

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»
Факультет комп'ютерно-інтегрованих технологій, мехатроніки і робототехніки
Кафедра робототехніки, електроенергетики та автоматизації
ім. проф. Б.Б. Самотокіна

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної роботи магістра

на тему: **«Автоматизована система керування процесом використання надлишкового тепла холодильних установок для опалення приміщень»**

Виконав студент 2 курсу, групи АТ-28м
спеціальності 174 “ Автоматизація,
комп'ютерно-інтегровані технології
та робототехніка”

Курачицький Дмитро Олексійович

(прізвище та ініціали студента)

Керівник: к.т.н., доц. Шавурський Ю.О.

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

Рецензент: к.т.н., доц. Чепюк Л.О.

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

Житомир – 2024

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ “ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА”
Факультет комп’ютерно-інтегрованих технологій, мехатроніки і робототехніки
Кафедра робототехніки, електроенергетики та автоматизації
ім. проф. Б.Б. Самотокіна

**Спеціальність 174 “Автоматизація, комп’ютерно-інтегровані технології
та робототехніка”**

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри
робототехніки, електроенергетики та
автоматизації ім. проф. Б.Б. Самотокіна
к.т.н., доц. Громовий О.А.

к.т.н., доц. Громовий О.А.
«_____» _____ 2024р.

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу магістра

Студент Затулівітер Іванна Вікторівна

1. Тема роботи: Автоматизована система керування процесом використання надлишкового тепла холодильних установок для опалення приміщень.

Затверджена Наказом по університету від «12» листопада 2024 р. № 646/с

2. Термін здачі закінченої роботи на кафедру «20» грудня 2024 р.

3. Вихідні дані до роботи огляд властивостей досліджуваного об'єкта, детальний аналіз функціонування системи, порівняння з аналогічними системами, а також обґрунтування вибору обладнання

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які підлягають розробці)

У роботі досліджується застосування БПЛА для моніторингу в реальному часі та виявлення вибухонебезпечних об'єктів за допомогою алгоритму YOLOv5. Обирається оптимальне обладнання для інтеграції в систему БПЛА, розробляються алгоритми обробки зображень і детекції об'єктів, а також реалізується програмне забезпечення для аналізу та візуалізації результатів. Проводиться тестування системи в реальних умовах

5. Перелік презентативного матеріалу (з точним визначенням обов'язкових слайдів/креслень) технічне завдання, огляд та аналіз існуючих систем, розробка

структурної та алгоритму

6. Консультанти з кваліфікаційної роботи магістра із зазначенням розділів роботи, що їх стосуються

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Технічна частина	Шавурський Ю.О.	12.09.2024	12.09.2024

7. Дата видачі завдання 12.09.2024

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	Збір літературних даних за темою дипломної роботи та відомих систем-аналогів	1.11.2024 – 1.12.2024	виконано
2.	Ознайомитись з основними принципами побудови систем	12.10.2024 – 24.10.2024	виконано
3.	Розробка структурної та функціональної схеми системи	25.10.2024 – 30.10.2024	виконано
4.	Розробка принципової схеми системи	11.10.2024 – 02.11.2024	виконано
5.	Вибір засобів вимірювання	02.11.2024 – 10.11.2024	виконано
6.	Розробка блок-схеми алгоритму та програми вимірювання рівня рідини	10.11.2024 – 30.11.2024	виконано
7.	Оформлення пояснювальної записки та презентаційного матеріалу	30.11.2024 – 11.12.2024	виконано

Студент

(підпис, дата)

Д.О. Курачицький

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис, дата)

Ю.О. Шавурський

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Дипломна робота магістра на тему «Автоматизована система керування процесом використання надлишкового тепла холодильних установок для опалення приміщень» містить 62 сторінок, 28 рисунків, 5 таблиць та 29 інформаційні джерела.

В даній роботі розглядається питання утилізації тепла холодильних агрегатів, зокрема, акцентується увага на важливості використання резервних вводів для підвищення ефективності та надійності енергетичних систем. Утилізація тепла, що виділяється холодильними агрегатами, є ключовим напрямком для зменшення енергоспоживання та екологічного впливу. Розроблена структурна, функціональна, електрична принципова схеми системи автоматичного регулювання температури у виробничих приміщеннях. Обґрунтована та вибрана елементна база системи. Розроблена блок-схема алгоритму роботи та відповідна програма.

ANNOTATION

Master's thesis on the topic "Automated control system of the process of using excess heat of refrigeration units for space heating" contains 62 pages, 28 figures, 5 tables and 29 information sources.

This work addresses the issue of heat utilization from refrigeration units, with particular emphasis on the importance of using backup inputs to enhance the efficiency and reliability of energy systems. The utilization of heat generated by refrigeration units is a key area for reducing energy consumption and environmental impact. The thesis includes the development of structural, functional, and electrical circuit diagrams for an automatic temperature control system in industrial premises. The element base of the system is substantiated and selected. Additionally, a flowchart of the system's algorithm and corresponding software were developed.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	1
1 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБ’ЄКТУ.....	2
1.1 Переваги та недоліки обраної системи.....	2
1.2 Склад холодильного обладнання.....	9
2 ТЕХНІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПРОЄКТУ.....	20
2.1 Основні відомості про об’єкт проєктування: опис та умови технологічного процесу, стан обладнання, екологічне середовище...	20
2.2 Огляд основних напрямлень технічних рішень та їх реалізації при автоматизації, розробці або модернізації системи автоматики...	22
3 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	23
3.1 Розробка схеми функціональної автоматизації.....	23
3.2 Розробка схеми електричної принципової на сучасній елементній базі	25
3.3 Розробка алгоритму роботи	33
3.4 Розрахунок та вибір апаратури системи автоматизації.....	40
3.5 Розрахунок розмірів, вибір щита (пульта, панелі) та розробка виду загального.....	49
3.6 Розробка схеми електричної з’єднування.....	53
3.7 Розробка схеми, розрахунок і вибір заземлюючих пристроїв.....	55
ВИСНОВКИ	60
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	62

ВСТУП

Утилізація тепла холодильного агрегату є важливою складовою сучасних енергозберігаючих технологій, що сприяє підвищенню ефективності використання енергії та зниженню негативного впливу на навколишнє середовище. Холодильні установки широко використовуються в різних галузях промисловості, торгівлі та побуті для забезпечення зберігання продуктів та матеріалів. Під час їхньої роботи виділяється значна кількість тепла, яке часто просто викидається в навколишнє середовище, не знаходячи ніякого корисного застосування.

Метою дослідження є розробка і впровадження ефективних методів утилізації тепла, що виділяється холодильними агрегатами, для використання його в системах опалення, гарячого водопостачання та інших технологічних процесах. Одним із важливих аспектів є інтеграція резервних вводів, які дозволяють забезпечити стабільну роботу систем навіть у випадках аварійних відключень або пікових навантажень. Це дозволить зменшити енергоспоживання, знизити витрати на енергію, а також мінімізувати викиди парникових газів.

Актуальність теми зумовлена зростаючими вимогами до енергоефективності та екологічної безпеки у всьому світі. Збільшення вартості енергоресурсів та необхідність зниження викидів парникових газів стимулюють пошук нових рішень для раціонального використання енергії. Утилізація тепла холодильних агрегатів, разом з використанням резервних вводів, є одним із таких рішень, що дозволяє не лише зменшити витрати, але й підвищити надійність і стабільність енергопостачання. Це відповідає глобальним трендам сталого розвитку та є важливим кроком у напрямку збереження довкілля.

Таким чином, дослідження в області утилізації тепла холодильних агрегатів має значний потенціал для економії енергії та ресурсів, підвищення ефективності виробничих процесів, забезпечення надійності енергопостачання за допомогою резервних вводів і сприяння екологічній стабільності.

1 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБ'ЄКТУ

1.1 Переваги та недоліки обраної системи

У світлі світових тенденцій в галузі енергозбереження викид теплової енергії зовнішніми модулями холодильників просто в атмосферу вважається недоцільним витрачанням грошей та ресурсів. Тепло від торгово-промислового холодильного обладнання за допомогою рекуператорів можна використовувати для опалення та гарячого водопостачання

Опалювальний сезон в Україні триває півроку. Протягом цього періоду великі супермаркети, ресторани, їдальні, підприємства харчової промисловості та інші виробничі об'єкти, що використовують потужне холодильне обладнання, витрачають колосальні гроші на опалення та підігрів води для ГВП. Системи рекуперації тепла дозволяють скоротити ці витрати як мінімум на 40-50%, а в деяких випадках взагалі їх виключити.

Обладнання для рекуперації тепла від холодильних установок дозволяє не скоротити енергоспоживання агрегатів, а використовувати побічну теплову енергію для інших цілей. У цьому є економічний ефект від застосування рекуператорів.

Система утилізації тепла від холодильних установок для обігріву приміщень з двома резервними джерелами живлення має численні переваги, такі як висока енергоефективність, екологічні вигоди, економічна доцільність та безперебійність роботи. Однак вона також має певні недоліки, включаючи високі початкові витрати, складність обслуговування, залежність від зовнішніх умов та комплексність інтеграції. Зважування цих переваг і недоліків дозволить ухвалити обґрунтоване рішення щодо впровадження такої системи у вашому проекті.

Переваги:

Енергоефективність

Зниження енергоспоживання: Використання утилізованого тепла для обігріву приміщень дозволяє значно знизити витрати на енергію.

Оптимізація використання ресурсів: Переробка відпрацьованого тепла підвищує загальну енергоефективність системи.

Екологічні вигоди

Зменшення викидів парникових газів: Використання утилізованого тепла сприяє зменшенню викидів CO₂ та інших шкідливих речовин.

Зниження теплового забруднення: Використання відпрацьованого тепла зменшує теплове забруднення навколишнього середовища.

Безперебійність роботи

Два резервних джерела живлення: Система забезпечена двома резервними джерелами живлення (сонячні панелі та генератор), що гарантує безперебійність роботи навіть у разі відключення основного джерела.

Автоматичне перемикання: Система автоматичного перемикання між джерелами живлення забезпечує стабільну роботу без втручання людини.

Економічні вигоди

Зниження витрат на опалення: Використання утилізованого тепла зменшує витрати на опалення приміщень.

Швидка окупність: Зменшення експлуатаційних витрат сприяє швидкому поверненню інвестицій у систему.

Комфорт та безпека

Покращення умов праці: Система забезпечує стабільну та комфортну температуру в приміщеннях, що підвищує комфорт працівників.

Надійність: Висока надійність системи за рахунок резервних джерел живлення та автоматизації.

Недоліки:

Високі початкові витрати

Інвестиції в обладнання: Вартість установки системи утилізації тепла, теплообмінників, автоматизації та резервних джерел живлення може бути значною.

Витрати на монтаж: Високі витрати на проектування та монтаж системи.

Складність обслуговування

Технічне обслуговування: Система потребує регулярного технічного обслуговування та моніторингу для забезпечення ефективної роботи.

Кваліфікований персонал: Необхідність у висококваліфікованому персоналі для обслуговування та налаштування системи.

Залежність від зовнішніх умов

Ефективність сонячних панелей: Ефективність роботи сонячних панелей залежить від погодних умов, що може впливати на стабільність роботи системи в певних регіонах.

Витрати на паливо для генератора: Використання генератора як резервного джерела живлення вимагає додаткових витрат на паливо.

Комплексність системи

Складність інтеграції: Інтеграція системи утилізації тепла з існуючими системами опалення може бути складною та вимагати додаткових витрат і часу.

Система автоматизації: Впровадження та налаштування системи автоматизації можуть бути складними та вимагати детального планування.

1.2 Склад холодильного обладнання

Склад холодильного обладнання може включати в себе різні категорії та елементи, в залежності від призначення та типу холодильних систем. Ось основні компоненти, які можуть бути на складі холодильного обладнання:

Компресори:



Рис. 1.1. компресор холодильного агрегату

Компресор холодильного агрегату — це один із ключових елементів холодильних систем, який відповідає за стиснення і циркуляцію холодоагенту. Він виконує роль насоса, який перетворює холодоагент з газоподібного стану в рідкий, підвищуючи його тиск і температуру. Після цього холодоагент проходить через конденсатор, де віддає тепло і переходить у рідкий стан.

Основні типи компресорів

1. Поршневі компресори:

- Принцип дії: використовують поршень для стиснення холодоагенту. Зазвичай застосовуються в побутових і малих промислових холодильниках.
- Переваги: висока ефективність, можливість регулювання потужності.
- Недоліки: можуть бути шумними та вимагати більше обслуговування.

2. Роторні компресори:

- Принцип дії: стиснення здійснюється за допомогою обертальних роторів.
- Переваги: компактні, тихі, хороша ефективність.
- Недоліки: можуть мати обмеження в потужності.

3. Спіральні компресори:

- Принцип дії: використовують дві спіралі для стиснення газу.
- Переваги: висока ефективність, низький рівень шуму, простота конструкції.
- Недоліки: можуть бути дорогими у виробництві.

4. Гвинтові компресори:

- Принцип дії: використовують два обертові гвинти для стиснення.
- Переваги: висока продуктивність, підходять для великих холодильних систем.
- Недоліки: складна конструкція і висока вартість.

Основні характеристики компресорів

- Потужність: Вимірюється в кВт або кінських силах (к.с.) і визначає, скільки тепла може видаляти компресор.

- Коефіцієнт корисної дії (ККД): Визначає ефективність компресора; чим вищий ККД, тим менше енергії витрачається.
- Рівень шуму: Важливий фактор для побутових і комерційних систем.
- Тип холодоагенту: Компресори можуть бути адаптовані для роботи з різними холодоагентами (фреони, аміак тощо).

Конденсатори:



Рис. 1.2. конденсатор холодильного агрегату

Конденсатор холодильного агрегату — це ключовий елемент системи охолодження, який виконує функцію відведення тепла від холодоагенту. Він перетворює газоподібний холодоагент на рідкий, що дозволяє продовжити цикл охолодження.

Основні функції конденсатора

- Охолодження холодоагенту: Конденсатор приймає нагрітий газоподібний холодоагент від компресора і відводить від нього тепло.

- Конденсація холодоагенту: При відведенні тепла холодоагент переходить з газоподібного стану в рідкий, що дозволяє йому потім продовжити цикл через випарник.
- Основні типи конденсаторів

1. Повітряні конденсатори:

- Принцип роботи: Використовують повітря для охолодження холодоагенту. Зазвичай обладнані вентиляторами, які сприяють проходженню повітря через теплові елементи.
- Переваги: Простота конструкції, легкість в установці, менше вимог до водопостачання.
- Недоліки: Менша ефективність при високих температурах навколишнього середовища, обмежена потужність.

2. Водяні конденсатори:

- Принцип роботи: Використовують воду для охолодження. Зазвичай використовуються в системах, де доступ до води не є проблемою (наприклад, в промисловості).
- Переваги: Вища ефективність охолодження, особливо в теплу погоду.
- Недоліки: Потребують системи водопостачання та відведення.

3. Фреонові конденсатори:

- Принцип роботи: Працюють на основі циклу холодоагенту і зазвичай використовуються в системах з низькими температурами.
- Переваги: Ефективні в специфічних умовах, де потрібно досягти низьких температур.
- Недоліки: Складні в обслуговуванні і потребують висококваліфікованого персоналу.

Основні характеристики конденсаторів

- Потужність: Вимірюється в кВт і визначає, скільки тепла може бути відведено.
- Ефективність: Вимірюється за допомогою коефіцієнта корисної дії (ККД). Вищий ККД свідчить про краще охолодження.
- Тип охолоджувальної рідини: Важливо враховувати, з яким холодоагентом буде працювати конденсатор.

Випарники:

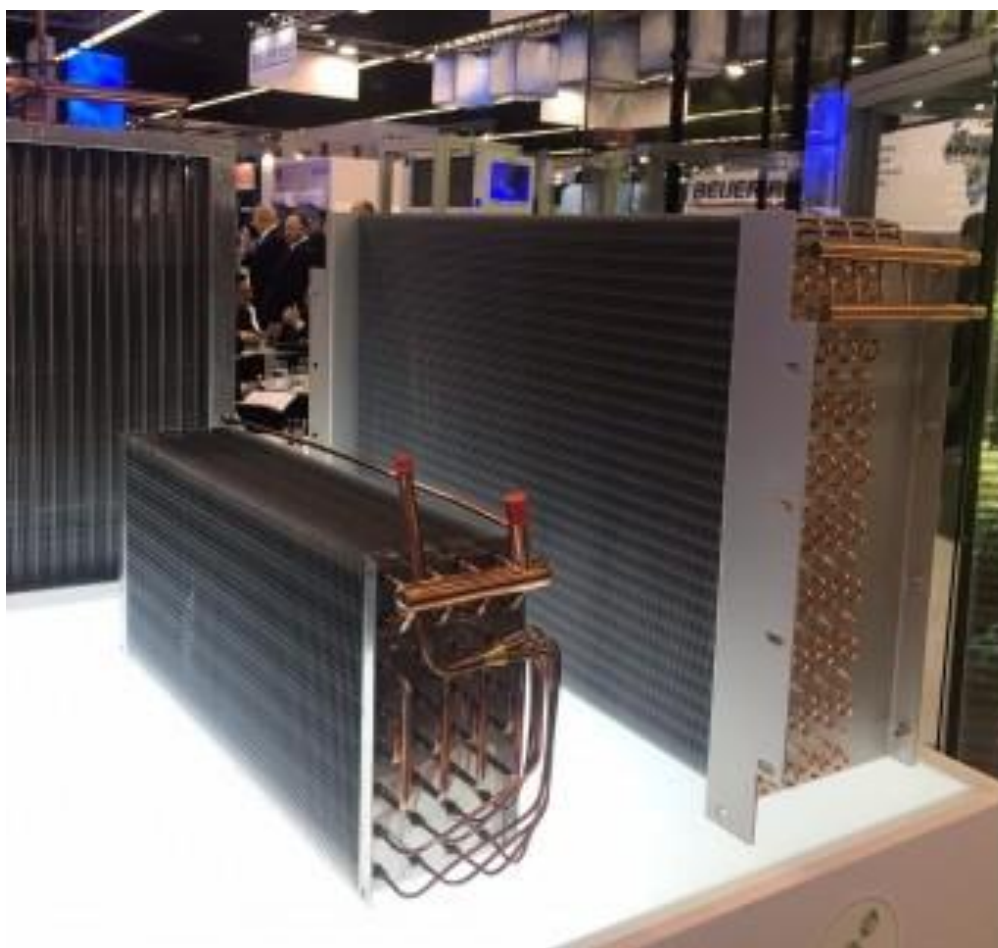


Рис. 1.3. Випарник холодильного агрегату

Випарник холодильного агрегату — це ще один ключовий елемент холодильних систем, який відповідає за поглинання тепла з середовища, яке потрібно охолодити. Він виконує зворотну функцію конденсатора, перетворюючи рідкий холодоагент на газ, завдяки чому відбувається охолодження.

Основні функції випарника

1. Поглинання тепла: Випарник поглинає тепло з навколишнього середовища (повітря, води або продуктів), що призводить до зниження температури.
2. Перетворення холодоагенту: Рідкий холодоагент, проходячи через випарник, поглинає тепло і перетворюється на газ, який потім повертається до компресора.

Основні типи випарників

1. Пластинчасті випарники:

- Принцип роботи: Складаються з ряду плоских пластин, через які проходять холодоагент і охолоджуване середовище. Тепло передається від одного середовища до іншого через стінки пластин.
- Переваги: Висока ефективність, компактні розміри, швидка реакція на зміни навантаження.
- Недоліки: Можуть бути чутливими до забруднень і вимагають регулярного обслуговування.

2. Трубчасті випарники:

- Принцип роботи: Складені з труб, через які проходить холодоагент. Тепло поглинається через стінки труб.
- Переваги: Проста конструкція, здатність витримувати високі тиски.
- Недоліки: Можуть бути громіздкими і менш ефективними в порівнянні з пластинчастими.

3. Випарники з теплообмінником:

- Принцип роботи: Містять теплообмінники, які забезпечують ефективний перенос тепла між рідинами.

- Переваги: Висока продуктивність, можливість використання для різних холодоагентів.
- Недоліки: Вимагають більшої складності в установці та обслуговуванні.

Основні характеристики випарників

- Потужність: Вимірюється в кВт і визначає, скільки тепла може бути поглинуто.
- Площа теплообміну: Важлива для ефективності; чим більша площа, тим краще теплообмін.
- Тип холодоагенту: Випарник має бути адаптований для роботи з конкретним холодоагентом.

Регулятори та клапани:



Рис.1.4. Терморегулюючий вентиль

Регулятори та клапани — важливі компоненти в системах холодильного обладнання, які забезпечують контроль над потоком холодоагенту та підтримують

оптимальні умови для роботи системи. Вони виконують різні функції, від регулювання тиску до контролю за температурою.



Рис. 1. 5. Електро-регулюючий клапан (солєноїд)

Основні типи регуляторів і клапанів

1. Термостатичні клапани:

- Принцип роботи: Регулюють потік холодоагенту в залежності від температури в системі. Коли температура досягає заданого рівня, клапан відкривається або закривається.
- Переваги: Автоматичне регулювання без потреби в ручному контролі.

- Застосування: Використовуються в побутових холодильниках і кондиціонерах.

2. Клапани розширення:

- Принцип роботи: Знижують тиск холодоагенту перед його потраплянням у випарник. Це призводить до зменшення температури і дозволяє холодоагенту поглинати тепло.
- Типи:
 - Термостатичні клапани: Регулюють подачу холодоагенту в залежності від температури в випарнику.
 - Пневматичні клапани: Використовують повітря для контролю за потоком.
- Застосування: В холодильних агрегатах, системах кондиціонування та теплових насосах.

3. Клапани тиску:

- Принцип роботи: Регулюють тиск в системі, запобігаючи перевантаження. Можуть бути автоматичними або ручними.
- Переваги: Захист системи від підвищеного тиску, що може призвести до пошкоджень.
- Застосування: У всіх типах холодильних систем.

4. Клапани зворотного потоку:

- Принцип роботи: Запобігають поверненню холодоагенту назад у систему. Відкриваються лише в одному напрямку.
- Переваги: Захист від неправильного руху холодоагенту, що може зменшити ефективність системи.
- Застосування: В системах з рециркуляцією холодоагенту.

Основні характеристики регуляторів і клапанів

- Пропускна здатність: Визначає, скільки холодоагенту може проходити через клапан за одиницю часу.
- Тип керування: Може бути ручним, автоматичним або пневматичним.
- Тиск: Важливий для забезпечення безпеки системи; клапани повинні витримувати максимальний робочий тиск.

Трубопроводи та фітинги:



Рис. 1.6. трубопроводи та з'єднувачі для протікання холодоагенту

Контролери та автоматика:

Контролери та автоматика в холодильних системах виконують критично важливу роль у забезпеченні ефективної роботи, безпеки та енергетичної ефективності обладнання. Вони дозволяють автоматизувати процеси, контролювати параметри системи та здійснювати управління різними компонентами.

Ізоляційні матеріали:

Ізоляційні матеріали є важливими елементами холодильних систем, оскільки вони допомагають зберігати енергію, запобігають втраті холоду і зменшують теплові втрати. Вибір правильних ізоляційних матеріалів може суттєво вплинути на ефективність та експлуатаційні витрати системи.

2. ТЕХНІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЄКТУ

2.1 Основні відомості про об'єкт проєктування: опис та умови технологічного процесу, стан обладнання, екологічне середовище

Холодильні машини служать для зниження температури охолоджуваного тіла нижче температури навколишнього середовища та для підтримання досягнутої низької температури.

Тепло, що відводиться при охолодженні, використовується в круговому процесі робочою речовиною холодильної машини, так званим холодильним агентом, температура якого повинна бути нижче температури охолоджуваного тіла. Така низька температура холодильного агента зазвичай створюється за рахунок випаровування (кипіння) його при відповідному цій температурі тиску. Виробництво холоду обумовлено витратою в холодильних машинах механічної або теплової енергії.

У холодильних машинах відбувається циркуляція однієї і тієї ж кількості холодильного агента, що змінює свій агрегатний стан при випаровуванні та конденсації. Залежно від способу здійснення кругового процесу парові холодильні машини підрозділяються на компресійні, абсорбційні пароежекторні. Існують також газові або побітряно-компресійні холодильні машини, виробництво холоду в яких заснована на розширенні стисненого газу.

Холодильна машина складається з наступних головних частин випарника, компресора, конденсатора і регулюючого Вентиля.

Ці частини з'єднані між собою послідовно трубопроводами і утворюють замкнену систему (рис. 2.1)

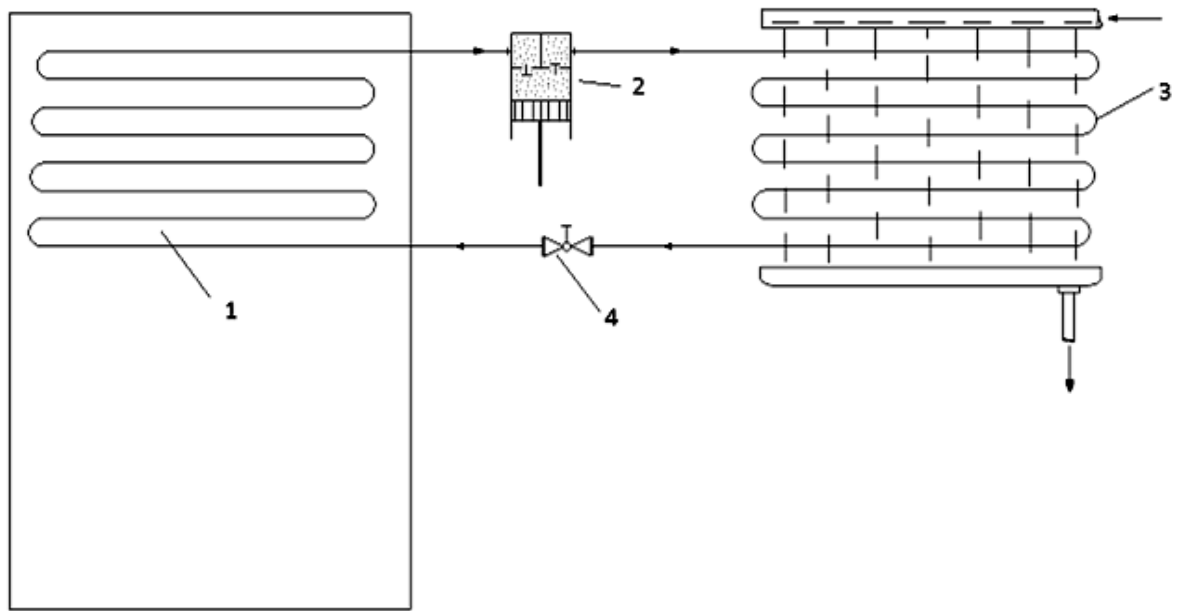


Рис. 2.1 – Схема холодильної установки:

1) випарник; 2) компресор; 3) конденсатор; 4) регулюючий вентиль.

Випарник служить для випаровування (точніше-кипіння). В ньому рідкого холодильного агента при низькій температурі за рахунок теплоти, віднімається для цього від охолоджуваного середовища. Компресор відсмоктує пори холодильного агента з випарника стискує їх з витратою роботи, причому стиснення пари супроводжується відповідним підвищенням їх температури.

Конденсатор служить для охолодження (повітрям) нагрітих пристисненні парів холодильного агента, як, внаслідок відводу від них тепла, переходять у рідкий стан, тобто конденсуються, зберігаючи свій підвищений тиск. Регулюючий (дросельний) вентиль призначений для дроселювання рідкого холодильного агенту при проході через вузький прохідний переріз, результаті чого тиск падає до того тиску, що обумовлений тепловим навантаженням випарника. Для виробництва холоду необхідна циркуляція холодильного агента, що можливо тільки при роботі компресора, який є найбільш відповідальною частиною компресорної машини.

2.2 Огляд основних напрямлень технічних рішень та їх реалізації при автоматизації, розробці або модернізації системи автоматики

При автоматизації процесу утилізації температури в холодильній установці будуть впроваджені наступні напрямки автоматизації:

- Застосовування програмованих логічних контролерів (ПЛК)
- Підігрів та контроль температури води для обігріву
- Відведення тепла з холодильного агрегату

Розглянемо кожний пункт більш детально:

Програмовані логічні контролери (ПЛК) є основними компонентами сучасних автоматизованих систем управління. Вони дозволяють реалізувати складні алгоритми управління, забезпечуючи гнучкість і надійність системи.

Відведення тепла проводиться за допомогою різного типу конденсаторів та теплообмінників,

Утилізація тепла для опалення або гарячого водопостачання

Використання теплообмінників

Пластинчасті теплообмінники: Передають тепло від холодильного агенту до системи опалення або гарячого водопостачання.

Контрольно-вимірювальні прилади: Датчики температури теплоносія, датчики тиску, витратоміри.

Автоматизація: ПЛК для регулювання потоку теплоносія і підтримки оптимальної температури.

3. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

3.1 Розробка схеми функціональної автоматизації

Функціональна схема - це представлення взаємозв'язку між компонентами або елементами системи, яке показує, як вони взаємодіють і виконують свої функції для досягнення певних цілей. Функціональна схема може бути використана для моделювання або розуміння принципу роботи системи або пристрою.

Для розробки схеми функціональної можна використати або креслення верстата, або його схематичне зображення. Схема функціональна розробляється згідно ЕСКД та ДСТУ. Основне призначення схеми функціональної – наочно пояснити напрями автоматизації, розташування елементів автоматизації – датчиків, регуляторів, перетворювачів, виконавчих механізмів тощо та їх взаємодію.

Схема автоматизації складається з датчиків температури та контролеру:

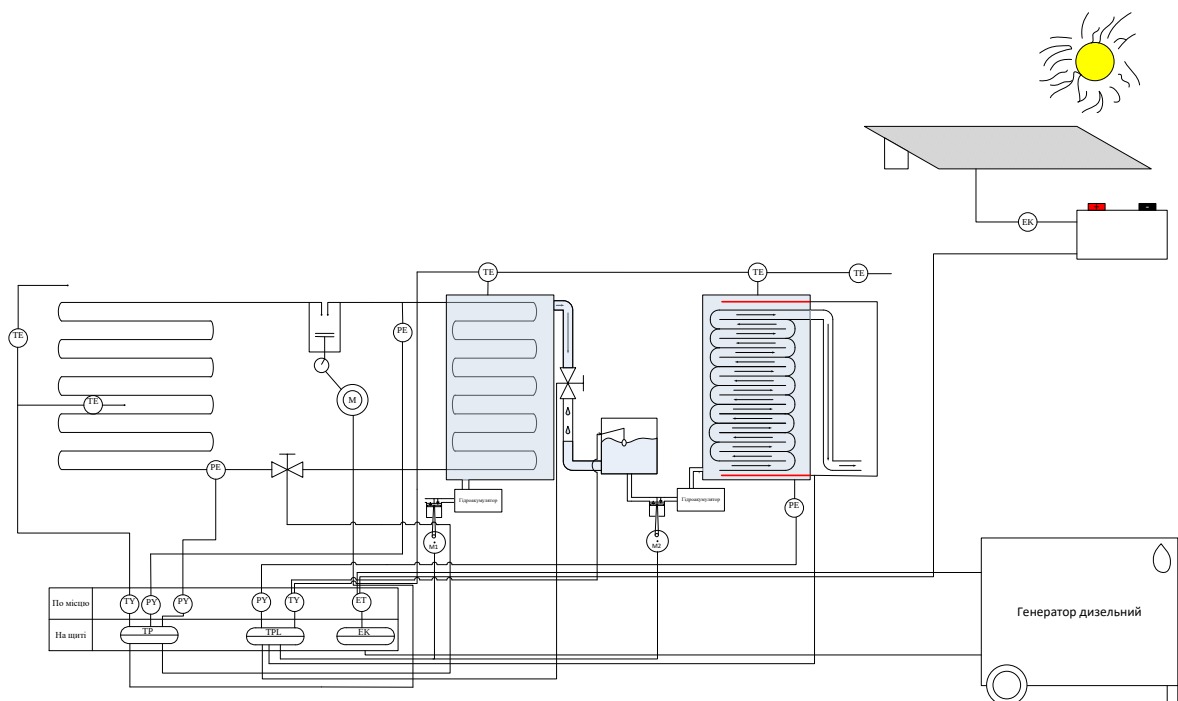


Рис. 3.1. – Функціональна схема автоматичної системи регулювання температури в холодильній установці з відведенням тепла в приміщення, та двома альтернативними джерелами енергії

На схемі показано три комплекти елементів автоматизації.

Контроль та регулювання швидкості обертання двигуна.

Цей комплект складається з:

А) холодильного агрегату з частотним перетворювачем для компресора, що дає плавний пуск двигуна

Б) відведення тепла від конденсатора холодильного агрегату

В) підігрів теплоносія для комфортного використання

Г) розмежування теплоносіїв для ефективної роботи холодильного агрегату

Д) використання резервного живлення (сонячні панелі, генератор)

Е) автоматичний вибір живлення.

Позначення на функціональній схемі



Датчик тиску



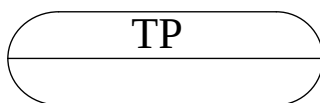
Датчик температури



Перетворювач інформації про температуру



Перетворення тиску в електричну величину



Встановлене у щиті регуляція температурою та тиском



Перетворення напруги



Встановлене у щиті управління сигналами на пуски

3.2 Розробка схеми електричної принципової на сучасній елементній базі.

Схема електрична принципова системи регулювання температури в холодильній установці представлено на Рис.3.2. При подачі живлення в схему у нас засвітиться екран контролера SIMPLEX та згідно показів з датчиків температурит в нас запускаються пускачі які в свою чергу управляють електрокалориферами, якщо температура води не достатня, то працює один електрокалорифер, якщо температура занадто мала, то вмикається другий електрокалорифер, тазразуж відбувається контроль рівня , за допомогою РКУ4-16, дане реле управляє електрорегулюючим вентилем, та пуском двигуна для підкачки води

Для коректної роботи системи відведення тепла використано двигун малої потужності М2 в 250вт. (Див. Рис. 3.2.)

Також використано тени для достатнього підігріву води в кількоств 2 шт.

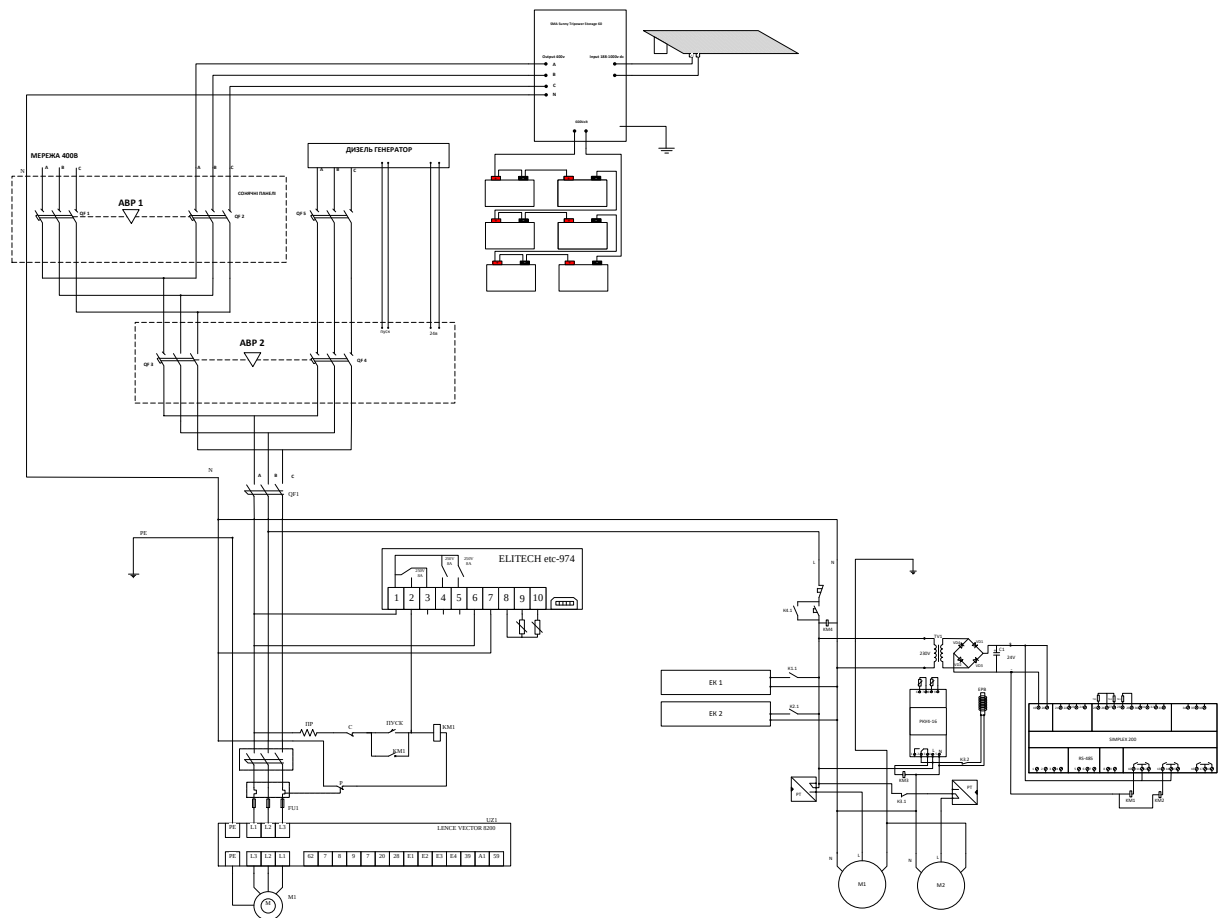


Рис. 3.2. Схема електрична принципова управління системою відведення тепла від холодильного агрегату після автоматизації з двома резервними живленнями

На схемі зображено систему утилізації тепла від холодильних установок з двома автоматичними введеннями резерву (ABP) для забезпечення безперебійної роботи системи. Нижче наведено детальний опис компонентів та їх функціонування.

Основні компоненти системи.

1. Електроколорифери:

- Система містить два електроколорифери (ЕК1, ЕК2), що є джерелами тепла.

2. Насоси (M1, M2):

- Насоси забезпечують циркуляцію теплоносія у системі.

3. Теплообмінник:

- Теплообмінник використовується для передачі тепла від холодильних установок до системи опалення.

4. Автоматичний ввід резерву (ABP 1, ABP 2):

- Два ABP забезпечують автоматичне перемикання між джерелами живлення (основне живлення від мережі, сонячні панелі та генератор).

5. Система управління (Контролери, Реле):

- Контролери та реле забезпечують автоматизацію процесу управління насосами, теплообмінниками та системою резервного живлення.

6. Резервні джерела живлення:

- Сонячні панелі: Забезпечують додаткове джерело живлення.

- Дизель-генератор: Забезпечує резервне живлення у разі відключення основного.

7. Батареї:

- Акумуляторні батареї забезпечують додатковий резерв енергії.

Принцип роботи системи

1. Передача тепла:

- Тепло від холодоагенту передається через теплообмінник до системи опалення, з можливим підігрівом електрокалориферами (ЕК1, ЕК2).
- Насоси (М1, М2) забезпечують циркуляцію теплоносія через систему.

2. Автоматизація процесу:

- Контролери та реле автоматично керують роботою насосів та теплообмінників.
- Система управління контролює параметри роботи та забезпечує оптимальний режим функціонування.

3. Автоматичне введення резерву (АВР):

- У разі відключення основного живлення система автоматично перемикається на резервне живлення від сонячних панелей або генератора.
- АВР 1 забезпечує первинне резервне живлення від сонячних панелей.
- АВР 2 забезпечує додаткове резервне живлення від генератора у разі відключення сонячних панелей.

4. Резервне живлення:

- Сонячні панелі забезпечують постійне джерело енергії за сприятливих умов.

- Дизель-генератор активується у разі відключення основного та резервного живлення від сонячних панелей.
- Акумуляторні батареї забезпечують додаткову стабільність енергопостачання.

Переваги системи

1. Енергоефективність:

- Використання утилізованого тепла знижує загальні витрати на енергію.

2. Безперебійність роботи:

- Два АВР забезпечують високу надійність системи та безперебійне живлення.

3. Автоматизація:

- Автоматичне управління забезпечує оптимальний режим роботи без втручання людини.

4. Екологічність:

- Використання сонячних панелей знижує вплив на навколишнє середовище.

Недоліки системи

1. Високі початкові витрати:

- Інвестиції у обладнання та монтаж можуть бути значними.

2. Складність обслуговування:

- Потреба у регулярному технічному обслуговуванні та висококваліфікованому персоналі.

3. Залежність від зовнішніх умов:

- Ефективність сонячних панелей залежить від погодних умов.

4. Система автоматизації:

- Впровадження та налаштування автоматизації можуть бути складними та вимагати додаткових ресурсів.

Автоматичний ввід резерву (АВР) – це пристрій або система, яка автоматично перемикає навантаження від основного джерела живлення до резервного у разі відмови або відключення основного джерела. Основне призначення АВР полягає в забезпеченні безперервного живлення критичних навантажень. (Див. Рис. 3.3.)

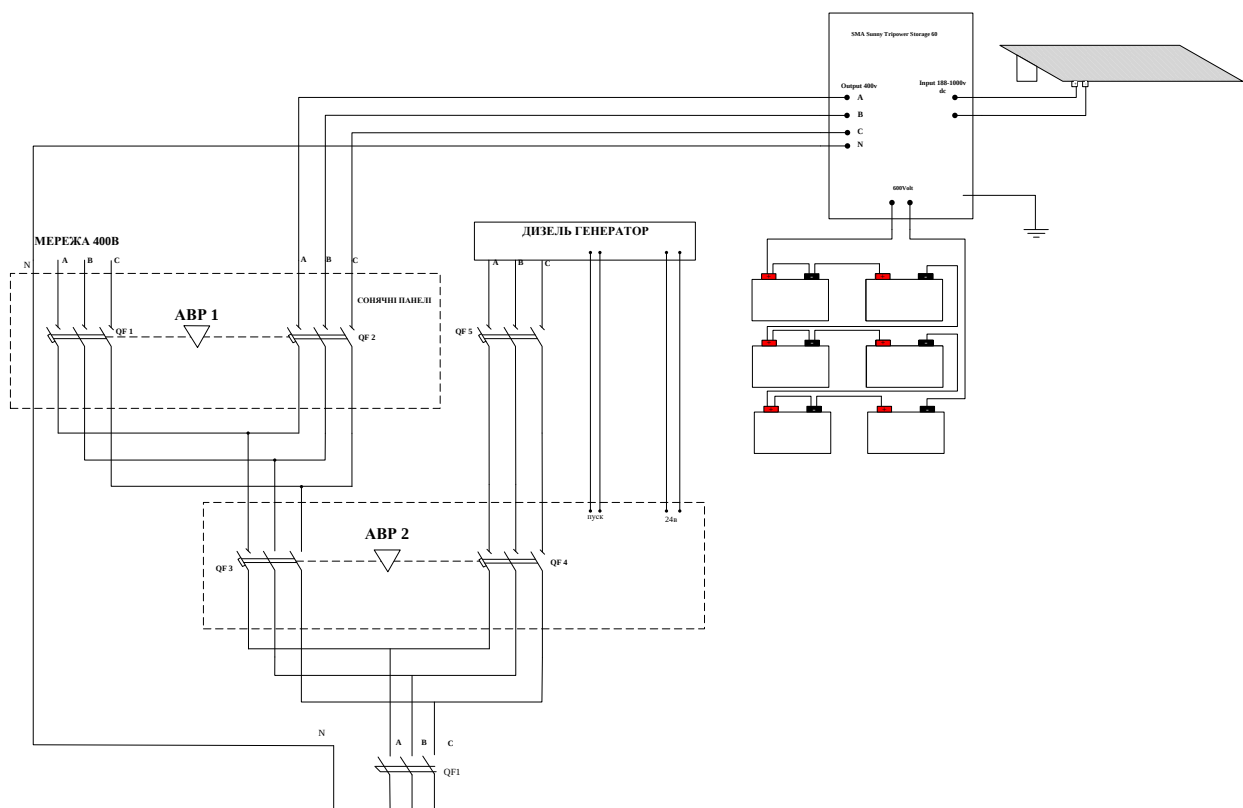


Рис. 3.3. Два АВР для двох резервних живлень

Система автоматики для утилізації тепла складається з програмованого логічного контролера certa simplex 200, який при різних температурах в нас будуть запускатися електрокалорифери, насоси та електро регулюючий вентиль у нас керується при допомозі реле рівня РКУ4-16

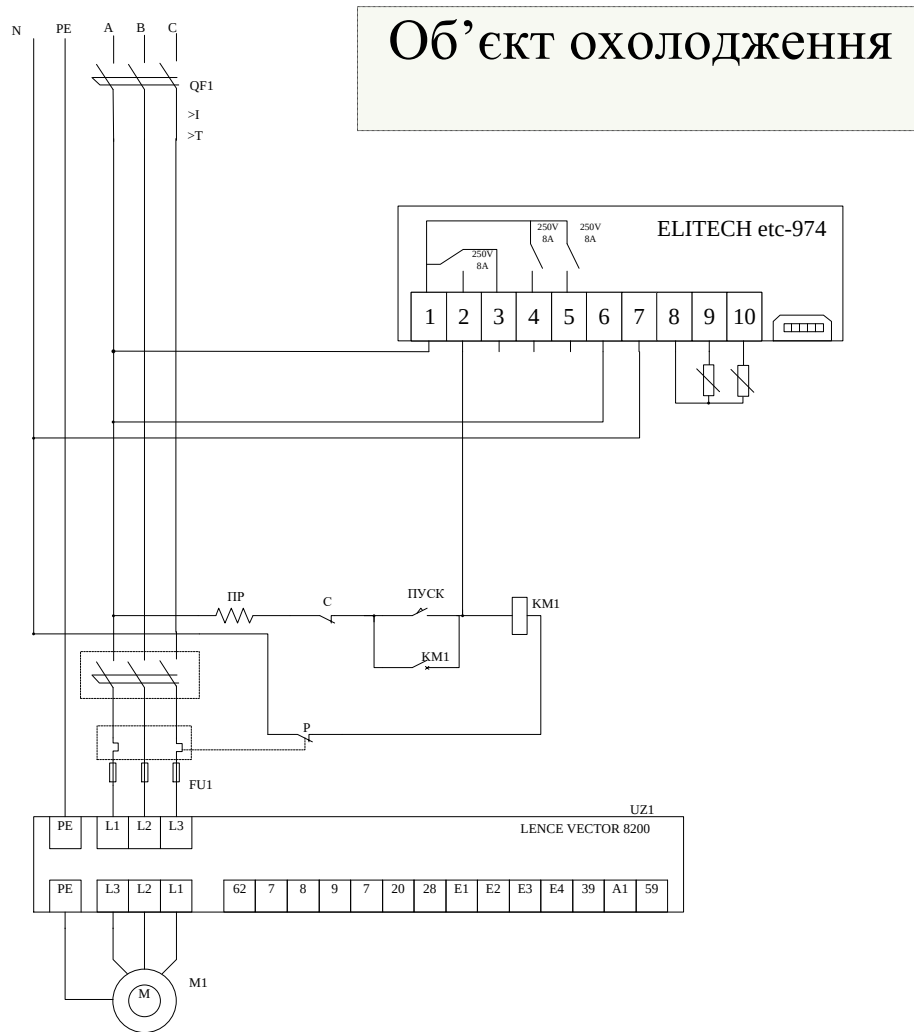


Рис. 3.5. схема електрична принципова в холодильному середовищі

Складові:

- Контролле Elitech etc-974
- Частотний перетворювач LENZE VECTOR 8200
- Запобіжники FU1
- Контактор KM1
- Датчики температури Elitech
- Двигун M1 11кВт три фазний



Рис. 3.6. зовнішній вигляд контролера

Складові:

- Контроллер SIMPLEX 200
- Контактор КМ1, КМ2, КМ3
- Датчики температури 5кОм
- Двигун М1, М2
- Електроколорифер 1.3 кВт

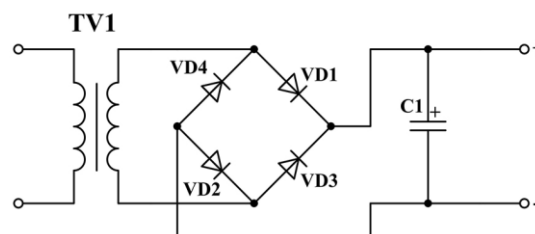


Рис. 3.7. схема електрична принципова блока живлення

Складові:

- трансформатор
- діодний міст
- конденсатор великої ємності

При зміні температури (котра вимірюється датчиком температури) подається дискретний сигнал у вигляді 0-5кОм, та при обробці даних змінює кількість обертів, так при -11°C буде збільшуватись частота до 60 Гц, а при досягненні максимального значення -24°C буде зменшуватись до частоти 20 Гц. Для більш точного налаштування кількості обертів та їх корекції в залежності від завдання температури (рип необхідності зниження або підвищення температури за певних технологічних причин) вихід датчика підключено через потенціометр, котрий і корегує завдання частоти по аналоговому входу частотного перетворювача.

3.3 Розробка алгоритму роботи

Алгоритм — це скінчена послідовність указівок на виконання дій, спрямованих на розв'язування задачі. Алгоритм складається з окремих кроків, які потрібно виконати в певному порядку. Якщо порушити порядок виконання кроків або загубити якийсь крок, то алгоритм може не виконуватися до кінця або призведе до неправильного результату.

Алгоритм роботи холодильного агрегата може варіюватися в залежності від типу та моделі холодильника, але основні кроки та принципи залишаються подібними. Нижче наведено загальний алгоритм роботи холодильного агрегата:

1. Компресія: Робота починається з роботи компресора, який стискає холодоагент (найчастіше фреон або іншу холодоносну речовину) і підвищує його температуру та тиск.

2. Конденсація: Гарячий стиснутий газ з компресора потрапляє в конденсатор, де відбувається його охолодження. Холодоагент віддає тепло навколишньому середовищу і перетворюється у рідку форму за рахунок конденсації.

3. Експансія: Рідкий холодоагент проходить через експанзійний клапан (термостатичний експанзійний клапан або капілярний трубку), де відбувається його розширення. При цьому тиск та температура холодоагента різко знижуються.

4. Евапорація: Розширений холодоагент потрапляє в евапоратор, що знаходиться всередині холодильної камери. В евапораторі відбувається випаровування рідкого холодоагента за рахунок поглинання тепла з холодильної камери. Це призводить до охолодження внутрішнього простору холодильника.

5. Рекуперація: Газоподібний холодоагент знову потрапляє до компресора, де цикл починається знову.

Цей процес відбувається циклічно з метою підтримки постійної температури у холодильній камері. Термостатичні контролери вимірюють температуру у холодильнику і регулюють роботу компресора залежно від потреби для забезпечення відповідної температури.

В даній системі є два контури управління:

1. Об'єкт охолодження
2. Об'єкт відведення надлишкового тепла

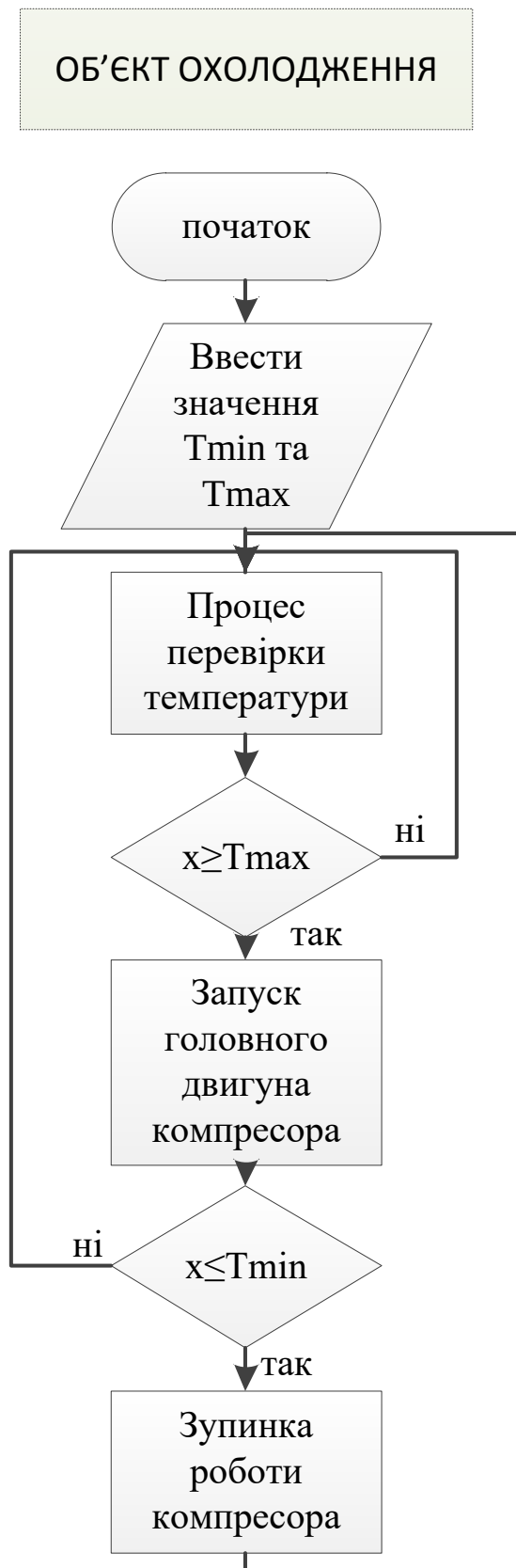


Рис. 3.8. Алгоритм роботи холодильного обладнання

Цикл алгоритму роботи холодильного агрегата можна описати наступними етапами:

1. Запуск: При включенні холодильника запускається компресор, який починає стискувати холодоагент.
2. Компресія: Компресор стискає газоподібний холодоагент, підвищуючи його тиск і температуру. Стиснений газ переходить до конденсатора.
3. Конденсація: У конденсаторі гарячий газоподібний холодоагент віддає тепло навколишньому середовищу і охолоджується. В результаті він перетворюється у рідку форму.
4. Експансія: Рідкий холодоагент проходить через експанзійний клапан або капілярну трубку, де відбувається його розширення. При цьому тиск та температура холодоагента різко знижуються.
5. Евапорація: Розширений холодоагент потрапляє в евапоратор, що знаходиться всередині холодильної камери. Тут відбувається випаровування рідкого холодоагента за рахунок поглинання тепла з холодильної камери. Це призводить до охолодження внутрішнього простору.
6. Всмоктування: Компресор всмоктує газоподібний холодоагент з евапоратора і починає цикл знову.

Цей цикл повторюється протягом роботи холодильного агрегата, забезпечуючи охолодження та зберігання продуктів у холодильній камері. Швидкість та інтенсивність роботи компресора, як і температура, контролюються термостатом для підтримки необхідного рівня охолодження.

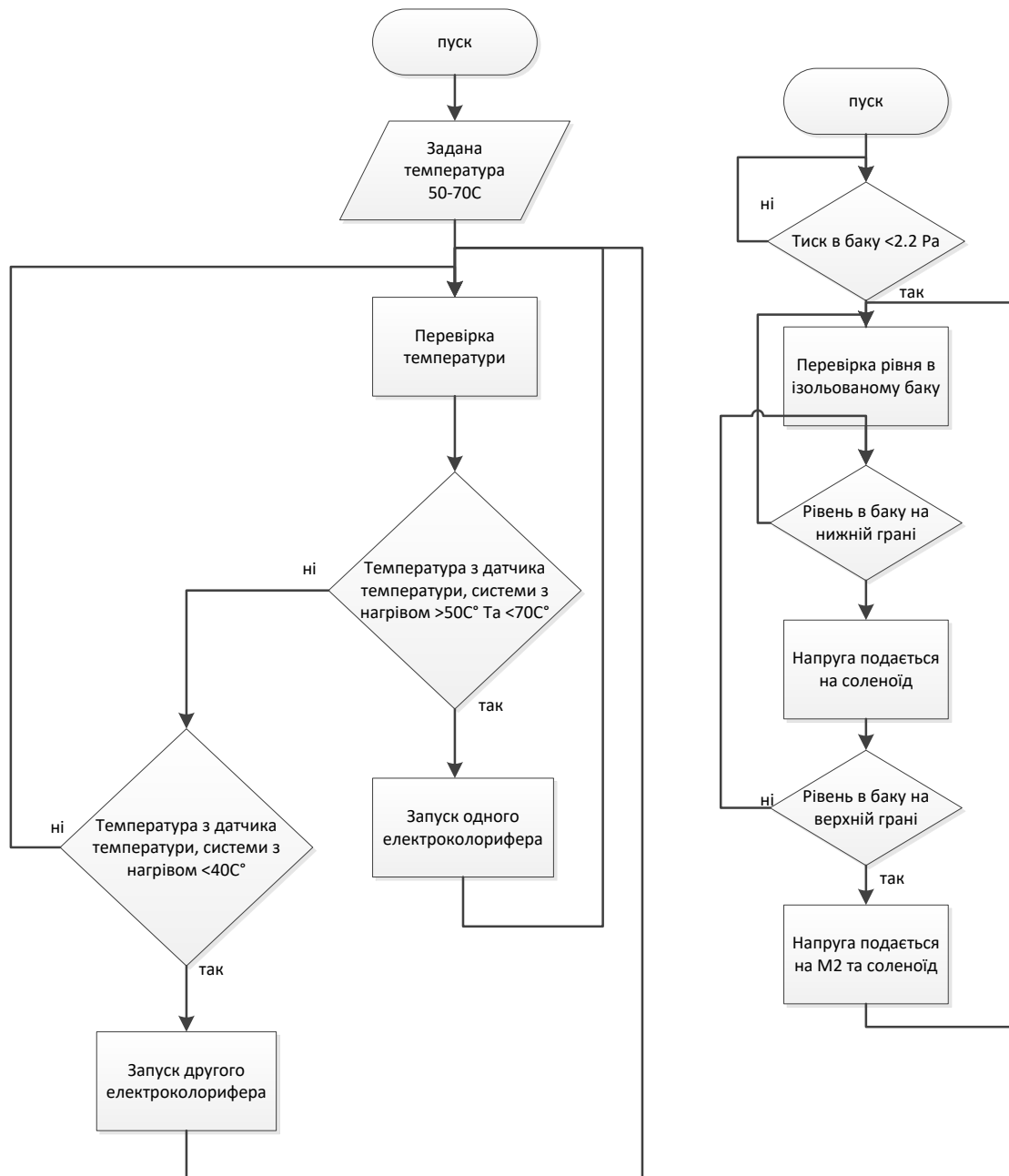


Рис. 3.9. алгоритм роботи системи утилізації надлишкового тепла

Утилізація тепла від холодильного агрегата за допомогою трубопроводів опалення може бути ефективним способом використання теплової енергії, яка виникає під час роботи холодильної системи. Цей процес називається тепловим насосом зворотного холодильника.

Принцип роботи полягає в тому, що гарячий газ, який підвищився в температурі під час компресії холодоагента в компресорі, не відводиться в повітря, а передається через спеціальну теплообмінну систему до трубопроводів опалення. Там тепло з гарячого газу передається до циркулюючої води в системі опалення.

Процес утилізації тепла може бути здійснений за допомогою трьох основних компонентів:

1. Теплообмінник: Це пристрій, який забезпечує передачу тепла від гарячого газу холодильного агрегата до циркулюючої води в системі опалення. Теплообмінник може мати форму спіралі або пластинчатого обмінника тепла, які забезпечують максимальний контакт між гарячим газом і водою, щоб ефективно передати тепло.

2. Циркуляційний насос: Циркуляційний насос в системі опалення переміщує гарячу воду з теплообмінника до радіаторів або інших виробників тепла в будівлі. Вода циркулює через систему опалення, передаючи тепло в приміщення, після чого повертається до теплообмінника для подальшої нагріву.

3. Регулювальні пристрої: Для оптимізації передачі тепла в системі встановлюються регулювальні пристрої, такі як клапани або термостати. Вони дозволяють контролювати потік гарячої води, регулюючи температуру опалення в приміщенні.

Утилізація тепла від холодильного агрегата за допомогою трубопроводів опалення може знизити енергоспоживання та покращити енергоефективність системи. Однак, для успішної реалізації цієї системи потрібно враховувати розрахунки, дизайн і правильну установку теплообмінника, а також забезпечити правильну роботу всіх компонентів системи

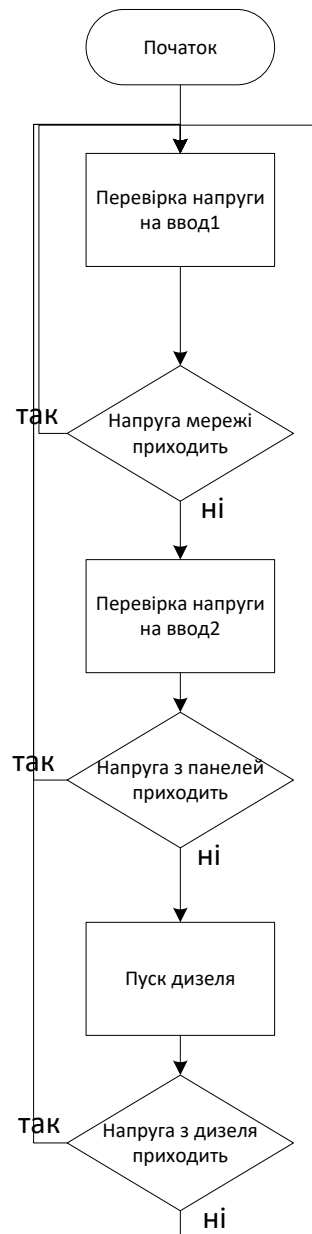


Рис. 3.10. Алгоритм роботи системи аварійного вводу резерву

На (Рис. 3.10.) зображено алгоритм роботи автоматичного вводу резерву, де при пропаданні напруги з мережі, АВР використовує живлення з акумуляторів сонячних панелей, якщо ж недостатньо освітленості для панелей. Та акумулятори розрядилися, АВР подає сигнал на пуск дизельного генератора та починає використовувати живлення з генератора

3.4 Розрахунок та вибір апаратури системи автоматизації

Вибір водяного тену:

Водяний тен (або також відомий як електронагрівальний тен) є пристроєм, призначеним для нагрівання рідини, зокрема води. Він складається з нагрівального елемента, який зазвичай знаходиться всередині трубки, ізольованої від рідини, яка проходить через неї.

Основний принцип роботи водяного тену полягає в тому, що електричний струм, що протікає через нагрівальний елемент, викликає його нагрівання. Це нагрівання передається рідині, яка оточує трубку, і тим самим підігріває її.

Водяні тени можуть мати різні форми і розміри в залежності від їхнього застосування. Вони використовуються в різних галузях, включаючи побутові, комерційні та промислові приміщення, для нагрівання води в бойлерах, радіаторах, басейнах, парових системах, водяних системах опалення, лабораторних пристроях та інших пристроях, де потрібен контрольований нагрів.

Важливо зауважити, що водяні тени вимагають правильної інсталяції та безпечного використання. Також, перед використанням водяного тену, необхідно враховувати вимоги безпеки, зокрема електробезпеку та захист від перегріву. Рекомендується дотримуватися інструкцій виробника та залучати фахівців для монтажу та обслуговування водяного тену.



Рис. 3.11. Тен для нагріву води в трубах опалення 1,3 кВт

Вибір реле рівня

Реле контролю тиску РКУ4-16 є одним з ключових елементів в автоматизованих системах, що використовуються для контролю і регулювання тиску в різних промислових процесах. Це реле застосовується в системах охолодження, водопостачання, виробництві харчових продуктів та інших галузях, де необхідно підтримувати певний рівень тиску для забезпечення стабільної та безпечної роботи обладнання.

Основні характеристики РКУ4-16:

Діапазон вимірювання тиску:

Від 0 до 16 бар, що робить реле придатним для широкого спектра застосувань у різних галузях промисловості.

Матеріали виготовлення:

Корпус реле виготовлений з високоякісних матеріалів, стійких до корозії та механічних пошкоджень, що забезпечує його довговічність та надійність.

Температурний діапазон:

Реле може працювати в широкому діапазоні температур, зазвичай від -20°C до $+85^{\circ}\text{C}$, що дозволяє використовувати його в різних умовах експлуатації.

Тип вихідного сигналу:

Реле РКУ4-16 забезпечує електричний вихідний сигнал у вигляді замикання або розмикання контактів, який може бути використаний для керування різними виконавчими механізмами, такими як насоси, компресори та інші пристрої.

Монтаж та налаштування:

Реле легко монтується в систему та має зручні налаштування для встановлення необхідного діапазону тиску. Це дозволяє швидко адаптувати реле до специфічних вимог конкретного виробничого процесу.



Рис. 3.12. Реле рівня РКУ4-16

Вибір реле тиску

Реле тиску PS-16B — це пристрій, який використовується для автоматичного контролю тиску в системах. Воно забезпечує стабільну роботу обладнання, попереджаючи перевищення допустимого тиску та захищаючи систему від можливих пошкоджень.

Діапазон вимірювання тиску: Реле тиску PS-16B призначене для роботи в діапазоні від 0 до 16 бар.

Принцип дії: Реле працює за принципом механічного перемикача, який активується при досягненні встановленого тиску. Коли тиск у системі перевищує заданий рівень, контакт перемикача замикається або розмикається, подаючи сигнал на керуючий пристрій.

Матеріали виготовлення: Корпус реле зазвичай виготовлений із нержавіючої сталі або іншого корозійностійкого матеріалу, що забезпечує його довговічність і надійність в експлуатації.

Робочі умови: Реле тиску PS-16B може використовуватися в системах з рідинами та газами, включаючи охолоджуючі агенти.

Робоча температура: від -20°C до $+85^{\circ}\text{C}$.

Тип вихідного сигналу: Реле забезпечує електричний вихідний сигнал (зазвичай у формі замикання або розмикання контактів), який може бути використаний для керування насосами, компресорами або іншими виконавчими механізмами.

Використаємо реле тиску з такими параметрами

Максимальна температура довкілля $+85^{\circ}\text{C}$

Напруга мережі – 220В, частота мережі 50Гц

Приєднувальне різьблення: G- $1/4$ F

Мах робочий струм, А: 5

Діапазон тиску, бар: 0,5-3,0

Мін різниця за тиском, бар: 0,5

Мах різниця по тиску, бар: 1,5

Заводські установки, бар: 1,4-2,2



Рис. 3.13 Реле тиску PS-16B

Вибір контролера

Контролери Certa є багатофункціональними програмованими логічними контролерами (ПЛК), які можуть використовуватися для автоматизації різних технологічних процесів. Їх основні характеристики включають:

Підтримку різних типів входів/виходів: аналогові, дискретні, термопари, Pt100 тощо.

Гнучкість програмування: можливість створення користувацьких алгоритмів на різних мовах програмування (Ladder Logic, Function Block Diagram, Structured Text тощо).

Можливість розширення: підключення модулів розширення для збільшення кількості входів/виходів або додавання нових функцій.

Інтерфейси зв'язку: підтримка різних протоколів зв'язку (Ethernet, Modbus, RS-485, CAN, тощо) для інтеграції з іншими системами і віддаленого моніторингу.



Рис. 3.14 контролер CERTA SIMPLEX 200

Вибір інвертора

SMA Sunny Tripower Storage 60 – це потужний трифазний гібридний інвертор, призначений для великих комерційних і промислових систем зберігання енергії. Він забезпечує високу ефективність, надійність та гнучкість в управлінні енергією, що робить його ідеальним рішенням для інтеграції з сонячними електростанціями та системами зберігання енергії.

Основні характеристики:

Потужність AC: 60 кВт

Тип: Трифазний гібридний інвертор

Вхідна напруга DC: 500 - 800 В

Вихідна напруга AC: 400 В / 230 В

Максимальна ефективність: 98,6%

Робоча температура: від -25 °C до +60 °C

Габарити: 780 мм (висота) x 570 мм (ширина) x 270 мм (глибина)

Вага: приблизно 98 кг

Ступінь захисту: IP65 (захист від пилу та води)

Моніторинг: Підтримка системи Sunny Portal для віддаленого моніторингу та управління



Рис. 3.15. інвертор SMA Sunny Tripower Storage 60

Вибір акумуляторів

BYD Battery-Box Premium

Тип: Літій-залізо-фосфат (LiFePO₄)

Модель: BYD Battery-Box Premium HVS/HVM

Ємність: Масштабована система, що дозволяє нарощувати ємність від 5,1 кВт·год до 66,2 кВт·год

Вихідна напруга: 200-500 В (HVS) або 200-800 В (HVM)

Особливості: Висока ефективність, довговічність, безпека, можливість гнучкої конфігурації.



Рис. 3.16. аккумуляторні батареї BYD: Battery-Box Premium

Вибір модулів автоматичного вводу резерва

Для нашої системи необхідно два АВР один для мережі та сонячних панелей, а от інший для генератора

Інший АВР для введення сонячних панелей замість мережі

Даний АВР гарно підійде для роботи з генератором, в нього є запас по потужності та автоматичний пуск дизельного генератора

АВР трьохфазний TOMZN 100A

Номинальний струм: 100 А

Напруга: до 400 В

Особливості: Надійність, простота установки та експлуатації, доступність.



Рис. 3.17. Автоматичний ввід резервного живлення

Даний АВР гарно підійде для роботи з генератором, в нього є запас по потужності та автоматичний пуск дизельного генератора

Автомат вводу резерва Mezeep MZQ3-4P (4P, 400V, 125A)

Номінальний струм: 125A

Напруга: до 400 В

Особливості: Підтримка автоматичного запуску генератора, інтеграція з системами моніторингу, можливість віддаленого управління.

3.5 Розрахунок розмірів, вибір щита (пульту, панелі) та розробка виду загального

Розміщення приладів і електричної апаратури відбувається на панелях щитів, пультів електричних шаф. Щити, пульти, електричні шафи виготовляються згідно ГОСТ по розрахованих основних панелях.

При установці електричної апаратури на панелях потрібно врахувати зони їхнього розміщення. Для прокладки електричної проводки враховують коефіцієнт запасу; реле $K_3=1,2$, клемники $K_3=2,2$, апаратура сигналізації $K_3=1,1$, кнопки «ПУСК», «СТОП» $K_3=1,2$, одиничні кнопки $K_3=1,1$.

Розрахунок щита, пульта ведеться таким чином: орієнтовно площу S розраховують за формулою:

$$S = K_a \sum h_i \ell_i$$

де $h_i \ell_i$ – монтажні габарити, i - го апарата;

K_a – коефіцієнт заповнення ($K_a = 1,5 \dots 1,7$ при розміщенні апаратури близьких габаритів;

$K_a = 1,8 \dots 2,2$ – при розміщенні апаратів з габаритами, суттєво різними

При виконанні системи автоматики у вигляді друкованої плати виконують проектування друкованої плати з виконанням розташування елементів на поверхні плати.

Для визначення сумарної площі для розміщення елементів в щиті зробимо для зручності розрахунків таблицю з габаритними розмірами елементів які в них будуть знаходитись:

Таблиця 3.1 - Перелік елементів в щиті

Найменування елементу	Позначення	Довжина мм	Ширина мм	Висота мм	Площа мм ²
Кнопка пуск/стоп	SB1.2	35	35	35	1225
Автоматичний вимикач трифазний	QF	60	80	60	4800
Блок живлення	SK	55	96	65	5280
Перекидне реле напруги	KM1	36	58	104	3744
Перекидне реле напруги	KM2	36	58	104	3744
Перекидне реле напруги	KM3	36	58	104	3744
Перекидне реле напруги	KM4	36	58	104	3744
Клемна колодка 1	X1	200	20	50	4000
Клемна колодка 2	X2	200	20	50	4000
Контролер certa 200	certa	105	58	86	6090

Згідно формули $S = K_a \sum h_i \ell_i$, необхідна площа для установки всіх комплектуючих приладів становить:

$$S = 1,9 * ((1225) + (4800) + (5280) + (3744 * 4) + (4000 * 2) + (6090)) \\ = 76705 \text{ мм}^2$$

Обираємо щит управління за габаритними розмірами: 800x800x330 мм.

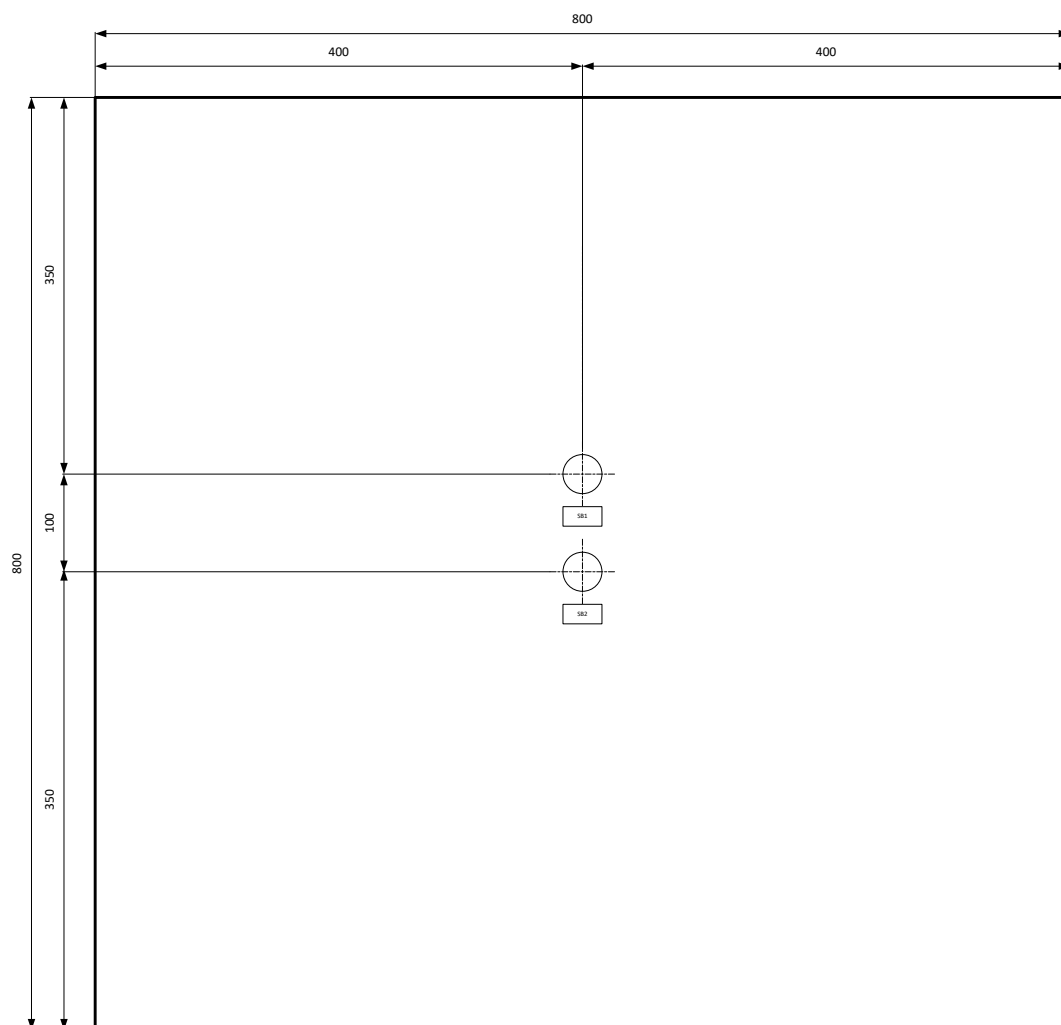


Рис. 3.18. – Кришка щита

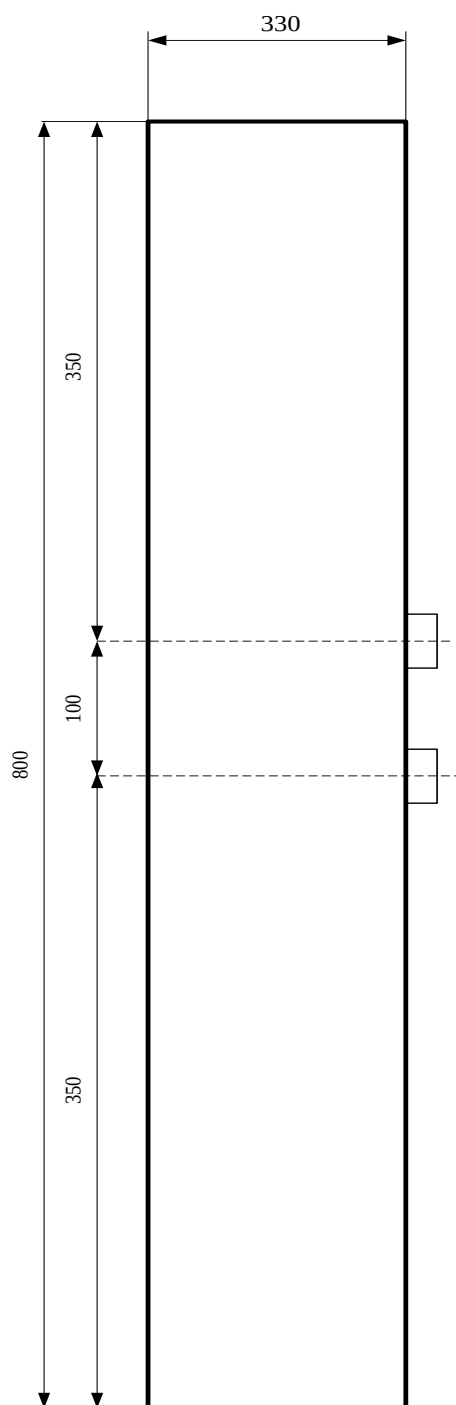


Рис. 3.19. – Щит вид з боку

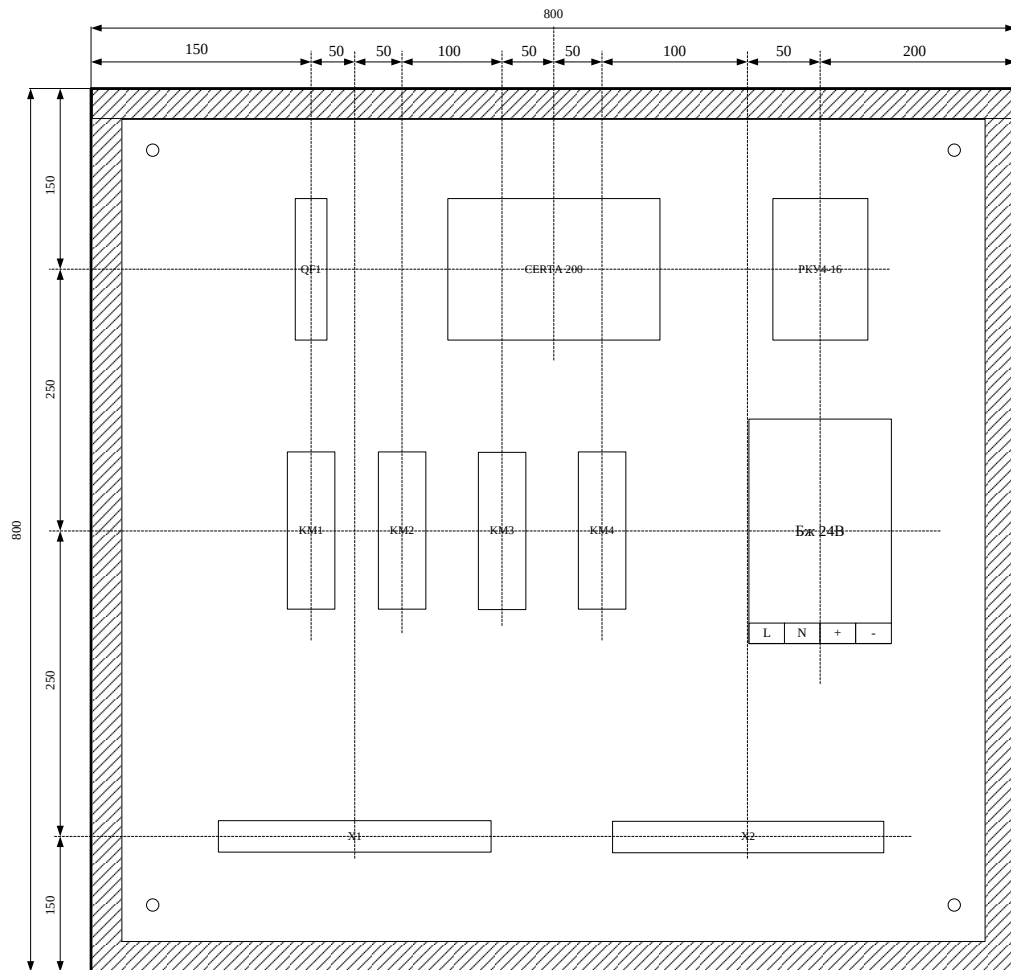


Рис. 3.20. Розташування модулів в щиту

3.6 Розробка схеми електричної з'єднання

Схема електрична з'єднань показує з'єднання між сполучними елементами приладів і пристроїв.

Схеми можуть виконуватися графічним, адресним чи табличним методом. На схемі показують контури приладів без розмірів, але наочно показують місце взаємного розташування. У середині контуру зверху записують позиційне позначення приладу.

На схемах з великим числом приладів останні нумерують ліворуч

праворуч і зверху вниз утакому порядку, у якому вони знаходяться.

Тоді прилади позначаються у вигляді дротів чисельник - номер на схемі, знаменник – позиційне позначення. У середньому контурі показують схему приладу чи його умовну позначку.

Також показують сполучні клеми у вигляді колодки діаметром 2 мм. Якщо прилад має заводське маркування клем, то їх показують кружками $d=(6...8)\text{mm}$. У середині проставляють заводське маркування клем. Якщо клеми об'єднані в кілька колодок, то їх розміщують так, як вони взаємно розташовані на корпусі приладу. Над малюнком клеми ставлять номер приладу, що до неї підходить. Усі розгалуження електричних вузлів роблять на клемах. При цьому потрібно мати на увазі, що до однієї клеми приєднують не більше 2х проводів.

Від клем роблять відводи по 10-12 мм і над ними пишуть адреси приладу, куди йде даний провід, позиційне позначення. У спеціальній таблиці чи в примітках дають зведення про провід.

Схеми, розроблені адресним способом, легко читаються, але вони затрудняють перебування числа проводів у джгуті в процесі проектування. Ця ситуація веде до того, що в процесі монтажу з метою спрощення роботи мають відключення від схеми. Міняється обведення приладів проводом, що має складні розгалуження в електровузлах.

Сполучні клеми показують у вигляді колодки діаметром 2 мм. Якщо прилад має заводське маркування клем, то їх показують кружками $d = (6...8)\text{мм}$. Усі розгалуження електричних вузлів роблять на клемах.

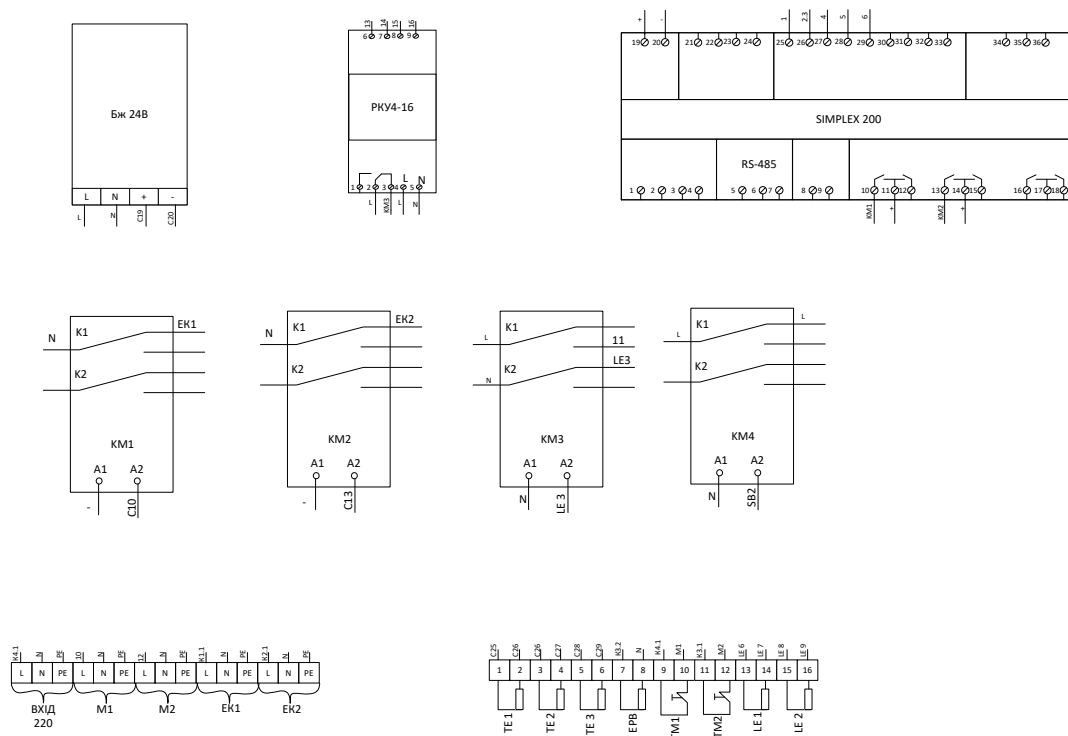


Рис. 3.21. - Схема з'єднань

3.7 Розробка схеми, розрахунок і вибір заземлюючих пристроїв

Розробка схеми, розрахунок і вибір заземлюючих пристроїв

У відповідності до вимог ПУЕ допустимий опір розтіканню струму в заземленні R_z для мереж з напругою до 1000 В складає 4 Ом.

Алгоритм розрахунку заземлення наступний:

У відповідності до вимог ПУЕ визначаємо допустимий опір розтіканню струму в заземленні: $R_z = 4 \text{ Ом}$ для мереж з напругою до 1000 в.

Визначаємо питомий опір ґрунту, $\rho_{\text{табл}} = 2000$, який рекомендовано для розрахунків, Ом·см ;

Таблиця 3.2. - Приблизні значення питомих опорів, $\rho_{\text{табл.}}$

Грунт	Значення, які рекомендуються для розрахунків $\text{Ом} \cdot \text{см}$
Пісок	70000
Глина	30000
Суглинок	10000
Супісок	4000
Чорнозем	2000
Торф	2000

Визначаємо підвищувальні коефіцієнти для труб вертикальних заземлювачів $K_{\text{П.С}}=4$ та для з'єднувальної полоси $K_{\text{П.Т}}=1,7$, які враховують зміну опору ґрунту в різні пори року залежно від наявності опадів;

Таблиця 3.3 - Значення підвищувальних коефіцієнтів $K_{\text{П.Т}}$ та $K_{\text{П.С}}$ за кліматичними зонами

Кліматична зона	Тип заземлювачів	
	Горизонтально прокладені заземлювачі (полосові та ін.) при глибині від поверхні ґрунту $h_r=0,8$ м, $K_{\text{П.С}}$	Стрижневі вертикально встановлені заземлювачі при глибині від поверхні землі $h_b=0.5-0.8$ м, $K_{\text{П.Т}}$
I	4,5-7	1,8-2
II	3,5-4,5	1,6-1,8
III	2,5-4	1,4-1,6
IV	1,5-2	1,2-1,4

Знаходимо питомий розрахунковий опір ґрунту для вертикальних електродів (труб або стрижнів) з урахуванням несприятливих умов за допомогою підвищувального коефіцієнта:

$$\rho_{\text{розр.т.}} = \rho_{\text{табл.}} \cdot K_{\text{П.Т.}} = 2000 \cdot 1,7 = 3400, \text{ Ом} \cdot \text{см}$$

Визначаємо питомий розрахунковий опір ґрунту для горизонтального заземлювача (з'єднувальної смуги):

$$\rho_{\text{розр.п.}} = \rho_{\text{табл.}} \cdot K_{\text{П.С.}} = 2000 \cdot 4 = 8000, \text{ Ом} \cdot \text{см}$$

Розраховуємо відстань від поверхні землі до середини вертикального заземлювача:

$$t = h_3 + \frac{l_{mp}}{2} = 80 + \frac{250}{2} = 205, \text{ см.}$$

Знаходимо опір розтіканню струму для одиночного вертикального заземлювача, який розташований нижче від поверхні землі:

$$\begin{aligned} R_{розр.Т.} &= 0,366 \frac{\rho_{розр.т.}}{l_{mp}} \left(\lg \frac{2l_{mp}}{d} + \frac{1}{2} \lg \frac{4t + l_{mp}}{4t - l_{mp}} \right) = \\ &= 0,366 \frac{8000}{250} \left(\lg \frac{2 \cdot 250}{6} + \frac{1}{2} \lg \frac{4 \cdot 205 + 250}{4 \cdot 205 - 250} \right) = 24,1, \text{ Ом.} \end{aligned}$$

Визначаємо відстань між вертикальними заземлювачами h із співвідношення $c = \frac{L_{cm}}{l_{mp}}$. Для стаціонарних заглиблених заземлювачів це співвідношення береться таким: $c = 1$.

$$L_{cm} = l_{mp} \cdot c = 250 \cdot 1 = 250, \text{ см.}$$

Розраховуємо необхідну кількість вертикальних заземлювачів без урахування коефіцієнта екранування:

$$n_m = \frac{R_{розр.Т.}}{R_3} = \frac{24,1}{4} = 6,02, \text{ шт.}$$

Результат розрахунку округлюємо до найближчого цілого числа - 6.

Знаходимо коефіцієнт екранування труб $\eta_{Е.Т} = 0,68$ при числі труб n_T :

Таблиця 3.4 - Коефіцієнт екранування вертикальних заземлювачів.

Кількість вертикальних заземлювачів, n_T , шт.	Коефіцієнт екранування вертикальних заземлювачів, $\eta_{E.T}$
2	0,85
3	0,78
5	0,7
10	0,59

Визначаємо необхідну кількість вертикальних заземлювачів з урахуванням коефіцієнта екранування:

$$n_{T.E.} = \frac{R_{розр.T.}}{R_3 \cdot \eta_{E.T}} = \frac{24,1}{4 \cdot 0,68} = 8,86 \text{ шт.}$$

Результат розрахунку округлюємо до найближчого цілого числа - 9.

Знаходимо розрахунковий опір розтіканню струму при взятому числі вертикальних заземлювачів $n_{T.E.}$:

$$R_{розр.n_{T.E.}} = \frac{R_{розр.T.}}{n_{T.E.} \cdot \eta_{E.T}} = \frac{24,1}{8,86 \cdot 0,68} = 4,0 \text{ Ом.}$$

Знаходимо довжину з'єднувальної смуги:

$$L_{3.C.} = 1,05 \cdot L_{см}(n_{T.E.} - 1) = 1,05 \cdot 250(8,86 - 1) = 2063,16, \text{ см.}$$

Визначаємо опір розтіканню струму в з'єднувальній смузі:

$$R_{3.C.} = 0,366 \frac{\rho_{розр.п.}}{L_{3.C.}} \lg \frac{2L_{3.C.}^2}{h_3 \cdot b_c} = 0,366 \frac{3400}{2063,16} \lg \frac{2 \cdot 2063,16^2}{80 \cdot 4} = 2,67 \text{ Ом.}$$

де h_3 – глибина заглиблення вертикальних заземлювачів, см;

b_c – ширина з'єднувальної смуги, см.

Знаходимо коефіцієнт екранування для з'єднувальної смуги $\eta_{E.3.C.}$

Таблиця 3.5 - Коефіцієнт екранування з'єднувальних смуг $\eta_{E.3.C.}$ при розташуванні заземлювачів в ряд (чисельник) чи по чотирикутному контуру (знаменник).

Кількість вертикальних заземлювачів	4	5	6	10	20	30	50	60	100
Коефіцієнт екранування з'єднувальних смуг $\eta_{E.3.C}$	$\frac{0,77}{0,45}$	$\frac{0,74}{0,4}$	$\frac{0,67}{0,45}$	$\frac{0,62}{0,34}$	$\frac{0,42}{0,27}$	$\frac{0,31}{0,24}$	$\frac{0,21}{0,21}$	$\frac{0,2}{0,2}$	$\frac{0,19}{0,19}$

В
изна
час
мо
розр

рахунковий опір для розтікання електричного струму в з'єднувальній смузі з урахуванням коефіцієнта екранування:

$$R_{розр.C.} = \frac{R_{3.C.}}{n_{E.C.} \cdot \eta_{E.3.C.}} = \frac{2,67}{1 \cdot 0,67} = 3,98, \text{ Ом.}$$

де $n_{EC} = 1$.

Знаходимо загальний розрахунковий теоретичний опір розтіканню струму від вертикальних заземлювачів та з'єднувальної смуги:

$$R_{заг.роз.} = \frac{1}{\frac{1}{R_{розр.T.}} + \frac{1}{R_{розр.C.}}} = \frac{1}{\frac{1}{24,1} + \frac{1}{3,98}} = 3,42, \text{ Ом.}$$

Отриманий результат порівнюємо із допустимим за вимогами ПУЕ значенням опору розтіканню струму в заземленні: $R_{доп} = 4 \text{ Ом.}$

ВИСНОВКИ

Даний дипломний проєкт присвячений розробці «Автоматизована система керування процесом використання надлишкового тепла холодильних установок для опалення приміщень».

Проблема утилізації тепла холодильних агрегатів є надзвичайно актуальною в сучасному контексті підвищених вимог до енергоефективності та екологічної безпеки. Енергоспоживання в багатьох галузях промисловості, торгівлі та побуту значно зростає, що стимулює необхідність пошуку нових, більш ефективних методів використання енергоресурсів. У цьому контексті утилізація тепла, що виділяється холодильними системами, є однією з ключових технологій, яка дозволяє не тільки підвищити енергоефективність, але й зменшити негативний вплив на навколишнє середовище.

Перерозподіл і повторне використання тепла, яке виділяється холодильними агрегатами, підвищує загальну енергоефективність системи. Це дозволяє оптимізувати роботу обладнання та знизити навантаження на основні енергетичні ресурси. Інтеграція резервних вводів у систему утилізації тепла забезпечує стабільну роботу систем навіть у випадках аварійних відключень або пікових навантажень, що підвищує надійність і безпеку енергопостачання. Таким чином, утилізація тепла сприяє створенню більш стійких і надійних енергетичних систем.

Отже, утилізація тепла холодильних агрегатів є важливим напрямком розвитку сучасних енергозберігаючих технологій. Вона забезпечує економічну вигоду, підвищує енергоефективність, зменшує негативний вплив на навколишнє середовище, розширює можливості практичного застосування теплової енергії та підвищує конкурентоспроможність підприємств. Інтеграція резервних вводів у системи утилізації тепла забезпечує стабільність і надійність енергопостачання, що є додатковою перевагою. Таким чином, впровадження технологій утилізації тепла

холодильних агрегатів сприяє сталому розвитку, збереженню ресурсів і захисту довкілля.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

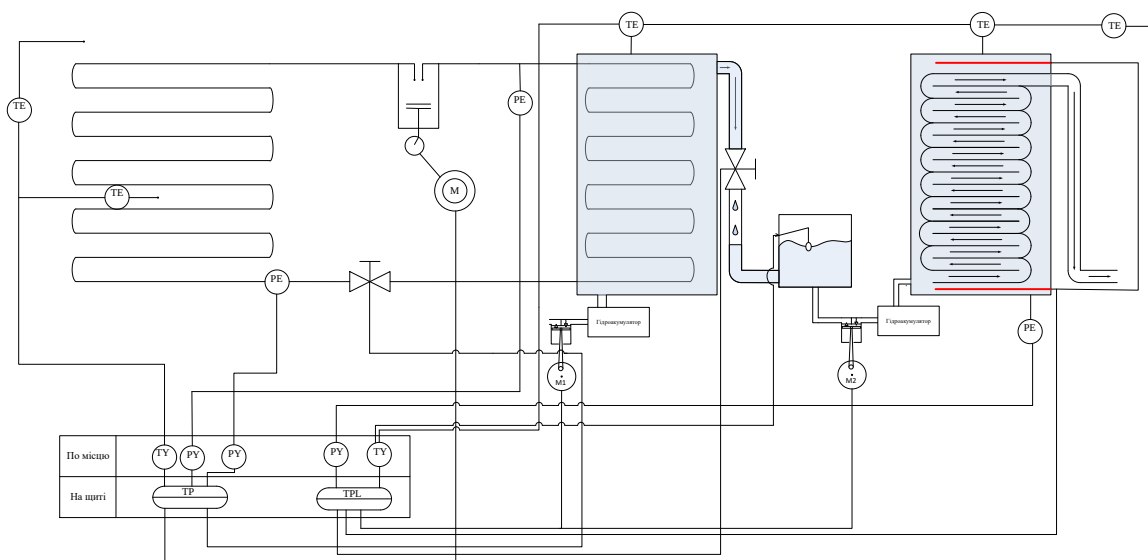
1. Гершкович В.Ф. Особливості проектування систем теплопостачання будівель з тепловими насосами / В. Ф. Гершкович. – К.: Українська Академія Архітектури ЧП «Енергомінимум», 2009. – 60 с.
2. Безродний М.К. Теплові насоси та їх використання. [Текст]: посіб. / М.К. Безродний, І.І. Пуховий, Д.С. Кутра. – К.: НТУУ «КПІ», 2013.
3. Назва ресурсу URL – <https://arduinoplus.ru/arduino-raspinovka/> .
4. Назва ресурсу URL – <http://doc.arduino.ua/ru/hardware/Uno>.
5. Назва ресурсу URL – <https://gurustroyki.ru/santehnika-3/ustanovka-santehniki/13689-avtomatizacija-elektroprivodu-zasuvki.html>.
6. Назва ресурсу URL – <http://wiki.amperka.ru>
7. Назва ресурсу URL – <http://meteo.ua/>.
8. Назва ресурсу URL – <http://www.gilius.lv/>.
9. Абдуллаєв, Ю.Р. (2015). Енергоефективні технології в холодильних установках. Вісник НТУУ «КПІ». Серія: Машинобудування, 35, 23-29.
10. Березюк, І.О., та Ковальчук, М.В. (2016). Утилізація тепла холодильних агрегатів у системах теплопостачання. Технічні науки, 14(2), 45-51.
11. Гриценко, О.В. (2017). Використання вторинного тепла в промислових холодильних установках. Енергетика та електрифікація, 4, 19-24.
12. Жуковський, С.М. (2018). Інноваційні методи утилізації тепла холодильних систем. Наукові праці УДУХТ, 2(28), 92-99.
13. Кравченко, В.С., та Лазаренко, О.П. (2019). Підвищення енергоефективності холодильних систем за рахунок утилізації тепла. Енергетика та автоматика, 3, 56-62.
14. Мельник, І.В., та Нікітін, Д.О. (2020). Утилізація тепла в системах кондиціонування повітря. Журнал теплотехніки та гідравліки, 1(19), 78-85.
15. Петров, Д.О. (2021). Системи утилізації тепла для підвищення ефективності холодильного обладнання. Енергозбереження в промисловості, 7, 33-40.
16. Савчук, А.О. (2022). Використання резервних введів у системах утилізації тепла. Вісник інженерної академії України, 5, 27-34.
17. Семененко, П.В., та Шевченко, М.С. (2023). Переваги впровадження систем утилізації тепла в промислових холодильних установках. Промислова енергетика, 6, 43-50.
18. Федоренко, І.В. (2024). Ефективність використання вторинного тепла в холодильних агрегатах. Теплоенергетика, 8, 17-24.
19. Литвиненко, В.Ф. (2020). Моделювання процесів утилізації тепла холодильних агрегатів. Наука та інновації, 1(9), 56-63.

20. Соловйов, В.П., та Трофименко, Ю.І. (2021). Енергетична ефективність холодильних установок з утилізацією тепла. Енергетична інженерія, 5, 82-89.
21. Захарченко, А.А. (2022). Інноваційні рішення в утилізації тепла холодильних агрегатів. Журнал енергетичних технологій, 4, 38-47.
22. Тімченко, О.П., та Коваленко, І.Г. (2023). Технології утилізації тепла в холодильних системах. Сучасні енергетичні технології, 6, 72-79.
23. Бондаренко, М.М. (2020). Впровадження систем утилізації тепла в умовах промислових підприємств. Технічні аспекти енергозбереження, 3(16), 105-112.
24. Олійник, О.І. (2021). Перспективи застосування резервних введів у холодильних системах з утилізацією тепла. Промислові технології, 8, 64-70.
25. Іванов, С.В., та Громов, Р.А. (2022). Системи резервного енергозабезпечення в технологіях утилізації тепла. Видавничий центр "Енергетика", 2, 111-117.
26. Мартиненко, В.В. (2023). Резервні системи живлення для холодильних агрегатів. Енергоефективність та технології, 7, 27-33.
27. Дьяків, В.Ю. (2020). Стратегії енергозбереження в холодильних агрегатах з утилізацією тепла. Екологічні технології та енергоефективність, 9, 99-106.
28. Черненко, П.І. (2024). Сучасні підходи до резервних введів у системах утилізації тепла. Інженерні системи та енергозбереження, 1, 45-52. Монтаж та налагоджування електромеханічних пристроїв: М77 навчальний посібник / [Грабко В. В., Бабій С. М., Мошноріз М. М. та ін.] – Вінниця : ВНТУ, 2011.
29. Антонович Є.А. Креслення: навч. посібник/ за ред. проф.. Є.А. Антоновича Василюшин Я.В., Шпільчак В.А., – Львів: Світ, 2016.

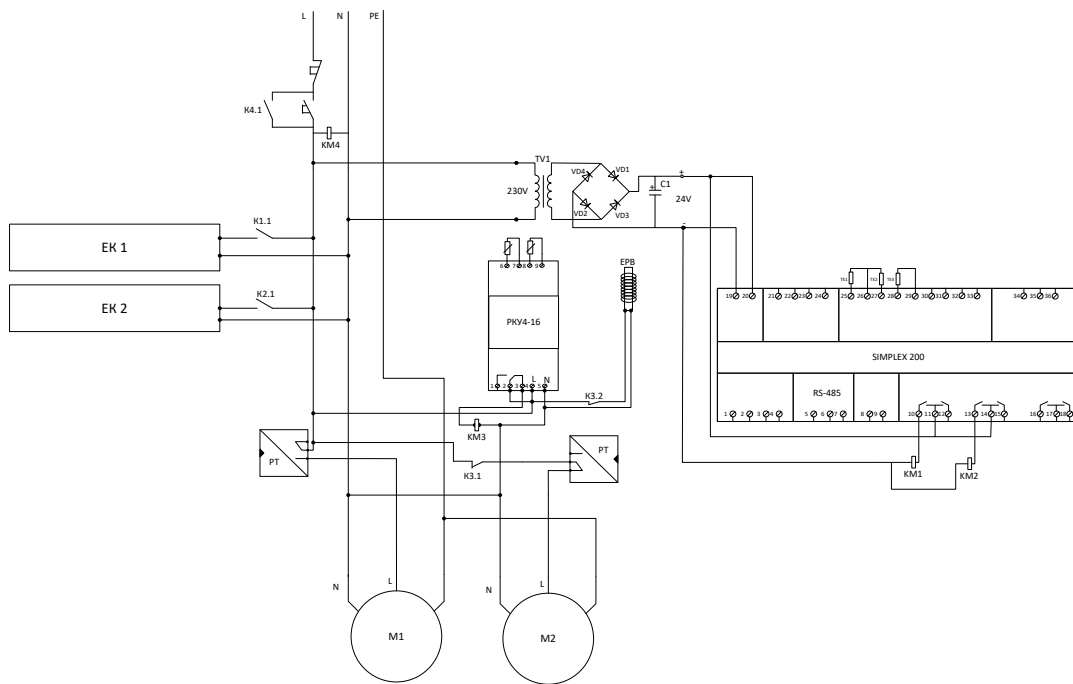
ДОДАТКИ



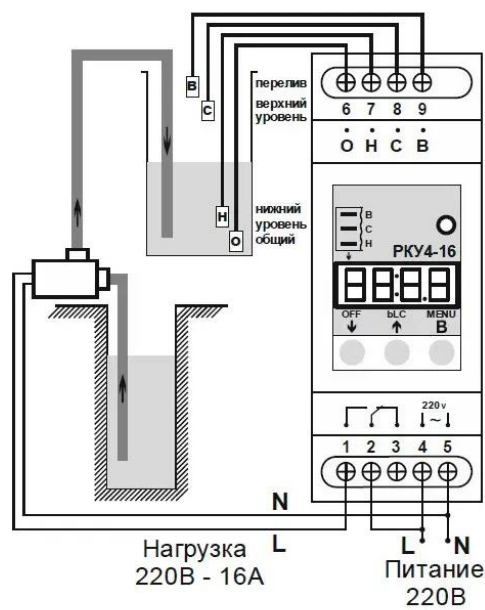
Загальний вид контролера Elitech etc-974



Функціональна схема системи автоматизованої утилізації тепла



Зображення принципової електричної схеми



Зображення підключення реле рівня



Зображення розетки для реле



Зображення реле