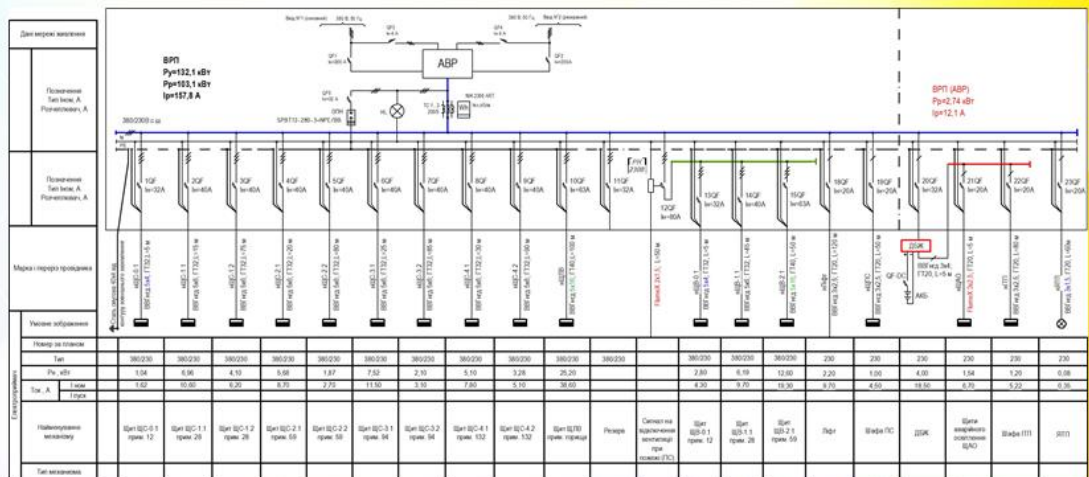


Алгоритм роботи: Теплоносій подається по трубопроводу Т1 з мережі, датчики температури (ТІ), датчики тиску (PI), контролером контролюються дані цих датчиків, і в залежності від температури навколишнього середовища та температури всередині приміщення, формується завдання на керування сервомотором (4.1), який відкриває або прикриває засув теплоносія (4), блок насосів (5) створює необхідну подачу теплоносія в систему опалення будівлі. Також контролюється температура і тиск в системі, при аварійній ситуації таких як різкі зміни тиску, в цьому випадку контролер зупинить насос і видасть повідомлення про аварію.

Однолінійна електрична схема силового щита автоматики ІТП

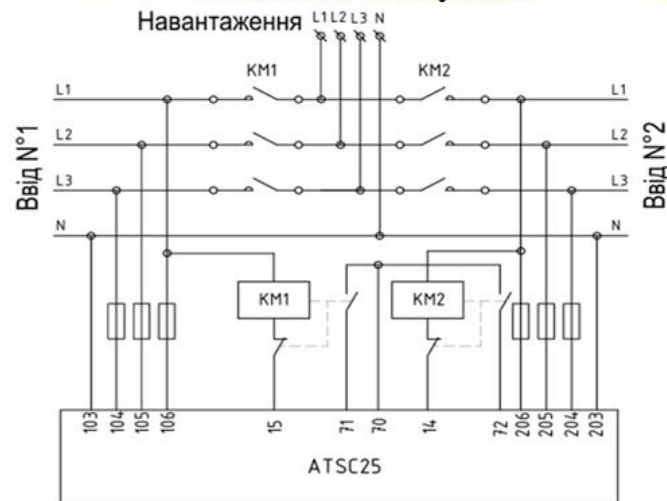


Забезпечення безперерйного живлення ІТП



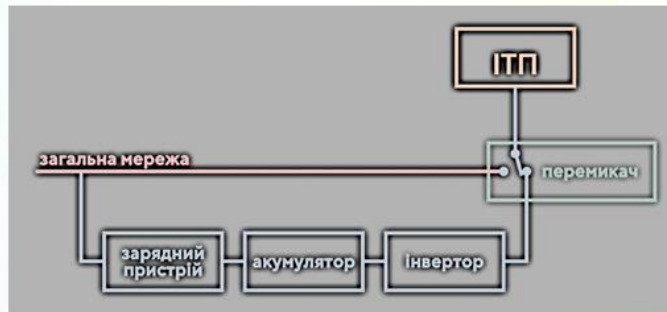
У разі знеструмлення індивідуального теплового пункту відбувається зупинка насосів та втрата керування системою. Застосування безперерйного живлення дозволяє підтримувати роботу автоматики ІТП, захищає обладнання та забезпечує безпечний режим теплостачання будівлі. За перемикання на резерву лінію відповідає АБП АТSC25

Схема монтажу АВР



Запровадження системи безперебійного живлення дозволяє підтримувати роботу ключових елементів автоматики ІТП — контролера, датчиків і приводів — протягом певного часу, забезпечуючи безпечний режим роботи та підвищуючи надійність теплостачання будівлі.

Схема аварійного живлення ІТП

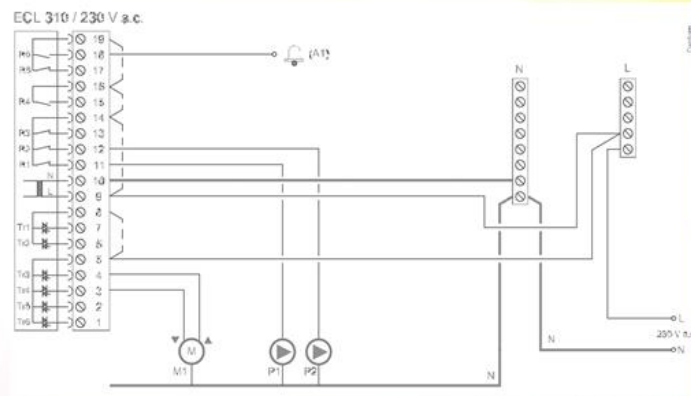


У разі повного знеструмлення підстанції, необхідно підтримувати працездатність системи опалення будівлі, для цього використано джерела безперебійного живлення.

Час роботи ДБЖ розраховано з умов гарантованого переходу на живлення від наявного дизельного генератора.



Електрична принципова схема підключення контролера



В залежності від температури , яку необхідно нам тримати , серводвигун керує заслонкою , за керування відповідає comfort 310 , моніторячи температуру за допомогою датчиків температури , і відповідно керує насосами P1 та P2 підтримуючи номінальний тиски в системі , періодично чергуючи роботу насосів , режими можна налаштувати по різному.

Висновки

- ✓ Запропонована система ІТП забезпечить автоматичне регулювання параметрів тепlopостачання залежно від температури зовнішнього повітря та режимів роботи будівлі.
- ✓ Застосування електронного контролера та сучасних датчиків дозволить підвищити енергоефективність та зменшити теплові втрати.
- ✓ Резервування живлення автоматики ІТП із використанням АВР та безперебійного живлення, підвищить надійність роботи системи.
- ✓ Реалізація розроблених рішень забезпечить стабільну, безпечну та економічно доцільну експлуатацію системи опалення будівлі.