

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ

Факультет _____ АКТ _____
 Кафедра _____ КІТАМ _____
 Рівень вищої освіти _____ другий (магістерський) _____
 Спеціальність _____ 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології _____
 Тип програми _____ Освітньо-професійна _____
 Освітня програма _____ Автоматизоване управління технологічними процесами _____
 (шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри КІТАМ _____
(підпис)

«_____» _____ 2021 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

студентові _____ Ковальову Ігорю Олеговичу _____
 (прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи _____ Розроблення засобів автоматизації теплових пунктів із застосуванням технології IoT _____

Затверджена наказом по університету від _____ 08.11.2021 №1699 Ст _____

2. Термін подання студентом роботи до екзаменаційної комісії _____ 15.12.2021 р. _____

3. Вихідні дані до роботи _____ Тиск води у тепломагістралі 0,45 МПа, температура циркуляції води для систем центрального гарячого водопостачання, які приєднуються до закритих систем теплопостачання 50 °С. _____

4. Перелік питань, що потрібно опрацювати в роботі _____ Аналіз технічного завдання; Вступ; Визначення актуальності питання; аналіз теоретичного матеріалу за обраною темою, призначення та класифікація засобів автоматизації, склад та структура автоматизованих систем, принципи створення автоматизованих систем, призначення автоматизованих систем, склад та структура автоматизованих систем управління, засоби автоматизації існуючих теплових пунктів, параметри якості надання послуг теплопостачання населенню технологія IoT, обґрунтування необхідності використання засобів автоматизації із застосуванням технології IoT, переваги у використанні засобів автоматизації за технологією IoT, пропозиції щодо подальшої автоматизації теплових пунктів, система гарячого водопостачання, реалізація розробки проекту, вибір способу розроблення проекту, що таке Arduino та навіщо він потрібний, датчик термобарометр, GSM-модуль, розробка структури автоматизованого датчику, принцип реалізації автоматизованого датчика, програмне забезпечення та експеримент, Java як мова програмування, Maven як збирач проекту, створення алгоритму програмного забезпечення, створення програмного забезпечення «сервісу», результати експерименту, висновки. _____

5. Перелік графічного матеріалу із зазначенням креслеників, схем, плакатів, комп'ютерних ілюстрацій (слайдів) Демонстраційний матеріал, представлений у форматі презентації PowerPoint (*.ppt) – 10 сторінок формату А4

6. Консультанти розділів роботи

Найменування розділу	Консультант (посада, прізвище, ім'я, по батькові)	Позначка консультанта про виконання розділу	
		підпис	дата

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз технічного завдання, вступ	21.05.21	виконав
2	Аналіз теоретичного матеріалу за обраною темою	10.09.21	виконав
3	Дослідно аналітичний розділ	24.09.21	виконав
4	Реалізація розробки проекту	08.10.21	виконав
5	Програмне забезпечення та експеримент	10.11.21	виконав
6	Оформлення пояснювальної записки	12.11.21	виконав
7	Подання роботи на перевірку Інтернет-сервісом Unichesk	13.11.21	виконав
8	Подання роботи на рецензію	13.12.21	виконав
9	Подання роботи на підпис зав. кафедри	14.12.21	виконав
10	Подання роботи до ЕК	15.12.21	виконав

Дата видачі завдання 08.11.2021 р.

Студент

(підпис)

Ковальов І.О.

(прізвище, ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

доц. Іванов Л.С.

(посада, прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 106 с., 28 рис., 3 дод., 46 джерела.

АВТОМАТИЗАЦІЯ, ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ, ТЕПЛОПУНКТИ,
ТЕПЛОМАГІСТРАЛЬ, ПРОГРАММА, ПРОГРАМНА МОДЕЛЬ.

Об'єкт дослідження – розробка автоматизованого датчику виміру параметрів із застосуванням технології IoT.

Предмет дослідження – автоматизація централізованих теплових пунктів;

Мета кваліфікаційної роботи – розробка засобу автоматизації теплових пунктів за допомогою технології IoT, розробка програмного забезпечення та «сервісу» зв'язку між пристроями.

Методи дослідження:

- визначення актуальності теми;
- проведення аналізу теоретичного матеріалу та знаходження способу автоматизації за обраною темою;
- обґрунтування способу автоматизації шляхом поліпшення ідентифікації аварій на тепломагістралі та передачі сигналу тривоги до оператора;
- розроблення засобу автоматизації;
- розроблення програмного забезпечення для засобу автоматизації;
- проведення експерименту.

Елементи наукової новизни – інтелектуалізація промислової галузі.

Практична цінність отриманих результатів – подальше використання засобу в централізованих теплових пунктах.

Результати роботи були апробовані на міжнародній конференції [43].

ABSTRACT

Explanatory note: 106 pp., 28 figs., 3 app., 46 sources.

AUTOMATION, HEAT SUPPLY, HEAT POWER PLANTS, HEAT MAIN, PROGRAM, SOFTWARE MODEL.

The object of research is the development of an automated sensor for measuring parameters using IoT technology.

Subject of research - automation of district heating stations.

The purpose of the qualification work is to develop a means of automation of heating stations using IoT technology, development of software and "service" of communication between devices.

Research methods:

- determining the relevance of the topic;
- analysis of theoretical material and finding a way to automate the selected topic;
- substantiation of the method of automation by improving the identification of accidents on the heating main and the transmission of the alarm signal to the operator;
- development of automation tools;
- development of software for automation;
- conducting an experiment.

Elements of scientific novelty – the intellectualization of industry.

The practical value of the obtained results is the further use of the tool in district heating stations

The qualification work results were tested at an international conference [43].

ЗМІСТ

Перелік скорочень	8
Вступ.....	9
1 Аналіз теоретичного матеріалу за обраною темою	11
1.1 Призначення та класифікація засобів автоматизації.....	11
1.2 Склад та структура автоматизованих систем	12
1.3 Принципи створення автоматизованих систем.....	13
1.4 Призначення автоматизованих систем	14
1.5 Склад та структура автоматизованих систем управління	14
1.6 Засоби автоматизації існуючих теплових пунктів.....	17
1.7 Параметри якості надання послуг тепlopостачання населенню.....	23
1.8 Технологія IoT.....	26
1.9 Висновки до 1 розділу	29
2 Дослідно-аналітичний розділ.....	30
2.1 Обґрунтування необхідності використання засобів автоматизації із застосуванням технології IoT	30
2.2 Переваги у використанні засобів автоматизації за технологією IoT	31
2.3 Пропозиції щодо подальшої автоматизації теплових пунктів.....	32
2.4 Система гарячого водopостачання	48
2.5 Висновки до 2 розділу	51
3 Реалізація розробки проєкту	52
3.1 Вибір способу розроблення проєкту	52
3.2 Що таке Arduino та навіщо він потрібний	52

3.3 Датчик термобарометр	54
3.4 GSM-модуль.....	58
3.5 Розробка структури автоматизованого датчику	60
3.6 Принцип реалізації автоматизованого датчика.....	62
3.7 Висновки до 3 розділу	64
4 Програмне забезпечення та експеримент	65
4.1 Java як мова програмування	65
4.2 Maven як збирач проєкту.....	67
4.3 Створення алгоритму програмного забезпечення	68
4.4 Створення програмного забезпечення «сервісу».....	69
4.5 Результати експерименту	77
4.6 Висновки до 4 розділу	78
Висновки	79
Перелік джерел посилання	80
Додаток А Код програми.....	85
Додаток Б Демонстраційний матеріал	96
Додаток В Відомість кваліфікаційної роботи	106

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

- АС – автоматизована система;
- АСУ – автоматична система управління;
- АРМ – автоматизоване робоче місце;
- ГВП – гаряче водопостачання;
- ІТП – інформація теплового пункту;
- КЗА – комплексу засобів автоматизації;
- ПЗ – програмне забезпечення;
- ПК – персональний комп'ютер;
- СЦТ – система централізованого теплоснабження;
- ТП – тепловий пункт;
- ХВП – холодне водопостачання;
- ІоТ – (з англ. Internet of Things) – інтернет речі.

ВСТУП

Однією з основних тенденцій розвитку сучасності є Інтернет та автоматизація. Сьогодні неможливо не помітити різноманітні новини, чи слухи, про вдосконалення роботи промислових технічних процесів, про логіку праці нового веб-додатку, технології та інше. Використовується безліч гаджетів, котрі пов'язані з роботою за допомогою інтернету.

Але поряд с цікавими досягненнями та новинами, неможна забувати про прості речі, які очолюють нас сюди.

Людині потреба достатньо мало речей, для того щоб існувати, одна з котрих інтересує нас найбільш, в рамках поставленого завдання. Це тепло. В кожного вдома проведена система теплопостачання, але як і будь-яка технологія, вона може вийти з ладу. Для того щоб якомога скоріше полагодити несправність, перш за все треба знайти місце аварії.

Харків, у 90 % випадків, має централізовану систему теплопостачання, яка встановлена з давніх років. Сьогоднішні системи потребують масштабної модернізації та автоматизації, тому що частота виходу з ладу встановленого обладнання з кожним роком збільшується.

Сучасні методи дозволяють ідентифікувати, яка саме тепло-лінія вийшла з ладу, але не можуть вказати на точне місцезнаходження.

Таким чином, запропоноване рішення – це автоматизований процес з застосуванням інтернету, для точкової ідентифікації аварії, для якомога швидшого запуску ремонтних робіт та поновлення процесу теплопостачання до мешканців.

Об'єкт дослідження – розробка автоматизованого датчику виміру параметрів із застосуванням технології IoT.

Предмет дослідження – автоматизація централізованих теплових пунктів;

Мета кваліфікаційної роботи – розробка засобу автоматизації теплових пунктів за допомогою технології IoT, розробка програмного забезпечення та

«сервісу» зв'язку між пристроями.

Методи дослідження:

- визначення актуальності теми;
- проведення аналізу теоретичного матеріалу та знаходження способу автоматизації за обраною темою;
- обґрунтування способу автоматизації шляхом поліпшення ідентифікації аварій на тепломагістралі та передачі сигналу тривоги до оператора;
- розроблення засобу автоматизації;
- розроблення програмного забезпечення для засобу автоматизації;
- проведення експерименту.

Елементи наукової новизни – інтелектуалізація промислової галузі.

Практична цінність отриманих результатів – подальше використання засобу в централізованих теплових пунктах.

Роботу було виконано відповідно до [1] та [46]. Результати досліджень опубліковано у [43], також були застосовані дослідження із публікацій [44–45].

1 АНАЛІЗ ТЕОРЕТИЧНОГО МАТЕРІАЛУ ЗА ОБРАНОЮ ТЕМОЮ

1.1 Призначення та класифікація засобів автоматизації

АС являє собою організаційно-технічну систему, що забезпечує вироблення рішень на основі автоматизації інформаційних процесів у різних сферах діяльності (управління, проектування, виробництво тощо) або їх поєднання.

Залежно від сфери автоматизованої діяльності АС поділяють на:

– автоматизовані системи управління (ГАСУ – галузева автоматизована система управління; АСУП – автоматизована система управління підприємством; АСУ ТП – автоматизована система управління технологічним процесом; АСУ ВП – автоматизована система управління виробничим процесом; АСУГПС);

- системи автоматизованого проектування (САПР);
- АС наукових досліджень (АСНІ);
- АС обробки та передачі інформації (АСОІ);
- АС технологічної підготовки виробництва (АСТПП);
- АС контролю та випробувань (АСК);
- системи, що автоматизують поєднання різних видів діяльності.

АС реалізують інформаційну технологію у вигляді певної послідовності інформаційно пов'язаних функцій, завдань чи процедур, що виконуються в автоматизованому (інтерактивному) чи автоматичному режимах.

Доцільність створення та впровадження АС визначається соціальним, науково-технічним та іншими корисними ефектами, одержуваними внаслідок автоматизації.

1.2 Склад та структура автоматизованих систем

У процесі функціонування АС є сукупність комплексу засобів автоматизації (КЗА), організаційно-методичних та технічних документів та спеціалістів, які використовують їх у процесі своєї професійної діяльності.

У процесі проектування АС (її частин) розробляють, у випадку, такі види забезпечень: технічне, програмне, інформаційне, організаційно-методичне, метрологічне, правове, математичне, лінгвістичне, ергономічне.

Проектні рішення щодо програмного, технічного та інформаційного забезпечення реалізують як вироби у вигляді взаємопов'язаної сукупності компонент та комплексів, що входять до складу АС частин з необхідною документацією.

Проектні рішення щодо інших видів забезпечень входять до складу АС як організаційно-методичних та експлуатаційних документів або реалізують у компонентах програмного, технічного чи інформаційного забезпечення.

Проектні рішення математичного забезпечення реалізують, зазвичай, через програмне чи, окремих випадках, технічне забезпечення.

Лінгвістичне забезпечення представляють та реалізують в інформаційному або програмному забезпеченні.

Внутрішню будову систем характеризують за допомогою структур, що описують стійкі зв'язки між їхніми елементами.

При описі АС використовують такі види структур, що відрізняються типами елементів та зв'язків між ними:

- функціональні (елементи – функції, завдання, процедури; зв'язки – інформаційні);
- технічні (елементи – пристрої, компоненти та комплекси; зв'язки – лінії та канали зв'язку);
- організаційні (елементи – колективи людей та окремі виконавці; зв'язки – інформаційні, співпідпорядкування та взаємодії);

- документальні (елементи – неподільні складові частини та документи АС; зв'язки – взаємодії, вхідності та співпідпорядкування);
- алгоритмічні (елементи – алгоритми; зв'язки – інформаційні);
- програмні (елементи – програмні модулі та вироби; зв'язки – керуючі);
- інформаційні (елементи – форми існування та подання інформації у системі; зв'язку – операції перетворення інформації у системі).

1.3 Принципи створення автоматизованих систем

АС створюють відповідно до технічного завдання, що є основним вихідним документом, на підставі якого проводять створення АС і приймання її замовником.

Під час створення АС необхідно керуватися принципами системності, розвитку (відкритості), сумісності, стандартизації (уніфікації) та ефективності.

Принцип системності – декомпозиції повинні бути такі зв'язки між структурними елементами системи, які забезпечують цілісність АС та її взаємодію Космосу з іншими системами.

Принцип розвитку (відкритості) – з перспектив розвитку об'єкта автоматизації, АС повинна створюватися з урахуванням можливості поповнення та оновлення функцій та складу АС без порушення її функціонування.

Принцип сумісності – під час створення систем мають бути реалізовані інформаційні інтерфейси, завдяки яким вона може взаємодіяти з іншими системами відповідно до встановлених правил.

Принцип стандартизації (уніфікації) – під час створення систем мають бути раціонально застосовані типові, уніфіковані та стандартизовані елементи, проєктні рішення, пакети прикладних програм, комплекси, компоненти.

Принцип ефективності полягає у досягненні раціонального співвідношення між витратами на створення АС та цільовими ефектами, включаючи кінцеві результати, що отримуються внаслідок автоматизації.

При створенні (модернізації) об'єктів автоматизації має бути передбачено проведення робіт із створення (модернізації) АС [1].

1.4 Призначення автоматизованих систем

АСУ призначена задля забезпечення ефективного функціонування об'єкта управління шляхом автоматизованого виконання функцій управління.

Ступінь автоматизації функцій управління визначається виробничою необхідністю, можливостями формалізації процесу управління і має бути економічно або (і) соціально обґрунтованою.

Автоматизована система є організаційно-технічною системою, що забезпечує вироблення рішень на основі автоматизації інформаційних процесів у різних сферах діяльності (управління, проєктування, виробництво і т.д.) або їх поєднаннях.

АС-система, що складається з персоналу та КЗА (комплексу засобів автоматизації) його діяльності, що реалізує ІТ-технологію виконання встановлених функцій.

Функції АСУ у випадку включають такі елементи (дії):

- планування та (або) прогнозування;
- облік, контроль, аналіз;
- координацію та (або) регулювання.

1.5 Склад та структура автоматизованих систем управління

Автоматизована система управління – це сукупність комплексів засобів автоматизації (КЗА), а також організаційно-методичних та технічних документів та спеціалістів, які використовують їх у процесі професійної діяльності.

У процесі проєктування автоматизованої системи або її елементів розробляються у випадку такі види забезпечення:

- технічне забезпечення (ТО);
- програмне забезпечення (ПЗ);
- інформаційне забезпечення (ІЗ);
- організаційно-методичне забезпечення;
- метрологічне забезпечення;
- правове забезпечення;
- математичне забезпечення;
- лінгвістичне забезпечення;
- ергономічне забезпечення

Проектні рішення з ПЗ, ТО, ІЗ реалізують як вироби у вигляді взаємопов'язаної сукупності компонентів і комплексів, що входять до складу АС та її елементів з необхідною документацією. Проектні рішення з інших видів забезпечення входять до складу АС як організаційно-методичних та експлуатаційних документів або реалізуються в комплексах ПЗ, ТО, ІЗ.

Внутрішню будову автоматизованих систем характеризують за допомогою структур, що описують стійкі зв'язки між їхніми елементами. При описі автоматизованих систем використовують такі види структур:

- функціональні (елементи: функції, завдання та процедури; зв'язки: інформаційні);
 - технічні (елементи: устрою, компоненти, комплекси; зв'язку: лінії, канали зв'язку);
 - організаційні (елементи: колективи людей та окремі виконавці; зв'язки: інформаційні, співпідпорядкування та взаємодії);
 - документальні (елементи: неподільні складові частини та документи АС; зв'язки: взаємодія, вхідності, підпорядкування)
 - алгоритмічні (елементи: алгоритми; зв'язки: інформаційні)
 - програмні (елементи: програмні модулі та вироби; зв'язки: керуючі)
 - інформаційні (елементи: форми існування та подання інформації в системі; зв'язки: операції перетворення в системі).

Автоматизовані системи створюють відповідно до технічного завдання, що є основним вихідним документом, на підставі якого проводять створення та прийом системи замовником.

При створенні автоматизованої системи необхідно керуватися такими принципами:

- системності;
- розвитку (відкритості);
- сумісності;
- стандартизації (уніфікації);
- ефективності.

Принцип системності – при декомпозиції повинні бути такі зв'язки між структурними елементами системи, які забезпечують цілісність автоматизованої системи та її взаємодію з іншими системами.

Принцип розвитку – з перспектив розвитку об'єкта автоматизації, автоматизована система має створюватися з урахуванням можливості поповнення та оновлення функцій і складу автоматизованої системи без порушення її функціонування.

Принцип сумісності - повинні бути організовані інформаційні інтерфейси, завдяки яким система може взаємодіяти з іншими відповідно до встановлених правил.

Принцип уніфікації – під час створення систем мають бути раціонально застосовані типові, уніфіковані та стандартизовані елементи, проектні рішення, пакети прикладних програм, комплекси, компоненти.

Принцип ефективності – досягнення раціонального співвідношення між витратами створення автоматизованої системи та цільовими ефектами, включаючи кінцеві результати, одержувані внаслідок автоматизації [2].

1.6 Засоби автоматизації існуючих теплових пунктів

Теплові пункти - найбільш складні і дорогі елементи теплових мереж. Від надійності і якості роботи теплових пунктів залежить постачання споживачів теплом і гарячою водою, відповідність режимів тепловиробництва і теплоспоживання. У системах централізованого теплопостачання здійснюються наступні технологічні процеси: виробництво і відпуск теплоносія, транспортування і використання теплоносія.

Транспортування теплоносія виробляється по теплових мережах, що з'єднують джерело теплоти зі споживачами. До теплових мереж відносять теплопроводи і спорудження на них – мережні станції. СЦТ міст є, як правило, водяними системами, де в якості теплоносія застосовується вода.

Водяні системи теплопостачання можуть бути закритими і відкритими. У закритих системах циркулююча в тепловій мережі вода використовується тільки як теплоносій, з мережі для споживання вона не відбирається; у відкритих системах теплоносій (вода) розподіляється до споживачів для потреб гарячого водопостачання.

Для теплопостачання міст від джерел теплоти до даної групи споживачів, як правило, застосовуються двотрубні теплові мережі.

Призначення теплових мереж - надійне, безперервне транспортування теплоносія при мінімальних втратах теплоти і води.

Використання теплоносія здійснюється в теплоприймачах споживачів: у системах опалення, вентиляції, гарячого водопостачання, кондиціонування повітря, у теплоспоживаючих промислових агрегатах.

Ефективне рішення задач багато в чому залежить від способів і схем приєднання теплоспоживаючих установок до теплової мережі. Сукупність технічних пристроїв, що забезпечують реалізацію зазначених способів і схем приєднання, і називається тепловим пунктом (ТП).

У теплових пунктах у загальному випадку здійснюється: перетворення параметрів теплоносія; розподіл витрати теплоносія по системах споживання

теплоти; регулювання відпустки теплоти системам опалення; регулювання параметрів води на гаряче і холодне водопостачання; заповнення, підживлення теплоспоживаючих систем; акумулювання гарячої води; підготовка води для систем гарячого водопостачання; захист систем споживання теплоти від спорожнювання й аварійного підвищення параметрів теплоносія; контроль параметрів теплоносіїв (місцевий, дистанційний з диспетчерського пункту); облік витрати теплоти, теплоносія.

Тепловий пункт у залежності від його призначення може здійснювати всі перераховані функції чи тільки частку з них.

Контрольованими й регульованими параметрами в системах гарячого водопостачання є: якість, температура гарячої води, напір у точках розбору води.

Одними з основних регульованих параметрів для систем тепlopостачання є: величина гідродинамічного тиску в різних точках теплової мережі; температура повітря в опалювальних приміщеннях.

Температурний режим приміщень визначається за сукупністю різноманітних факторів, що безупинно змінюються, і спрямованих на їхню компенсацію впливів керування.

Такі фактори діляться на зовнішні (метеорологічні) і внутрішні.

Керуючими (регулюючими) впливами, які повинні забезпечити стабілізацію температурного режиму приміщень у заданих межах або його зміну в часі по заданій програмі, є температура й витрата теплоносія, що надходить у нагрівальні прилади, а також тривалість його подачі.

Похідним регульованим параметром у системах тепlopостачання є витрата теплоти, обумовлена температурами й витратою теплоносія. Зміна параметрів теплоносія відповідно до фактичної теплової потреби абонентів підвищує якість тепlopостачання, скорочує витрати теплової енергії й палива. Адекватне визначення потрібної і фактичної витрат теплоти сприяє можливостям максимальної економії палива й теплової енергії, досягненню високих економічних показників у тепlopостачанні [3].

Автоматична система регулювання тепловим пунктом забезпечує функції контролю, регулювання, сигналізації та блокування.

- функція контролю системи.

Контролю підлягають такі параметри теплових пунктів:

- тиск прямого, зворотного теплоносія мережі опалення, гарячої води на вході мережі ГВП, води у мережі ХВП;

- температура прямого, зворотного теплоносія мережі опалення та гарячої води на вході у мережу ГВП;

- витрата прямого теплоносія, гарячої води у мережі ГВП, води у мережі ХВП;

- функція регулювання системи.

Регулюванню підлягають такі параметри теплового пункта:

- тиск прямого теплоносія мережі опалення;

- температура зворотного теплоносія мережі опалення;

- температура гарячої води на вході у мережу ГВП.

Головним завданням частотного перетворювача є регулювання насоса так, щоб його робочі параметри відповідали вимогам системи:

- режим підтримки постійного тиску при будь-якій подачі теплоносія. В цьому режимі на дисплеї показується тиск, який повинен створювати насос. Частотний перетворювач змінює частоту обертання так, щоб цей тиск залишався постійним при будь-якій подачі;

- режим підтримки постійного тиску з врахуванням компенсації втрат на гідравлічні опори (режим відстежування кривої системи). В цьому режимі тиск, що створюється насосом, збільшується із збільшенням подачі для того, щоб компенсувати збільшені втрати на гідравлічні опори. Виходить, що вихідні параметри насоса змінюються по кривій системи, в якій він працює;

- режим підтримки постійної подачі. Цей режим часто використовується в циркуляційних і системах фільтрації, він дозволяє забезпечувати постійну подачу незалежно від значення тиску. Як вимірювальний прилад може

використовуватися витратомір (лінійний сигнал від 4 мА до 20 мА) або діафрагма з датчиком перепаду тиску (квадратичний сигнал від 4 мА до 20 мА);

– режим зовнішнього частотного регулювання. Застосовується при використанні зовнішнього регулятора, частотний перетворювач же є лише перетворювачем частоти. У даному режимі частота обертання насоса прямо пропорційна вхідному сигналу (від 4 мА до 20 мА).

Частотний перетворювач дозволяє змінювати напрям обертання валу двигуна і забезпечує його плавний пуск і зупинку.

– функція сигналізації.

Технологічна сигналізація застосовується для оповіщення оперативного персоналу про:

– вихід фізичної величини за межі, які визначають надійність роботи обладнання;

– вихід фізичної величини за межі, які визначають безпечність роботи обладнання (аварійна сигналізація);

– попередження спрацьовування технологічного захисту;

– відмову окремих елементів обладнання;

Сигналізація забезпечується для таких параметрів:

– тиск прямого та зворотного теплоносія мережі опалення;

– температура прямого та зворотного теплоносія мережі опалення;

– температура гарячої води на вході у мережу ГВП.

Далі йде функція блокування.

Блокування виконується над параметрами, які приймають участь у керуванні:

– тиск прямого теплоносія.

У випадку відмови датчика тиску прямого теплоносія переводимо клапан на трубопроводі прямої мережевої води (ВМ 5в) у положення 100 %, вмикаємо сигналізацію та блокування;

– температура гарячої води на вході у мережу ГВП.

У випадку відмови датчика температури гарячої води на вході у мережу ГВП вмикаємо сигналізацію і переводимо клапан (ВМ 6в) у наперед задане безпечне положення – 50 %;

– температура зворотного теплоносія мережі опалення.

У випадку відмови датчика температури зворотного теплоносія мережі опалення переводимо клапан на трубопроводі прямої мережевої води (ВМ 5в) у положення 100 %, вмикаємо сигналізацію та блокування [4].

Автоматичні системи контролю здійснюють контроль різноманітних параметрів і величин, які характеризують роботу технічного агрегату, або протікання якого-небудь процесу. Вони забезпечують автоматичне вимірювання, що передається вимірюючим, реєструючим чи записуючим пристроям.

Автоматичні системи сигналізації призначені для повідомлення обслуговуючого персоналу про стан технічного обладнання чи протікання процесу. Сигналізація здійснюється акустичним або візуальним сигналом.

Автоматичні системи блокування і захисту призначені для запобігання аварійних ситуацій, тобто без участі людини діють на даний агрегат. Частково чи повністю припиняючи його роботу.

Автоматичні системи пуску і зупинки забезпечують включення і зупинку двигунів і приводів по наперед заданій програмі.

Автоматичні системи сигналізації, контролю, блокування і захисту, пуску і зупинки є розімкнутими.

Вхідними сигналами універсальних показуючих, реєструючих та регулюючих приладів є уніфіковані сигнали зв'язку. Тому такі прилади можуть бути застосовані для вимірювання, індикації та реєстрації контрольованих параметрів, сигналізації, стабілізації, програмного регулювання параметрів, значення яких можуть бути перетворені в уніфіковані сигнали.

До централізованих систем автоматизації відносять спеціально розроблені комплекси апаратури:

– агрегатовані комплекси засобів контролю та регулювання;

- мікропроцесорні засоби диспетчеризації, автоматики та телемеханіки;
- пневматичні агрегатні функціонально-апаратні комплекси та установки.

Ці засоби забезпечують побудову систем неперервного та циклічного контролю та багатоканального регулювання параметрів різних технологічних процесів та окремих агрегатів, інформацію про які доцільно передавати та обробляти в аналоговій формі, а видавати операторові - як в аналоговій, так і в цифровій формі.

Пристрої та системи локальної автоматизації можна детальніше групувати за таки-ми ознаками:

- за рівнем автоматизації - на автоматичні та автоматизовані;
- за ступенем автоматизації - на системи часткової, комплексної та повної автоматизації;
- за призначенням - на системи автоматичного контролю, керування, регулювання, сигналізації, блокування та захисту;
- за принципом керування - на розімкнуті, замкнуті та комбіновані;
- за характером зміни регульованої величини - на стабілізуючі, слідкуючі, програмні, екстремальні, оптимальні, адаптивні;
- за характером носія енергії - на електричні, пневматичні, гідравлічні та комбіновані;
- за характером сигналів – на аналогові та дискретні (за рівнем - релейні системи, по часу - імпульсні системи, по рівню і часу одночасно – цифрові системи);
- в залежності від мети керування – на стабілізуючі (підтримують вихідні параметри на постійному, заданому значенні) і оптимізуючі (які здатні знаходити оптимальні значення вихідних параметрів в залежності від ситуації в об'єкті);
- за кількістю регульованих величин - на одно- та багатовимірні [8].

1.7 Параметри якості надання послуг теплопостачання населенню

Вимоги щодо кількісних і якісних показників послуг та зменшення плати у разі їх відхилення від нормативних показано рис. 1.1 та 1.2 [4].

Температуру гарячої води в місцях водорозбору необхідно приймати:

– не нижче 60 °С - для систем центрального гарячого водопостачання, які приєднуються до відкритих систем теплопостачання;

– не нижче 55 °С - для систем центрального гарячого водопостачання, які приєднуються до закритих систем теплопостачання.

Для знешкодження утворення легіонели допускається при термодезінфекції систем гарячого водопостачання короткотермінове (декілька хвилин за заданим графіком) підвищення температури води від 75 °С до 80 °С.

Зменшення температури води в системі гарячого водопостачання не повинно перевищувати 5 °С. При цьому температура циркуляційної води в системі повинна бути не меншою за 50 °С у будь-якій частині системи.

Тиск води в системах питного і протипожежного водопроводу на відмітці найбільше низько розташованих санітарно-технічних приладів не повинен перевищувати 0,45 МПа, на відмітці найбільше вище розташованих приладів - за паспортними даними цих приладів, а за відсутності таких даних - не менше 0,2 МПа і не більше ніж 0,45 МПа на всіх інших поверхах. У системах протипожежного водопроводу на нижньому поверсі допускається підвищення тиску перед пожежним кран-комплектom у момент гасіння пожежі до 0,9 МПа згідно з 7.5, 8.6 [5].

У разі неналежного надання або ненадання послуг виконавцем споживач повідомляє про це виконавця в усній формі за допомогою телефонного зв'язку чи у письмовій формі за адресами, що зазначені в договорі.

	безперебійне або за затвердженим графіком	перерви у наданні послуг з централізованого постачання гарячої води	не більш як 6 годин на добу при безперебійному водопостачанні та не більш як 30 відсотків загального часу постачання води за графіком (не більше ніж два рази на місяць)	на 3,3 відсотка місячної плати за кожну добу перевищення допустимого строку відхилення від показників	на одну особу за місяць
Централізоване постачання гарячої води	забезпечення нормативної температури гарячої води у точці розбору не нижче 50 град.С та не вище ніж 75 град.	фактична температура гарячої води у точці розбору не відповідає нормативній	не більш як 2 хвилини після відкриття водорозбірного крану	при температурі гарячої води понад 50 град.С - плата справляється згідно з установленим тарифом; від 45 град.С до 49 град.С - зменшується на 10 відсотків за весь строк відхилення; від 40 град.С до 44 град.С - плата зменшується на 30 відсотків за весь строк відхилення; нижче ніж 40 град.С - справляється за весь строк відхилення за тарифами на послуги з централізованого постачання холодної води	на одну особу за місяць або за 1 куб. метр гарячої води
	склад і властивості води згідно з державним стандартом на питну воду, вимогами санітарного законодавства та дозволами Держспоживстандарту	невідповідність складу і властивостей води державному стандарту на питну воду, вимогам санітарного законодавства та дозволам Держспоживстандарту	не допускається (або згідно з абзацом першим пункту 7 Правил надання послуг з централізованого опалення, постачання холодної та гарячої води і водовідведення, затверджених постановою Кабінету Міністрів України від 21 липня 2005 р. N 630)	на 10 відсотків за весь строк невідповідності складу і властивостей води	на одну особу за місяць або за 1 куб. метр гарячої води

Рисунок 1.1 – Норми централізованого постачання гарячої води

Вид послуги	Кількісні і якісні показники	Відхилення від показників	Допустимий строк відхилення від показників	Зменшення плати за надані послуги у разі перевищення допустимого строку відхилення від їх показників	Розрахункова одиниця
Централізоване опалення	своєчасний початок і закінчення опалювального сезону (протягом трьох діб із середньодобовою температурою 8 град.С)	надання послуг з централізованого опалення пізніше встановленого строку або дострокове закінчення опалювального сезону		на 3,3 відсотка місячної плати за кожну добу перевищення допустимого строку відхилення від показників (у разі оплати послуг щомісяця протягом року враховується те, що місячна плата розподілена на рік)	за 1 кв. метр(куб. метр) опалюваної площі (об'єму) квартири (будинку садибного типу житлових приміщень у гуртожитках)
	безперебійне надання послуг з централізованого опалення протягом усього опалювального сезону	перерви у наданні послуг з централізованого опалення	12 годин на добу (один раз на місяць)		
	температура повітря в житлових приміщеннях (за умови їх утеплення) відповідає діючим нормам і правилам - 18 град.С (у наріжних кімнатах - 20 град.С)	фактична температура приміщеннях нижча ніж нормативна	в приміщеннях	12 годин на добу (один раз на місяць)	на 5 відсотків за кожний градус відхилення від 18 град.С до 12 град.С у житлових приміщеннях (у наріжних кімнатах - від 20 град.С до 14 град.С) плати за період відхилення (протягом усього строку відхилення) при температурі в житлових приміщеннях нижче ніж 12 град.С (у наріжних кімнатах - нижче ніж 14 град.С) плата за централізоване опалення не справляється

Рисунок 1.2 – Норми постачання централізованого опалення

1.8 Технологія IoT

Термін "Інтернет речей" (Internet of Things, IoT) був запропонований у 1999 році Кевіном Ештоном, одним із трьох засновників Центру автоматичної ідентифікації Массачусетського університету (Auto-ID Center). Існує кілька визначень цього терміну, і кожне їх недостатньо точне. Використовуємо визначення, запропоноване компанією Gartner (та сама, яка вигадала термін ERP): «Інтернет речей – це мережа фізичних об'єктів, які мають вбудовані технології, що дозволяють здійснювати взаємодію із зовнішнім середовищем, передавати відомості про свій стан і приймати дані ззовні».

Складовою частиною Інтернету є Індустріальний (або Промисловий) Інтернет речей (Industrial Internet of Things, IIoT).

Сучасний Інтернет складається з тисяч корпоративних, наукових, урядових та домашніх комп'ютерних мереж. Об'єднання мереж різної архітектури та топології здійснюється за допомогою протоколу IP. Кожному учаснику Мережі (або групі учасників) присвоюється IP-адреса, постійна або тимчасова (динамічна).

Аналогічно Інтернет речей сьогодні складається з безлічі слабо пов'язаних між собою мереж, кожна з яких вирішує свої завдання. Наприклад, в офісній будівлі може бути розгорнуто одразу кілька мереж: для керування кондиціонерами, системою опалення, освітленням, безпекою тощо. Ці мережі можуть працювати за різними стандартами, і об'єднання їх в одну мережу є нетривіальним завданням. Крім того, існуюча (четверта) версія протоколу IP (IPv4) дозволяє використовувати лише 4,22 мільярда адрес, через що виникла проблема їх вичерпання. І хоча не кожному пристрою, підключеному до Мережі, необхідна унікальна IP-адреса (але все одно потрібен унікальний ідентифікатор), у зв'язку з бурхливим зростанням Інтернету речей проблема нестачі адрес може стати обмежуючим фактором. Кардинально вирішити її допоможе шоста версія протоколу, IPv6, яка забезпечить можливість використання кожним мешканцем Землі понад 300 млн. IP-адрес.

В основі Інтернету речей лежать такі технології:

– засоби ідентифікації.

Кожен об'єкт фізичного світу, що бере участь в Інтернеті речей, навіть не підключений до Мережі, все одно повинен мати унікальний ідентифікатор. Для автоматичної ідентифікації предметів можуть використовуватися різні вже існуючі системи: радіочастотна, при використанні якої до кожного об'єкта прикріплюється мітка радіочастотна, оптична (штрих-коди, Data Matrix, QR-коди), інфрачервоні мітки і т.д. Але для забезпечення унікальності ідентифікаторів різних типів доведеться провести роботу з їхньої стандартизації;

– засоби вимірювання.

Завдання засобів виміру – забезпечити перетворення інформації про довкілля на дані, придатні передачі їх засобам обробки. Це можуть бути як окремі датчики температури, освітленості тощо, так і складні вимірювальні комплекси. Для досягнення автономності засобів вимірювання бажано забезпечити електроживлення датчиків за рахунок засобів альтернативної енергетики (сонячні батареї тощо), щоб не витратити час та засоби на заряджання акумуляторів або заміну батареї;

– засоби передачі даних.

Для передачі може бути використана будь-яка з існуючих технологій. У разі застосування бездротових мереж особливу увагу приділяють підвищенню надійності передачі даних. При використанні провідних мереж активно використовують технологію передачі даних по лініях електропередачі, оскільки багато "речей" (такі як торгові автомати, банкомати тощо) підключені до електромереж;

– засоби обробки даних.

Тридцять і більше мільярдів пристроїв, які, за прогнозами, будуть підключені 2020 року до Інтернету, згенерують 44 мільярди терабайтів даних. Це приблизно в сім разів перевищує кількість оцифрованої інформації у всьому світі за станом на 2010-ті роки. Тому в компанії Microsoft вважають, що

головна частина Інтернету речей - це не датчики та засоби передачі даних, а хмарні системи, що забезпечують високу пропускну здатність і здатні швидко реагувати на певні ситуації (наприклад, вміти за показаннями датчиків з'ясувати, що в будинку вже п'ять хвилин нікого немає, а вхідні двері залишилися відчиненими). Допоможуть впоратися з величезними потоками інформації також туманні обчислення, які не конкуруватимуть із хмарними, а ефективно їх доповнюватимуть;

– виконавчі пристрої.

Це пристрої, здатні перетворювати цифрові електричні сигнали, які від інформаційних мереж, на дії. Наприклад, щоб через смартфон можна було включити систему опалення в будинку, вона повинна мати відповідний пристрій. Виконавчі пристрої часто конструктивно поєднуються з датчиками.

Для практичної реалізації всі навколишні предмети і пристрої (домашні прилади і посуд, одяг, продукти, автомобілі, промислове обладнання та ін.) повинні бути забезпечені мініатюрними ідентифікаційними і сенсорними (чутливими) пристроями. Тоді при наявності необхідних каналів зв'язку з ними можна не тільки відслідковувати ці об'єкти і їх параметри в просторі і в часі, але і керувати ними, а також впроваджувати інформацію про них в загальну «розумну планету». У загальному вигляді з інформаційно-комунікаційної точки зору Інтернет речей можна записати у вигляді такої символічної формули зображені на рис. 1.3:

$$\text{IoT} = \text{Сенсори (датчики)} + \text{Дані} + \text{Мережі} + \text{Послуги}.$$

Рисунок 1.3 – Формула IoT

Архітектура Інтернету речей абстрактно має вигляд, зображений на рис. 1.4:

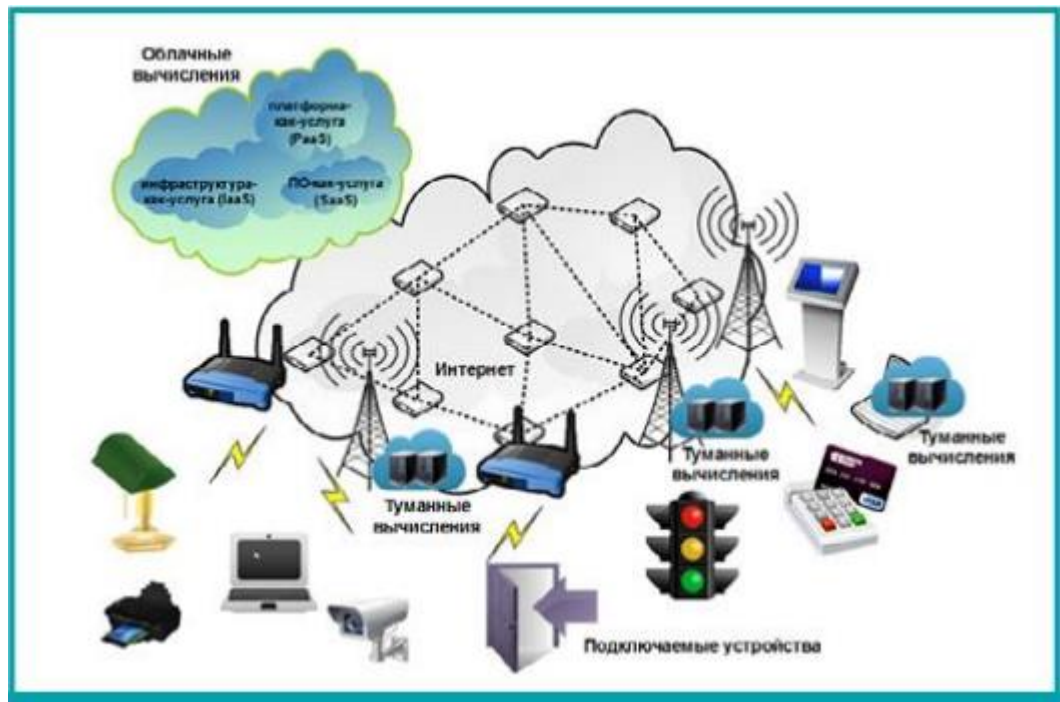


Рисунок 1.4 – Абстрактна модель IoT

1.9 Висновки до 1 розділу

У даному розділі проведено аналіз та дослідження існуючих систем автоматизованих систем та автоматизованих систем управління, які засоби автоматизації вже існують. Також було сформовано поняття IoT технологій, як реалізувати цю технологію та теперішній стан якості надання послуг теплопостачання населенню.

Проведено аналіз автоматизованих систем управління теплових пунктів. Досліджено автоматизовану систему управління теплових пунктів.

2 ДОСЛІДНО-АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Обґрунтування необхідності використання засобів автоматизації із застосуванням технології IoT

Переваги застосування технології IoT для підприємств. Насамперед, йдеться про скорочення витрат на обслуговування обладнання. Верстати та інші пристрої, забезпечені автономними датчиками, здатними передавати інформацію через Інтернет, своєчасно сповіщають про різні збої та неполадки, що виникають у своїй роботі, що допомагає своєчасно усувати проблеми, уникати простоїв і дорогого ремонту.

Складські IoT-рішення аналізують наявність запасів, дозволяють самостійно замовляти відсутні матеріали та запчастини. Величезний потенціал у IoT та у сфері безпеки. «Розумні» камери та сенсори здатні виявити позаштатні ситуації та відреагувати на них самостійно, або оперативно сповістивши співробітників служби безпеки. Це лише деякі з можливих областей, де IoT не просто може знайти застосування, але вже активно використовується [9].

Розвиток стандартів передачі даних, де справжнім якісним проривом мають стати нові стандарти зв'язку (LTE-M, LoRa, 5G), здешевлення «розумних» датчиків, удосконалення енергозберігаючих технологій, що дозволяють пристроям Інтернету речей працювати без підзарядки протягом місяців і навіть цілого ряду років, розробка операційних систем та прикладного ПЗ для IoT – все це та багато іншого відкриває широкі перспективи для поширення IoT у багатьох галузях, де донедавна важко було уявити, щоб ті чи інші предмети могли взаємодіяти один з одним без допомоги людини, абсолютно самостійно.

По суті, основна цінність IoT-проектів полягає не в якомусь унікальному обладнанні чи програмному забезпеченні, а у створенні інтеграційних рішень та

сервісів, які можна реалізувати на їх основі. Важливо розповісти замовникам про створення нових бізнес-моделей, про формування досвіду користувача, про нові ринки, що відкриваються перед ними, і т. д. Насамперед замовник повинен зрозуміти, як Інтернет речей здатний допомогти його бізнесу – розкрити новий потенціал, оптимізувати виробництво, знизити витрати на експлуатацію. І вже після цього можна приступити до розробки архітектури та вибору інструментів.

У консервативній сфері, як сільське господарство, датчики Інтернету речей збирають інформацію про температуру та вологість ґрунту, що дозволяє автоматизувати полив та витрату добрив, а також вентиляцію теплиць.

Технологія інтернет речей – це ціла екосистема, що включає апаратні засоби, мережеве обладнання, програмні платформи для обробки та аналізу отриманих даних, засоби зберігання даних, а також інструменти для їх ефективного використання. Як правило, всі ці компоненти випускають різні виробники, і основну складність при реалізації IoT-проектів становлять інтеграційні питання [10].

Інтернет речей унікальний своєю універсальністю з погляду можливостей застосування: вже знайдено безліч способів ефективно використовувати нову технологію в різних економічних сферах. Галузі, на які можливості Інтернету речей поки що мали найменший вплив, – це галузі з найбільш неструктурованою або недоступною інформацією.

Багато галузей не мають можливості легко уявити всю свою інформацію в цифровому вигляді та забезпечити інтегрований ринок, на якому можна здійснювати ліквідні угоди. Як тільки продукція та активи залишають контрольоване середовище складів, фабрик та офісів, зазвичай важко їх ідентифікувати у цифровому вигляді. Без цього важко створити ліквідний цифровий ринок для продуктів чи послуг. Однак з розвитком Інтернету речей ця проблема зникає – за його допомогою можна отримати ту ж інформацію в реальному часі, створити ліквідні ринки, що дозволяють шукати, монетизувати активи та керувати ними.

2.2 Переваги у використанні засобів автоматизації за технологією IoT

Різницю між Інтернетом і тим, що називається "всесвітнім павутинням" (World Wide Web, або просто Web). Ці терміни часто використовуються як абсолютні синоніми, хоча Інтернет – це насамперед фізичний рівень мереж: комутатори, маршрутизатори та інше обладнання. Головна функція Інтернету полягає у швидкій, надійній та безпечній передачі інформації з однієї точки в іншу. Web же - це рівень додатків, що працює поверх Інтернету. Його завдання – створити інтерфейс для отримання реальної користі від інформації, що передається через Інтернет.

У розвитку Web пройшов через кілька чітко помітних етапів. Перший – етап досліджень. На той час Web називався ARPANET (Advanced Research Projects Agency Network) і використовувався, головним чином, університетами в дослідних цілях.

На відміну від Web-технологій, Інтернет розвивався насамперед у кількісному відношенні, майже не змінюючись якісно. Сьогодні Інтернет робить приблизно те саме, що й за часів мережі ARPANET. У ті дні існувало кілька протоколів комунікації (AppleTalk, Token Ring та IP). Сьогодні залишився лише IP. Ось, мабуть, і все.

У цій ситуації Інтернет речей набуває особливого значення, бо в даному випадку ми спостерігаємо першу справді істотну зміну на рівні фізичного Інтернету. Цей якісний стрибок повинен викликати до життя дивовижні програми, здатні різко змінити те, як ми живемо, вчимося, працюємо та розважаємось. Вже сьогодні Інтернет речей викликав широке розповсюдження датчиків температури, тиску, вібрації, освітлення, вологості та фізичних навантажень, які допомагають нам попереджати різні проблеми та не діяти у "пожежному порядку".

Крім того, Інтернет почав проникати у раніше недоступні сфери. Пацієнти починають користуватися інтернет-пристрої, що дозволяють точно діагностувати деякі захворювання та виявляти їх причини. Мікроскопічні

датчики, підключені до Інтернету, можна закріплювати на рослинах, тваринах та геологічних утвореннях. З іншого боку, Інтернет починає виходити у відкритий космос, наприклад, у рамках програми Cisco IRIS (Internet Routing in Space – інтернет-маршрутизація у космосі) [11].

Завдяки автоматизації та інтернету речей ми отримуємо такі переваги, як найвища мобільність роботи, прозорість даних, енергоефективність та простота експлуатації. Зокрема, у промисловому виробництві інтернет речей дозволяє:

- заздалегідь попереджати можливі збої у роботі обладнання та мінімізувати наслідки аварійних ситуацій;
- збирати, накопичувати та аналізувати інформацію з інформаційних систем підприємства, датчиків та обладнання, щоб збільшити прозорість бізнесу та надавати вичерпні звіти в один клік;
- спростити роботу компанії та зробити її більш ефективною;
- реалізувати швидке інформування у форс-мажорних обставинах та екстрених випадках.

Концепція інтернету речей спочатку передбачає сумісність та універсальність. Сьогодні в процесі цифрового розвитку до Cloud-технології, тобто мережі інтернет, підключається дедалі більше пристроїв та локальних систем. Створені вони у різний час, підтримують різні протоколи, а також їх дуже багато. Навіть у межах одного об'єкта, наприклад автомобіля, може працювати кілька різних локальних автоматизованих систем, а в житлових будинках або тим більше на промислових підприємствах їх значно більше. Щоб будь-яке цифрове обладнання могло підключатися до інтернету, передавати в Cloud дані та взаємодіяти з іншим обладнанням, необхідна універсальна інтеграційна платформа, здатна «перетравити» різні протоколи.

Такі платформи автоматизації настільки можуть бути універсальні, що з їх допомогою можна підключати різні локальні системи як в будинках (системи моніторингу вентиляції, освітлення, електроживлення, водопостачання та ін), так і на промислових і виробничих підприємствах (облік складів, моніторинг

продукції, що випускається) , верстатів, обладнання, моніторинг персоналу, контроль АСУ тощо).

На базі таких платформ IoT користувачі мають можливість реалізувати контроль за споживанням води та світла, роботою промислового обладнання та виробничих ліній, системами кондиціонування та вентиляції, а також керувати офісною будівлею чи офісом. Всі дані про різні параметри надходять до неї в режимі реального часу і відображаються у вигляді таблиць, графіків, мнемосхем та інших форм. Користувачі можуть налаштовувати будь-які повідомлення, пов'язані з аваріями, режимами роботи обладнання та показниками вимірювань.

Інженерні системи (вентиляція, електропостачання, водопостачання) грають найважливішу роль виробничому процесі дата-центрів. Автоматизована система моніторингу та диспетчеризації роботи інженерних систем. Така система виконує наступне коло завдань:

- оперативний контроль за станом інженерних систем, що забезпечують життєдіяльність та функціонування обладнання, встановленого на площах дата-центру;
- надання інформації про динаміку зміни характерних параметрів, ключових подій та позаштатних ситуацій;
- облік використання ресурсів та передача цієї інформації до розрахункових систем.

Таким чином, дані, що надходять з вимірювального та іншого обладнання інженерних систем, збираються, зберігаються та передаються в «хмару». Передача даних від контрольованого обладнання до системи моніторингу проводиться лише за відкритими протоколами диспетчеризації: Modbus, Lonworks, TCP/IP, KNX тощо.

Вся інформація автоматично аналізується, система може визначати працездатність обладнання інженерних систем. Інформація про стан обладнання відображається на АРМ оператора, ведуться журнали подій.

Система підтримує внесення уставок параметрів персоналом та веде протокол внесених змін.

Ось приклад реальної автоматизації завдяки IoT.

Для заводу «ГорЕлтех» на базі платформи SmartUnity IoT впровадили систему, що дозволяє контролювати всі системи життєзабезпечення підприємства: електропостачання, водопостачання, пожежну сигналізацію тощо. До неї підключені системи електропостачання, вентиляції, ІТП, котельня, система підготовки води та пожежна сигналізація.

Інженерні служби заводу отримали рішення, що дозволяє:

- контролювати електропостачання підприємства зі зніманням параметрів у режимі реального часу (отримання графіків для менеджменту споживачів мережі, контроль балансу навантажень, перед-аварійні події, агреговані дані);
- здійснювати моніторинг систем вентиляції (аварії, графіки для підстроювання ПД-регулювання);
- збирати оперативну інформацію про стан ІТП та котельні, встановлювати пороги для запобігання аварійним ситуаціям;
- контролювати тиск обладнання осмосу підприємства;
- отримувати інформацію про показання, події, аварії та керувати інженерним обладнанням з будь-якої точки світу без необхідності встановлювати АРМ диспетчера або інженера (моніторинг доступний через будь-який мобільний пристрій).

Система працює та управляється з «хмарного» сервера платформи SmartUnity IoT, що знаходиться в ЦОД. Окрім шлюзу SmartUnity Edge, який виконаний на базі промислового контролера BECKHOFF із програмним агентом SmartUnity IoT, у проєкті використані модулі віддаленого збору даних «Болід», ОВЕН та АГАВА. Однією з головних переваг системи є зниження комунальних платежів на величину до 40 % за рахунок раціонального управління витрачанням ресурсів за відносно невисоких вкладень (від 5 % до 10 % вартості проєкту [12]).

2.3 Пропозиції щодо подальшої автоматизації теплових пунктів

Система опалення, розроблена та приєднана до теплової мережі за незалежною схемою, автоматизується так само, як система підготовки теплоносія для калориферів припливних вентиляційних систем або калориферів першого підігріву для центральних кондиціонерів, тобто за температурним графіком.

У циркуляційних контурах систем із замкнутим контуром при незалежному приєднанні має підтримуватися постійний заданий тиск, для чого передбачається підживлення систем.

В даний час широко використовуються для цієї мети пневмобаки, що розміщуються у приміщенні теплового пункту. Кожна система повинна мати свій вузол підживлення, насамперед свій пневмобак. Однак різні системи, наприклад, системи опалення та системи вентиляції, можуть підживлюватися загальними насосами, але зі своїм соленоїдним клапаном на лінії підживлення.

При падінні тиску в циркуляційному контурі будь-якої системи, на що реагує датчик тиску (або електроконтактний манометр), через контролер надходить команда на відкриття відповідного соленоїдного клапана і включення робочого підживлювального насоса. При підвищенні в системі тиску до заданого значення соленоїдний клапан закривається і підживлювальний насос вимикається. Для первинного заповнення систем опалення та вентиляції теплоносієм можуть бути передбачені окремі насоси з більшою продуктивністю, ніж підживлювальні.

Вузол введення в тепловий пункт вирішується так само, як при використанні систем із незалежним приєднанням. У теплових пунктах приєднання систем може бути комбінованим: частина може приєднуватися за незалежною схемою, а частина – за залежною схемою. Все визначається технологічними розрахунками та зручністю експлуатації.

При безпосередньому залежному приєднанні систем вентиляції (калориферів припливних вентиляційних систем) до теплової мережі, якщо

таких систем кілька, у тому числі повітряно-теплових завіс, таке приєднання слід виконувати через регулятор різниці тиску, незалежно від того, що регулятор різниці тисків є на вузлі введення.

Не всі припливні вентиляційні системи, центральні кондиціонери, повітряно-теплові завіси можуть працювати одночасно, а різниця тиску в системі постачання теплоносієм цього обладнання має бути постійною. Це відбивається якості регулювання параметрів повітря, оброблюваного у цих системах.

Якщо для підготовки теплоносія, що подається на опалення, або до систем вентиляції, або до будь-яких систем при залежному їх приєднанні, потрібне зниження температури теплоносія за допомогою вузла змішування двох середовищ - прямого і зворотного теплоносія, то вирішувати це завдання можна прийомами, відображеними на рис. 2.1.

Але, перш за все, слід врахувати, що розміщення насосів на перемичках між зворотним і прямим трубопроводами можливе лише в тому випадку, якщо не передбачається регулювання чогось (тобто кількості змішуваних середовищ – величини постійні), і при дотриманні вимог. Це часто не враховується. Мало того, на одній лінії з насосами встановлюється регулюючий клапан, у тому числі триходовий, що взагалі неприпустимо.

Насос і регулюючий клапан послідовно, один за одним, не можна встановлювати. Насоси повинні завжди працювати в одній – розрахунковій та налагодженій – точці витратної характеристики. Спроба пояснити таке розташування насоса та регулюючого клапана тим, що застосовується насос із частотним перетворювачем, не є виправданням. Такий вузол обов'язково вийде в автоколивальний режим роботи, тобто регулюючий клапан постійно відкриватиметься і закриватиметься і ніякої підтримки заданих параметрів (для теплового пункту це температура теплоносія) не буде. У такому вузлі змінюється і витрата, і тиск і температура практично незалежно один від одного. Зокрема, температура і тиск безпосередньо не залежать один від одного в такому вузлі. Мало того, інерційність проходження команди при обуренні

різна. Синхронності проходження команд немає і не може. Тому «розгойдування» вузла буде обов'язково, і ще невідомо, в якому разі швидше - з частотним перетворювачем насоса або без такого.

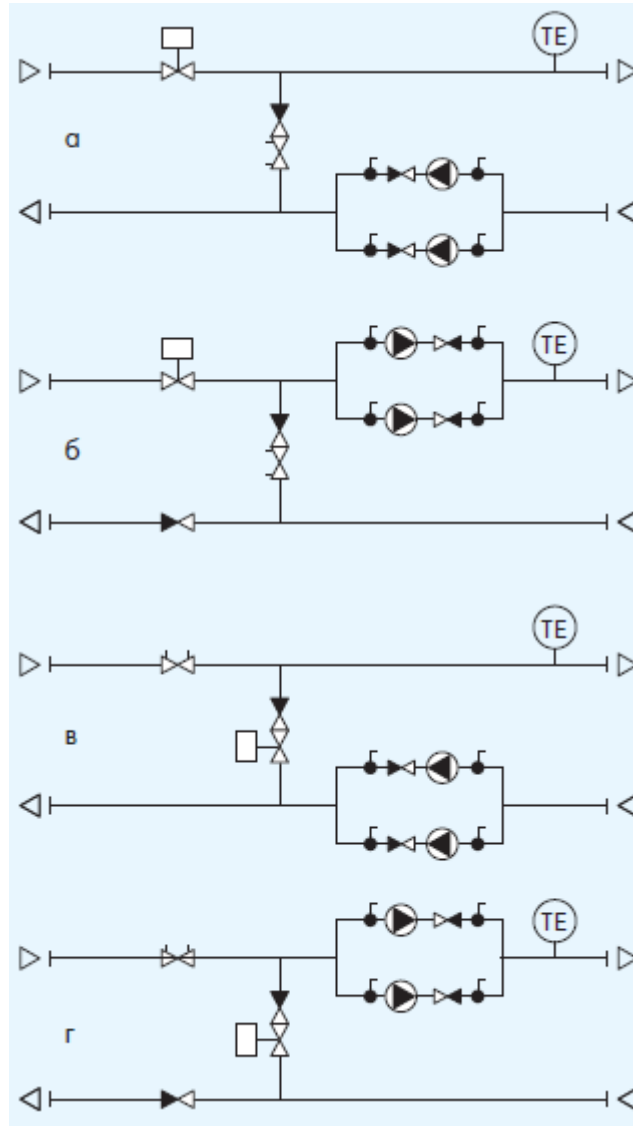


Рисунок 2.1 – Способи зниження температури теплоносія за допомогою вузла змішування прямого та зворотного теплоносія [15]

Крім того, двигун насоса ставиться в дуже невигідні для нього умови. Двигун насоса (та й будь-якого іншого агрегату) має бути навантажений не менше ніж на 60 % своєї номінальної потужності. Будь-який двигун, як правило, захищається від перевантажень тепловим захистом, який повинен

бути прогрітій до певної температури, щоб спрацювати при перевантаженні двигуна за час, менше половини мінімального часу, за який двигун виходить з ладу. Тепловий захист це враховує, якщо двигун навантажений в інтервалі від 60 % до 100 %, якщо двигун недовантажений, він згорить раніше, ніж відпрацює тепловий захист. У вузлі, де послідовно з насосом розміщений регулюючий клапан, може скластися так, що клапан опиниться в значно прикритому стані, тобто двигун насоса виявиться недовантаженим, а в цей час, наприклад, відбудеться обрив однієї з фаз кабелю або у насоса щось заклинить . Двигун вийде з ладу.

Вузли змішування двох середовищ – прямого та зворотного теплоносія – повинні опрацьовуватися виходячи з умови, яке з двох середовищ з розрахунку має бути більше, а яке менше. На трубопроводі, яким повинно проходити менше теплоносія, повинен встановлюватися регулюючий клапан, підібраний за розрахунковою витратою, а на іншому, що приєднується, трубопроводі повинен розміщуватися балансувальний кран, відбудований на розрахунковий пропуск теплоносія, що підмішується, якого більше. Отже, регулюючий клапан має бути встановлений на прямому трубопроводі, а на перемичці – балансувальний кран. Насоси у цих схемах можуть розміщуватися на зворотному чи прямому трубопроводі залежно від розрахунку технологічної частини. Якщо за розрахунком потрібно насоси встановити на прямому трубопроводі, то на зворотному трубопроводі слід не забути встановити зворотний клапан, як показано на рис. 1б, щоб запобігти можливості підсмоктування насосами зворотного теплоносія від джерела теплопостачання.

Триходові змішувальні (розділові) клапани слід застосовувати дуже обережно і тільки в тих випадках, коли можна забезпечити постійний тиск у точці змішування (поділу) двох середовищ усередині клапана незалежно від положення штока триходового клапана. Такий варіант застосування триходового клапана показано на рис. 2.2.

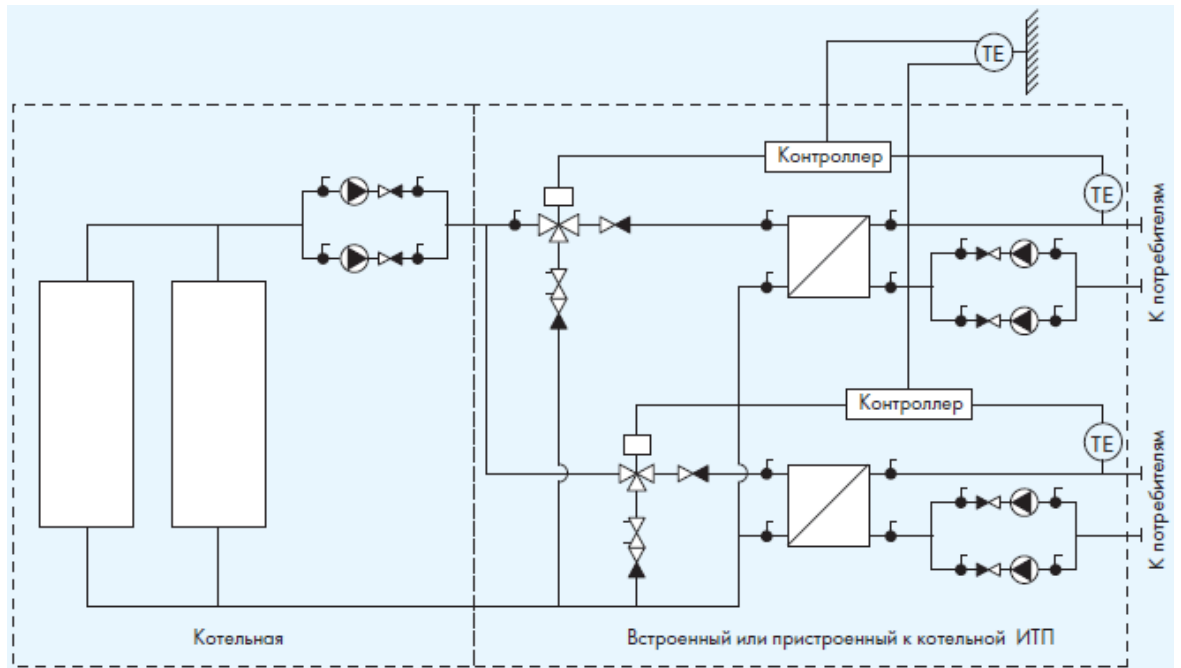


Рисунок 2.2 – Приклад можливого використання триходових регулюючих клапанів як розділових [15]

Якщо тепловий пункт розробляється із залежним приєднанням споживачів та з вузлами змішування, тобто для кожного виду систем, що приєднуються залежно, своя гілка з вузлом змішування, якщо такий вузол потрібен.

Повернемося до вузла введення теплового пункту. Про призначення та роль регуляторів різниці тиску вже було сказано. Тепер слід торкнутися теми обмеження витрати мережевого теплоносія. Регулятори різниці тиску прямої дії, що застосовуються досить часто, підтримуючи постійну задану різницю тисків мережевого теплоносія і стабільність опору обладнання теплового пункту по відношенню до теплової мережі, певним чином обмежують витрату мережевого теплоносія, що надходить в тепловий пункт, забезпечуючи таким чином розподіл теплоносія теплової мережі за споживачами розрахунку.

Тим не менш, такого обмеження може бути недостатньо у випадках відхилення зовнішньої температури повітря від розрахункових значень у бік її

зниження в зимовий час або зниження температури мережевого теплоносія з якихось причин від значень, необхідних за температурним графіком.

Для компенсації нестачі теплової енергії кожен тепловий пункт буде прагнути отримати більше теплоносія з мережі. Регулюючі клапани будуть відкриватися більше, ніж повинні за розрахункових умов, для збільшення пропуску кількості мережевого теплоносія, знижуючи таким чином величину опору обладнання теплового пункту для теплової мережі.

Споживачі більшої кількості теплової енергії споживатимуть більше теплоносія за рахунок об'єктів з меншим енергоспоживанням, враховуючи те, що у теплової мережі певною мірою обмежені можливості.

У технічних умовах теплопостачальних організацій та в завданнях на проєктування теплових пунктів часто ставляться умови обмеження витрати мережевого теплоносія тільки для систем опалення. Але це не завжди вірно. Це дозволено в тому випадку, якщо частка потреби в тепловій енергії для систем опалення значно перевищує частку потреби в тепловій енергії для інших систем теплоспоживання, наприклад для підігріву гарячої води в системі гарячого водопостачання. Але досить випадків, тим паче, якщо це якесь виробництво, де частка теплоспоживання від мережі на вентиляцію, на гаряче водопостачання та інших споживачів тепла співмірна чи більше потреби тепла на опалення.

У такому разі обмежувати витрату мережевого теплоносія слід на вузлі введення теплової мережі в тепловий пункт. Замість регулятора різниці тисків прямої дії необхідно встановити на трубопроводі, що подає, регулюючий клапан з виконавчим механізмом і два датчики тиску - один на трубопроводі, що подає, після регулюючого клапана, інший - на зворотному трубопроводі.

У нормальних штатних умовах роботи теплового пункту за командами датчиків тиску через контролер впливом на регулюючий клапан підтримується задана різниця тисків. У разі необхідності обмежити кількість мережевого теплоносія в межах, встановлених технічними умовами, на регулюючий клапан на вузлі введення через контролер подається команда від вузла обліку теплової енергії на заборону переміщення регулюючого клапана за командами датчиків

тиску та встановлення його на пропуск максимально допустимої кількості теплоносія з теплової мережі, обумовленого технічними умовами Розподіл мережевого теплоносія між системами теплового пункту при обмеженні витрати буде таким, який визначить динаміка систем, оскільки в цьому випадку системи можуть вийти із зон регулювання.

На рис. 2.3, зображено схему для однозонних теплових пунктів.

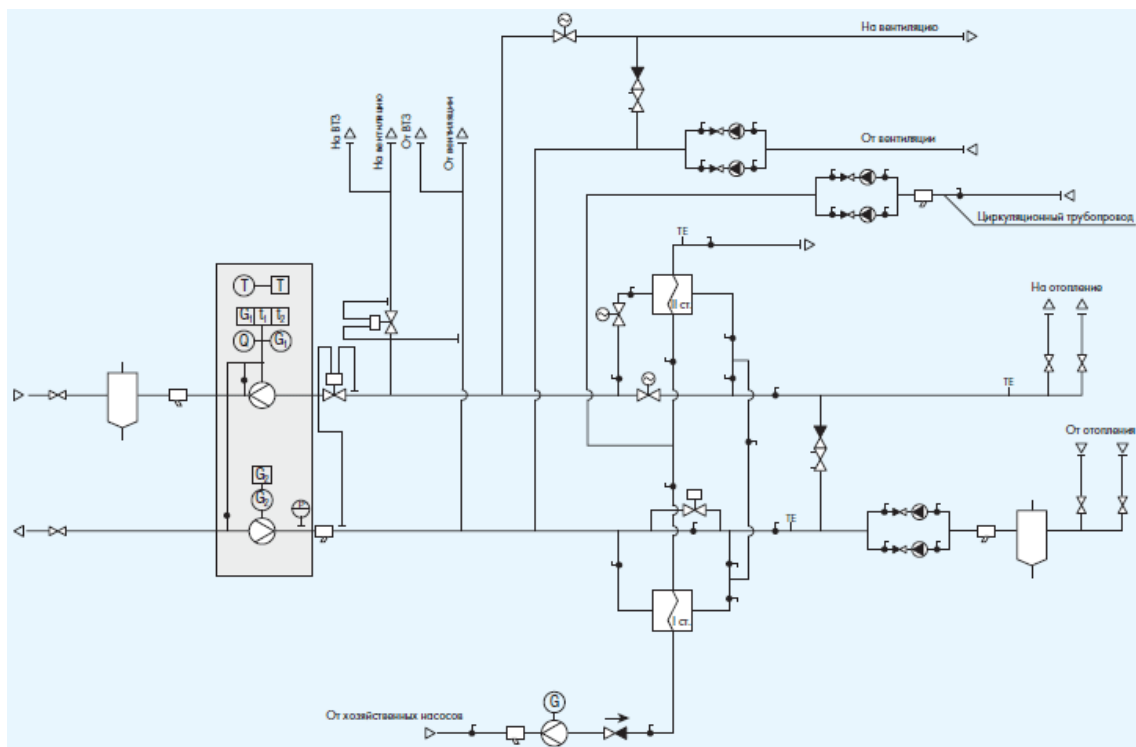


Рисунок 2.3 – Схема однозонних теплових пунктів [15]

У той час, коли розроблялися «Правила проектування теплових пунктів», ще не було такої гострої необхідності відображення в них вимог та рішень щодо багатозонних систем, хоча у «Правилах» у пункті 3.1 згадується про те, що розробка систем теплових пунктів має виконуватись з урахуванням гідравлічних навантажень.

У всякому разі, автоматизація систем із двома або більше зонами гарячого водопостачання, опалення, вентиляції та з часто встановлюваними в теплових пунктах насосами господарсько-питного водопостачання та

протипожежними насосами нічим особливим не відрізняється від автоматизації систем для однієї зони. Тут потрібно, щоб розділені на зони системи були абсолютно автономні. Зона системи опалення, вентиляції, гарячого та холодного водопостачання визначається різницею тисків між нижньою та верхньою позначкою зони. Різниця тиску в зоні не повинна перевищувати 6 кг/м², інакше сантехнічні пристрої в зоні вийдуть з ладу. Зазвичай зона визначається за необхідним тиском у системі гарячого та холодного водопостачання. З огляду на те, що з кранів систем холодного та гарячого водопостачання вода повинна витікати з певним тиском, то враховується саме це. Іншими словами можна сказати, що житловий будинок до 17 поверхів - це одна зона, вище 17 поверхів до 34; поверхів - це друга зона і т. д. Але якщо будинок, наприклад, в 22 поверхи, то слід його ділити на зони по 11 поверхів. Це дозволяє рівномірно підтримувати параметри систем обох зонах. При проведенні зонування слід також враховувати характеристики насосів.

Так багато уваги в розмові про автоматизацію теплових пунктів відведено технологічній частині тому, що при проектуванні далеко не часто випадки, коли одну групу циркуляційних насосів, підбрану на максимальний тиск для другої, а то й для третьої зони, за допомогою різних компенсаторів тиску або регуляторів різниці тисків намагаються використати для всіх зон. Це категорично неприпустимо. Аварійні ситуації у таких випадках неминучі. Тут жодна автоматика не допоможе.

Для пожежогасіння насоси підбираються зонами залежно від необхідного напору струменя для гасіння пожежі. В однозонних системах часто воду для гасіння пожеж передбачається подавати трубами для холодного водопостачання. Це не найкращий варіант, враховуючи те, що тиск для гасіння пожежі має бути все-таки вищим, ніж просто для холодного водопостачання, і якщо передбачено ще й автоматичне включення насосів пожежогасіння по падінню тиску (якщо система під тиском), то при великому водорозборі на господарсько-питні потреби можливі помилкові команди на включення насосів пожежогасіння. Для кількох зон системи господарсько-питного водопостачання

та пожежогасіння повинні бути розділені та пуск насосів пожежогасіння повинен вирішуватись за необхідними конкретними умовами для будівлі. Найгірші з можливих і допустимих варіантів рішень можна приймати як вихід зі становища лише в якихось обґрунтованих випадках, причому орієнтуватися слід не на ціну обладнання – прийняти що дешевше, а на технічні та технологічні обставини. Орієнтування на низькі ціни може призвести зрештою до збільшення сумарних витрат з урахуванням витрат на обслуговування та ремонт обладнання.

У проєктних рішеннях, згідно з розрахунками, нерідко застосовуються групи насосів будь-яких систем, що працюють паралельно на загальний трубопровід, наприклад два робітники та один резервний, три робочі та один резервний і т. д. У цьому випадку слід уважніше ставитися до включення резервного насоса при відмові будь-якого робітника. Тиск у системі відповідає тиску, що створюється одним насосом. При роботі паралельно кількох насосів збільшено витрати рідини. Тобто при відмові одного із насосів у системі тиск не зміниться. Зменшиться витрата рідини, але в якийсь момент часу цієї витрати виявиться достатньо, а резервний насос, тим не менш, необхідно включити і, головне, відключити швидко за сигналом «аварія» насос, що відмовив.

Для того щоб в системі знизити тиск і за допомогою датчика тиску подати команду на відключення насоса, що відмовив, і на включення резервного, необхідно різко і значно збільшити потребу в рідині, що перекачується, що дуже часто неможливо, та й не потрібно.

Є кілька способів введення в роботу резервного насоса при відмові будь-якого робітника з групи насосів, що паралельно працюють на загальний трубопровід:

– увімкнення резервного насоса для контролю витрат рідини за кожним насосом. Цей спосіб громіздкий, дорогий і далеко не завжди виправданий;

– увімкнення резервного насоса контролю посилення крутного моменту на валу двигуна насоса. Деякі організації, що випускають комплектні насосні установки, використовуються для введення резервного насоса;

– вмикання резервного насоса контролю струму навантаження двигуна.

У будь-яку фазу після пускача встановлюється реле струму, що розмикає контакт якого, налаштований приблизно від 0,4 нОм до 1 нОм. двигуна, що підключається в схемі замість датчика тиску або різниці тисків.

При штатній роботі насоса розмикаючий контакт реле струму розімкнено.

При відмові насоса, результатом якого буде робота двигуна на холостому ході (злетіла крильчатка з вала насоса, зрізалися пальці в сполучній муфті, якщо двигун і насос з'єднуються через муфту), розмикаючий контакт реле струму замкнеться і надійде команда на відключення насоса. Такий спосіб надійний і зручний, оскільки все вирішується у щиті управління. Не потрібно прокладати контрольні кабелі до апаратури, що встановлюється на трубопроводах в обв'язці насосів, і чим більше насосів у подібній групі, тим зручніший такий спосіб.

В даний час випускаються безповоротно-запірні зворотні клапани. Тобто, при відмові насоса такий клапан захоплюється і залишається в такому положенні без нерегульованого пропуску.

При використанні звичайного зворотного клапана він при відмові насоса захлипнеться, оскільки його функція - захистити насос від гідравлічного удару і за рахунок ежекції, що створюється насосами, що залишилися в роботі, тарілка зворотного клапана відійде від сідловини і тиск за насосом, що відмовив, залишиться незмінним. Тобто датчик тиску, якщо його буде встановлено на напірному трубопроводі після насоса, не встигне відреагувати на скидання тиску в момент заблокування зворотного клапана. Тому якщо можна підібрати незворотно-запірний зворотний клапан із відповідним діаметром умовного проходу, то для включення резервного насоса можна використовувати команду від датчика тиску або різниці тиску. Але в проєкті має бути зазначено, що використовується саме безповоротно-запірний зворотний клапан.

При організації роботи насосів слід передбачити можливість взаємного резервування насосів, тобто насоси під час роботи повинні через певний заданий час (добу, двоє тощо) автоматично змінювати свої функції – резервний, або резервні насоси повинні включитися та стати робітниками, а робочі насоси перейти на режим очікування як резервні. Це необхідно для рівномірного зношування насосів. Порядок увімкнення резервного насоса при відмові робітника зберігається у будь-якому випадку, навіть якщо резервний насос щойно був робочим.

Слід мати на увазі, що розробка систем теплового пункту повинна виконуватися на реальне навантаження, що вводиться в експлуатацію. Це стосується будь-яких систем, не лише теплового пункту. Тобто якщо розробляється центральний тепловий пункт і при цьому передбачається ввести в експлуатацію найближчим часом лише частину теплового навантаження, то системи центрального теплового пункту повинні розроблятися саме для цієї частини теплового навантаження. Для гаданого теплового навантаження, яке буде вводиться в експлуатацію значно пізніше, буде потрібно свій розрахунок і своє місце для обладнання в приміщенні центрального теплового пункту. Це дуже важливо.

Мало того, що автоматичного регулювання заданих регульованих параметрів просто не буде через невідповідність реального теплового навантаження можливостям обладнання, а й збільшиться ймовірність аварійних ситуацій. Якщо передбачається значний часовий інтервал між введенням в експлуатацію різних теплових навантажень, то краще передбачати індивідуальні теплові пункти в будівлях і спорудах, що будуються і вводяться в експлуатацію.

Нещодавно існували центральні теплові пункти для групи будівель та споруд. У кожному з цих будівель та споруд розміщувалися вузли теплового введення та розподілу теплоносія по споживачах цих будівель та споруд, які називалися індивідуальними тепловими пунктами.

Нині дещо змінилося. Центральні теплові пункти як були, так і залишилися центральними, а статус індивідуальних теплових пунктів дещо змінився. З'явилися індивідуальні теплові пункти, які за своєю технічною та технологічною суттю нічим не відрізняються від центральних теплових пунктів, але працюють, як правило, на одну будівлю. "Як правило" - це тому, що можуть бути винятки. Теплові вузли розподілу теплоносія та гарячої води в системі гарячого водопостачання залишилися, і їх призначення та значення не змінилися, але називатися вони все ж таки повинні тепловими вузлами, а не індивідуальними тепловими пунктами.

Отже, спробуємо сформулювати визначення та призначення теплових пунктів.

Центральний тепловий пункт – блок пристроїв, розміщених в окремій будівлі або в інших будівлях і спорудах, що допускають розміщення в них подібних пристроїв, приєднаних до теплової мережі та призначених для підготовки теплоносія, що подається споживачам, з відповідними параметрами та для підготовки гарячої води для системи гарячого водопостачання.

Центральний тепловий пункт є генеральним юридично оформленим комерційним абонентом теплових мереж, від обладнання якого теплоносії та гаряча вода надходять до теплових вузлів споживачів зі своїми комерційними вузлами обліку споживання теплової енергії та теплоносія, юридично оформленими як самостійні абоненти теплових мереж.

Індивідуальний тепловий пункт за своїм технічним призначенням не відрізняється від центрального теплового пункту, його обладнання також приєднане до теплової мережі, але є індивідуальним комерційним юридично оформленим абонентом теплової мережі. До ІТП можуть бути приєднані споживачі без комерційного обліку витрати теплової енергії та теплоносія, у тому числі в інших будівлях та спорудах, або з вузлом обліку для технологічних потреб, які не є абонентами теплових мереж.

Індивідуальний тепловий пункт набуває статусу центрального у випадку, якщо будь-який із приєднаних до нього споживачів стає самостійним абонентом теплових мереж.

У тепловому вузлі будь-якої будівлі та споруди виконується лише розподіл теплоносія та гарячої води та забезпечується облік теплової енергії, якщо тепловий вузол приєднаний до центрального теплового пункту.

2.4 Система гарячого водопостачання

Є одна дуже цікава проблема у підтримці заданої температури гарячої води. При використанні кожухотрубних теплообмінників цієї проблеми не було навіть у разі застосування регуляторів температури прямої дії. Точність підтримки температури гарячої води була невелика, але тільки.

Однак кожухотрубні теплообмінники досить громіздкі і вимагають багато місця, у той час як пластинчасті теплообмінники, які зараз широко застосовуються, при тій же поверхні тепловіддачі, як у кожухотрубного теплообмінника, займають набагато менше місця.

І ось у цьому випадку проблема полягає у наступному. Якщо гаряча вода відбирається споживачами з пластинчастого теплообмінника безперервно досить тривалий час, проблеми у підтримці заданої температури гарячої води немає. Але якщо, наприклад, вдень у якомусь житловому будинку розбір гарячої води значно зменшився і відбувається стрибкоподібно, то підтримка температури гарячої води із заданою точністю дуже проблематична. Занадто мала ємність пластинчастого теплообмінника при великій поверхні тепловіддачі.

Було проведено експеримент. У двох теплообмінників, розрахованих на продуктивність три літри води в секунду, кожухотрубного та пластинчастого – за однакових експлуатаційних умов злили по три літри гарячої води, тобто завдали стрибкоподібного обурення. У цьому температура гарячої води після кожухотрубного теплообмінника знизилася на $0,07\text{ }^{\circ}\text{C}$ досить швидко

відновилася. У пластинчастого теплообмінника температура води після теплообмінника знизилася майже на 6°C і відновлювалася значно довше.

Таким чином, виходить, що для того, щоб температура гарячої води, що підігрівається в кожухотрубному теплообміннику продуктивністю 3 л / с , відхилилася хоча б на 1°C , необхідно злити одноразово $42,8\text{ л}$ води, а у пластинчастого теплообмінника це виходить близько $0,5\text{ л}$ води.

Розміщення компенсаційної ємності схематично відображено на рис. 2.4.

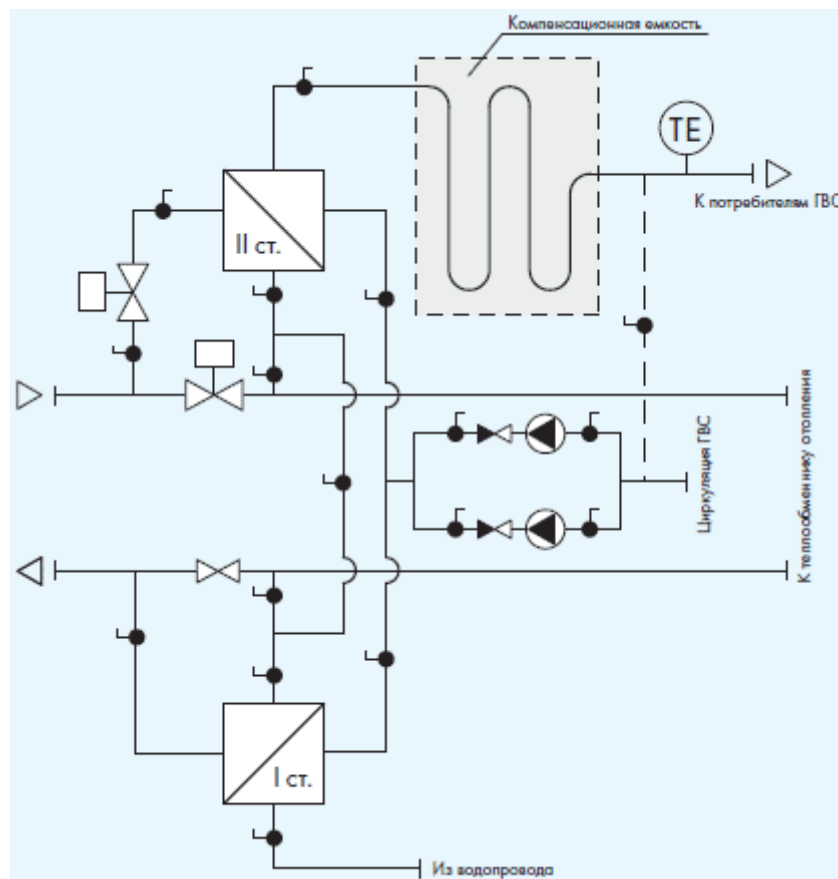


Рисунок 2.4 – Схема розміщення компенсаційної ємності [15]

Для того, щоб стабілізувати підтримання заданої температури гарячої води, в деяких випадках використовуються баки-акумулятори, про які йдеться у «Правилах проектування теплових пунктів». Але, як правило, баки-акумулятори використовуються там, де потрібний підвищений комфорт,

наприклад, у фешенебельних готелях. Забувається, що підтримка заданої температури з певною точністю потребує витрат енергії і чим точніше вдається підтримувати заданий параметр, тим менше потрібно енерговитрат.

Висновок наступний: якщо немає необхідності в баках-акумуляторах, то після другого ступеня теплообмінника на трубопроводі, що подає до споживача, можна розмістити компенсаційну ємність.

Компенсаційна ємність може бути будь-якої форми, наприклад, зварена з труб, але вона має бути обов'язково теплоізольована. Розмістити її можна в будь-якому місці, щоб не захаращувати приміщення, або під фальшпідлогою, або десь біля стіни.

Для підтримки заданої різниці тисків на вузлі введення в тепловому пункті або підтримки різниці тисків на лінії подачі теплоносія до калориферів припливних вентиляційних систем цілком прийнятно використовувати регулятори прямої дії відповідно до обумовлених вище умов.

Для інших вузлів регулювання регулятори прямої дії практично неприйнятні.

По-перше, практично всі регулятори прямої дії забезпечують роботу за двопозиційним або за П-законом регулювання.

По-друге, регулятори з П-законом регулювання досить «капризні» та вимагають до себе підвищеної уваги.

По-третє, регулятори прямої дії просто досить громіздкі, а регулятори високої якості досить дорогі.

Існують регулятори прямої дії та складніших законів. До цих регуляторів все вищесказане відноситься в подвоєному, а то й потроєному ступені. Тому використовувати регулятори прямої дії слід тільки в тих випадках, коли інші регулятори використовувати не можна, наприклад, у вибухонебезпечних приміщеннях.

В даний час існує достатньо електронних регуляторів для підтримки параметрів теплоносія в теплових пунктах та різного типу контролерів, які можна використовувати для цієї мети [5].

2.5 Висновки до 2 розділу

У даному розділі приведені способи та переваги застосування IoT технологій, як спосіб автоматизації систем управління тепловими пунктами, та пропозиції щодо подальшої інтеграції цієї технології.

3 РЕАЛІЗАЦІЯ РОЗРОБКИ ПРОЄКТУ

3.1 Вибір способу розроблення проєкту

План реалізації складатиметься з кількох етапів:

- аналіз термінів та принципів роботи теплових пунктів;
- аналіз поняття та принципу роботи технології IoT;
- створення та зв'язування ідеї автоматизації та технології IoT;
- створення схеми взаємодії;
- створення програмного забезпечення.

Проєкт складається з:

- інструментів для проєктування електронних пристроїв Arduino (апаратна + програмна частини);
- датчика термобарометра;
- модуля GSM.

3.2 Що таке Arduino та навіщо він потрібний

Arduino – це інструмент для проєктування електронних пристроїв (електронний конструктор), що більш щільно взаємодіють з навколишнім фізичним середовищем, ніж стандартні персональні комп'ютери, які фактично не виходять за рамки віртуальності. Це платформа, призначена для «physical computing» з відкритим програмним кодом, побудована на простій друкованій платі із сучасним середовищем для написання програмного забезпечення.

Arduino застосовується для створення електронних пристроїв з можливістю прийому сигналів від різних цифрових та аналогових датчиків, які можуть бути підключені до нього та управління різними виконавчими пристроями. Проєкти пристроїв, що базуються на Arduino, можуть працювати самостійно або взаємодіяти з програмним забезпеченням на комп'ютері (напр.:

Flash, Processing, MaxMSP). Плати можуть бути зібрані користувачем самостійно або куплені у зборі. Середовище розробки програм з відкритим текстом доступне для безкоштовного скачування.

Мова програмування Arduino є реалізацією Wiring, подібної платформи для «physical computing», заснованої на мультимедійному середовищі програмування Processing.

Існує безліч мікроконтролерів та платформ для здійснення «physical computing». Parallax Basic Stamp, Netmedia's BX-24, Phidgets, MIT's Handyboard та багато інших пропонують схожу функціональність. Всі ці пристрої об'єднують розрізнену інформацію про програмування та укладають її у просте у використанні збирання. Arduino, у свою чергу, також спрощує процес роботи з мікроконтролерами, однак має ряд переваг перед іншими пристроями для викладачів, студентів та аматорів:

Низька вартість плати Arduino відносно дешеві, порівняно з іншими платформами. Найдешевша версія модуля Arduino може бути зібрана вручну, а деякі навіть готові модулі коштують менше 50 доларів.

Крос-платформність – програмне забезпечення Arduino працює під ОС Windows, Macintosh OSX та Linux. Більшість мікроконтролерів обмежується ОС Windows.

Просте та зрозуміле середовище програмування – середовище Arduino підходить як для користувачів-початківців, так і для досвідчених. Arduino заснована на середовищі програмування Processing, що дуже зручно для викладачів, тому що студенти, що працюють з даним середовищем, будуть знайомі і з Arduino.

Програмне забезпечення з можливістю розширення та відкритим вихідним текстом – програмне забезпечення Arduino випускається як інструмент, який може бути доповнений досвідченими користувачами. Мова може бути доповнена бібліотеками C++. Користувачі, які бажають зрозуміти технічні нюанси, мають можливість перейти на мову AVR C, на якій заснований C++. Відповідно, можна додати код з середовища AVR-C в програму Arduino.

Апаратні засоби з можливістю розширення та відкритими принциповими схемами – мікроконтролери ATMEGA8 та ATMEGA168 є основою Arduino. Схеми модулів випускаються з ліцензією Creative Commons, а значить, досвідчені інженери мають можливість створення власних версій модулів, розширюючи та доповнюючи їх. Навіть звичайні користувачі можуть розробити дослідні зразки з метою заощадження коштів та розуміння роботи [13].

На рис. 3.1 зображено стартовий набір розробки на Arduino.

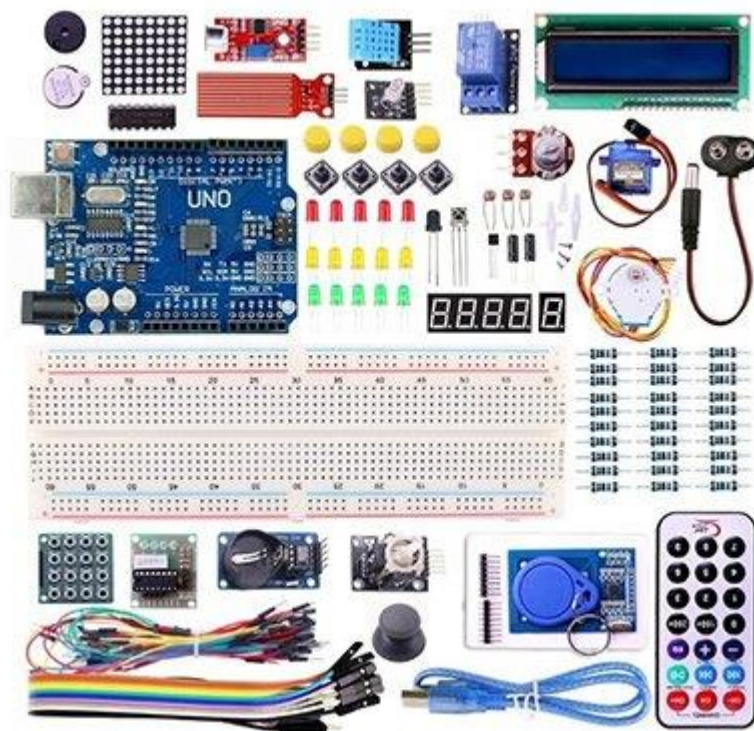


Рисунок 3.1 – Стартовий набір розробки на Arduino

3.3 Датчик термобарометр

Термобарометр – датчик, що складається з схрещування термометра та барометра.

Чутливий термометр для вимірювання температури води, для збору показників незначних змін температури кипіння в залежності від тиску повітря.

Барометр – це пристрій вимірювання атмосферного тиску. З його допомогою можна передбачити погоду. Прилад може знімати дані атмосферного тиску, перебуваючи у приміщенні або на відкритій місцевості. Також такі пристрої використовуються в авіації для визначення висоти польоту над рівнем моря.

Барометри поділяють на кілька різновидів, залежно від технології роботи пристрою:

– ртутні.

Ртутний барометр був винайдений найпершим. Його творцем є італійський фізик Еванджелісто Торрічеллі, який у 1644 році розмістив у тарілці з ртуттю вертикально встановлену пробірку zalивною горловиною вниз. Їм було помічено, що рівень ртуті у колбі змінювався залежно від погодних умов. Вчений зіставив дані та дійшов висновку, що на цей показник впливає тиск повітря. Застосовувана ним конструкція була дуже точною, але була незручною. Крім цього, ртуть шкідлива для здоров'я, тому її застосування в такій великій кількості, для заповнення тарілки, і перебування на відкритому повітрі є небезпечним. Ртутні барометри відрізняються підвищеною точністю, тому їх досконаліші модифікації зустрічаються досі. Їх застосовують на метеорологічних станціях для проведення контролю за погодою;

– рідинні.

Рідинні барометри на даний момент практично не зустрічаються. Вони відрізняються великою похибкою, тому судити про погоду, ґрунтуючись на їхніх даних, досить складно. У таких приладах вимірювання проводиться за рахунок зрівнювання стовпа рідини. Проблема таких приладів у тому, що речовини, що заправляються, ведуть себе по-різному при зміні температури, що супроводжується високими похибками. Одним із найвідоміших модифікацій рідинних барометрів є гліцеринові моделі. Вони застосовується пофарбований гліцерин, що дає привабливий декоративний ефект;

– механічні.

Механічні барометри найпопулярніші. Вони набагато компактніші, ніж перші дві категорії. Крім того, механічні прилади відрізняються цілком достатньою точністю. Подібні пристрої складні у виготовленні та на відміну від ртутних є повністю безпечними. Зовнішній корпус такого обладнання нагадує класичний круглий годинник, але бувають і прямокутні настільні моделі. У середині корпусу знаходиться пустотіла ємність, виготовлена з двох бляшаних мембран. У ємності створено вакуум, а її стінки надійно запаєні. Завдяки відсутності повітря, мембрани гостро реагують зміну рівня атмосферного тиску. При його збільшенні вони стискаються, а при зменшенні навпаки роздмухуються.

На рис. 3.4 зображено механічний барометр.

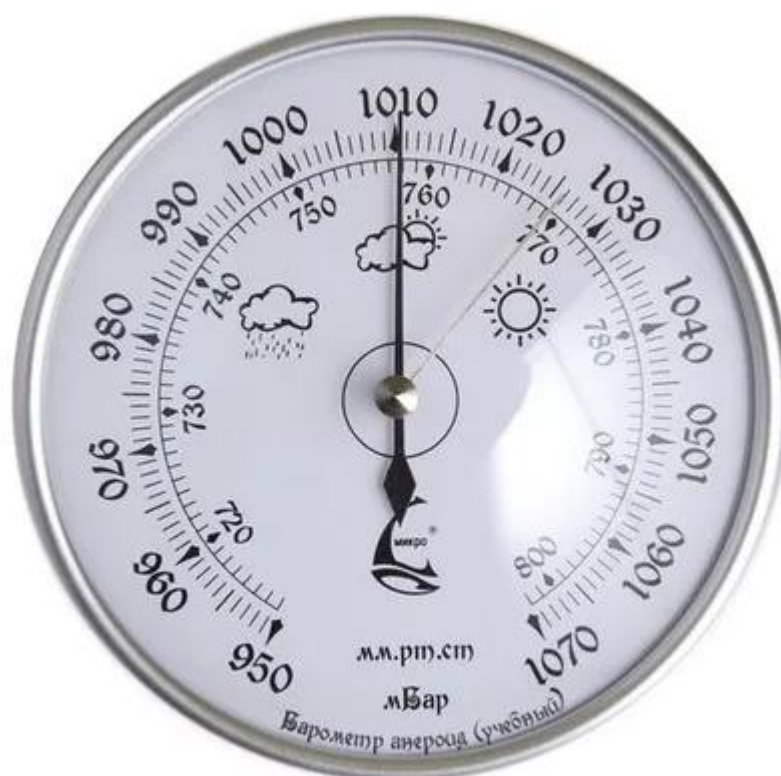


Рисунок 3.4 – Механічний барометр

– електронні.

Електронні барометри – це високоточні та компактні прилади. В основі їх також використовується вакуумна коробка, але зняття показань забезпечується завдяки чутливим датчикам. Також у цій конструкції передбачається мікропроцесорний блок. Покази виводяться на рідкокристалічний дисплей. Одна з особливостей таких приладів полягає в тому, що вони доволі часто комбінують у собі кілька пристроїв одночасно. Вони можуть працювати не лише як барометр, а й як термометр, компас та годинник. Найчастіше електронні пристрої роблять у вологозахищеному корпусі, тому їх купують рибалки та туристи. Вони чутливі до його різких перепадів. Завдяки барометру можна визначити, чи буде клювання чи риболовлю краще перенести. Якщо тиск різко падає, то риба неохоче бере наживку.

На рис. 3.5 зображено електронний барометр.



Рисунок 3.5 – Електронний барометр

У разі складності в знаходженні та/або придбанні цифрового термобарометра можна обійтися окремо електронним барометром та електронним термометром.

3.4 GSM-модуль

GSM-модуль – це пристрій, що працює як мобільний телефон або модем, який використовується для зв'язку будь-якого пристрою по мережі. GSM-модулю для роботи потрібна SIM-карта і він працює в діапазоні мережі, яку підтримує сам і мобільний оператор.

Залежно від виробника та призначення, передача команд управління на GSM-модуль може виконуватись такими способами:

- телефонний дзвінок.

Прийнявши дзвінок та отримавши номер абонента, система зіставляє його з номерами із внутрішнього списку. При збігу з одним із номерів вона передає сигнал на блок керування приводом. Дзвінок у своїй скидається. У недоліків цього способу управління можна віднести те, що в пам'ять пристрою можна записати обмежену кількість номерів користувачів, як правило, кілька сотень, що для багатьох цілей може бути недостатньо.

Також недоліком буде те, що телефонний виклик може бути асоційований тільки з однією командою, наприклад відкрити шлагбаум;

- SMS.

Технологія прийому та передачі коротких текстових повідомлень за допомогою мобільного телефону за своїми можливостями, плюсами та мінусами відповідає можливостям телефонного дзвінка.

За одним але важливим винятком текст повідомлення може і часто має значення, залежно від тексту, SMS пристрій може виконувати ті чи інші команди. Часто використовується для адміністрування пристроїв, наприклад, для додавання нових користувачів або видалення старих;

- мобільний додаток.

Один з найзручніших способів керування за допомогою мобільного додатка.

Зручний графічний інтерфейс дозволяє керувати пристроєм з планшета або смартфона з доступом до інтернету з будь-якої точки світу.

На рис. 3.6 зображено GSM – модуль.



Рисунок 3.6 – GSM-модуль

За основу проекту, взято GSM/GPRS модуль NEOWAY M590E представлений на рис. 3.7.



Рисунок 3.7 – GSM/GPRS-модуль NEOWAY M590E

За основу взято саме цей датчик завдяки наступним показникам:

- примітивне приєднання на плату Arduino;
- низька ціна;
- підтримка мереж 900M-1800M, GSM діапазону .

Головний недолік для нашого проєкту, полягає в енерговитратності цього модуля, що становить 128 мА. Але така проблема поширена для GSM-модулів.

3.5 Розробка структури автоматизованого датчику

За основу береться електронний термобарометр або електронні термометр та барометр.

До датчика, приєднується плата Arduino з програмним забезпеченням, яке зчитує показники датчика.

На рис 3.8 зображена схема підключення до Arduino.

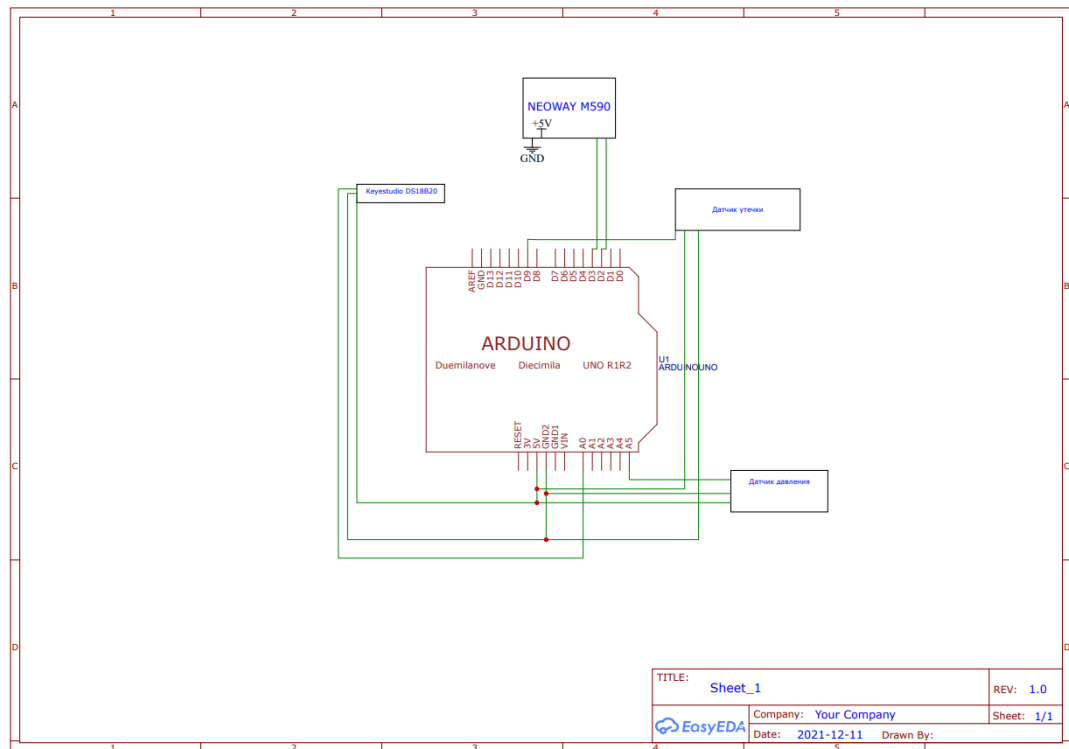


Рисунок 3.8 – Схема підключення до плати Arduino

Також до плати приєднується GSM-модуль, який керуватиметься платою.

Плата, що зчитує показники датчиків, і в залежності від зібраних значень продовжує збирати дані у певному діапазоні часу або (залежно від умов, прописаних в алгоритмі програмного забезпечення) збирає інформацію та надсилає їх диспетчеру завдяки GSM-модулю у формі СМС, на певний номер.

Диспетчер, має на робочому місці, плату Arduino, підключену до ПК іншою прошивкою, яка приймає SMS, зчитує їх, формує файл, через ПЗ на ПК сповіщає про помилку.

3.6 Принцип реалізації автоматизованого датчика

На рис. 3.9 зображена схема роботи теплового пункту.

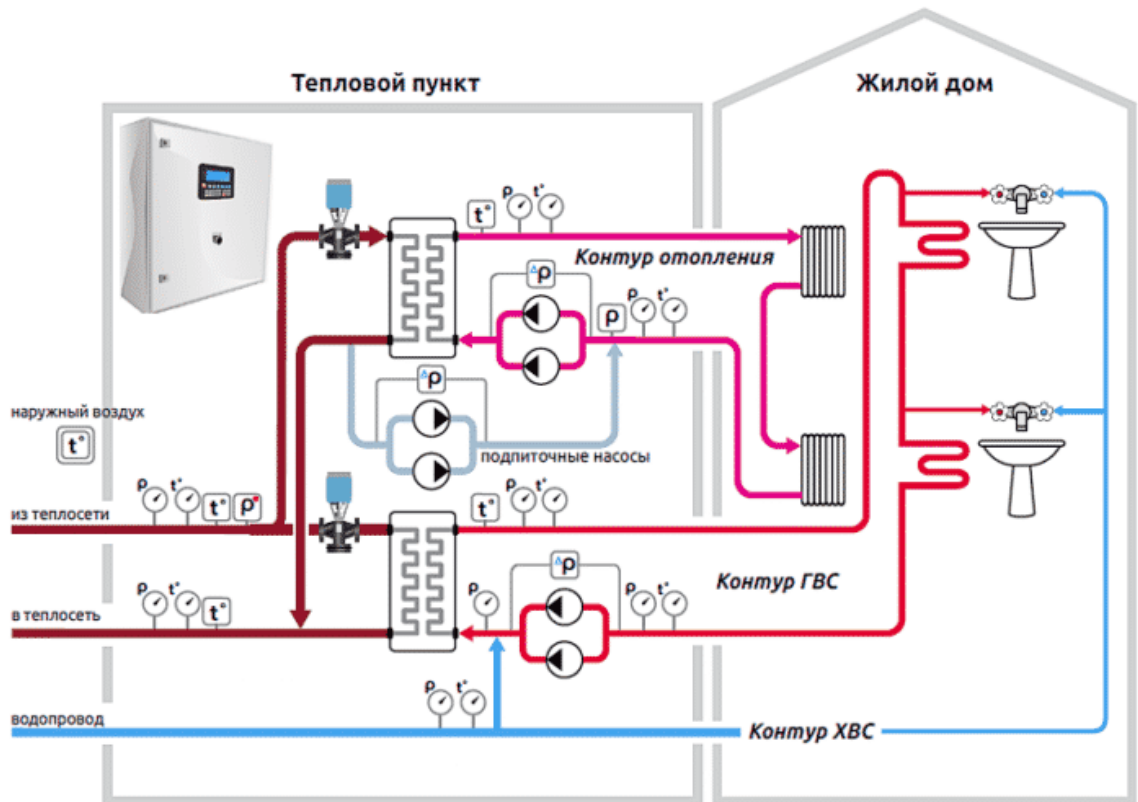


Рисунок 3.9 – Схема праці теплового пункту [15]

Наслідуючи малюнок, ми робимо висновок, що в рамках наданого нами рішення автоматизації нас цікавить тільки система центрального гарячого водопостачання, які приєднуються до закритих систем тепlopостачання..

Ця інформація нам необхідна для визначення мінімального значення температури, яка надходить до теплового пункту через тепломагістралі.

Згідно з [3], температура всередині мережі тепломагістралі має бути не нижчою за 50 °С, і тиск має бути не нижчим за 0,45 МПа.

Це ключові значення, на основі яких створюватиметься програмне забезпечення.

Датчики, що стоять всередині тепломагістралі, будуть зчитувати показники внутрішнього тиску та температури. Як тільки значення одного з показників падає нижче за прописані норми, формується текст і відправляється на певний номер за допомогою GSM/GPRS-модуля - NEOWAY M590E. Він формує рядок даних у яких вказано ID пристрою та показники лічильника.

На етапі формування програмного забезпечення, з'явилося 2 концепції реалізації вище задуманого.

Перша реалізація.

Після того, як GSM-модуль відправив дані на номер, встановлена друга Arduino плата, яка складається з GSM-модуля, який у свою чергу виступає сервером, для всіх інших датчиків-клієнтів, що є тим самим номером.

Через USB порт плата приєднана до ПК і записує всі дані, що входять в певну директорію з певною назвою файлу, після чого, з пам'яті сервера вона видалається, а оператор, що отримав сигнал «тривоги», викликає працівників на усунення неполадки.

Також можна обійтися без другої реалізації програмного коду для зчитування даних на платі сервері, а скористатися готовими програмними забезпеченнями, такими як: SMS Sender, SMS Business, iSendSMS, iSendSMS та ін.

Такі програми вже давно використовуються в call-центрах різних операторів, таких як: Київстар, Vodafone, Life.

Друга реалізація.

Після того, як GSM-модуль відправив дані на номер, який, як і вище, є GSM – модулем, підключеним через Arduino до ПК, написане програмне рішення зчитує цей файл. Після його зчитування, ПЗ розносить отримані дані з одного рядка, в різні осередки пам'яті, які у свою чергу в режимі реального часу, оновлюють існуючу базу даних, і дозволяють зчитувати ці дані дозволеним інтернет-портам, які можуть бути реалізовані через будь-які методи та протоколи Інтернет .

3.7 Висновки до 3 розділу

У даному розділі було розглянуто та обрано необхідні компоненти для реалізації задуманого проєкту по автоматизації роботи системи теплових пунктів. Також було описано принцип реалізації, запропонованого для вирішення поставленої задачі, автоматизованого датчику.

4 ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТА ЕКСПЕРИМЕНТ

4.1 Java як мова програмування

Java є мовою програмування та платформою обчислень, яка була вперше випущена Sun Microsystems в 1995 р. Існує безліч додатків і веб-сайтів, які не працюють при відсутності встановленої Java, і з кожним днем число таких веб-сайтів і додатків збільшується. Java відрізняється швидкістю, високим рівнем захисту та надійністю. Від портативних комп'ютерів до центрів даних, від ігрових консолей до комп'ютерів, які використовуються для наукових розробок, від стільникових телефонів до мережі Інтернет – Java всюди!

Java – це мова програмування загального призначення, який слід парадигмі об'єктно-орієнтованого програмування і підходу «Написати один раз і використовувати скрізь». Java використовується для настільних, мережевих, мобільних і корпоративних додатків.

Java – це не тільки мова програмування, а й екосистема інструментів, що охоплює майже всі, що може знадобитися при програмуванні на Java. До неї входять:

- Java Development Kit (JDK) – комплект розробника Java. За допомогою JDK і стандартного блокнота можна писати і запускати / компілювати код на Java;

- Java Runtime Environment (JRE) – виконуюча система Java. Механізм розповсюдження програмного забезпечення, складається з автономної віртуальної машини Java, стандартної бібліотеки Java (Java Class Library) і інструментів настройки;

- Integrated Development Environment (IDE) – інтегроване середовище розробки. Інструменти, які допомагають запускати, редагувати і компілювати код.

Java включає в себе об'єктно-орієнтоване програмування (ООР) – концепцію, в якій ви не тільки визначаєте тип даних і його структуру, а й набір функцій, що застосовуються до нього. Таким чином, структура даних стає об'єктом, яким можна управляти для створення відносин між різними об'єктами.

При іншому підході – процедурному програмуванні – потрібно слідувати чітким інструкціям, використовувати змінні та функції. При ООП можна групувати ці змінні і функції за допомогою контексту, маркувати їх і посилатися на функції в контексті кожного конкретного об'єкта.

Java – це мова високого рівня, тобто він схожий на людську мову. На відміну від мов низького рівня, які нагадують машинний код. Мови високого рівня перетворюється за допомогою компіляторів або інтерпретаторів. Це спрощує розробку, роблячи мову більш легким для написання, читання і обслуговування.

Синтаксис Java заснований на C ++, тому Java схожа на C. Проте, синтаксис Java простіше, що дозволяє новачкам швидше вчитися та ефективніше використовувати код для досягнення конкретних результатів.

Java не так доброзичливий до новачків, як Python, проте досить простий для будь-якого розробника з базовим розумінням фреймворків, пакетів, класів і об'єктів. Він простий, типізований і передбачуваний, що дозволяє вчитися мислити в правильному напрямку.

Основні переваги Java:

– гнучкість.

Java довела, що C – процедурний, керований вручну і залежить від платформи код – це не межа досконалості. Завдяки Java, все більше людей почали застосовувати об'єктно-орієнтоване програмування, яке зараз використовується повсюдно;

– аплети.

Ще до появи JavaScript, в Java додали аплети – невеликі веб-програми, які надають інтерактивні елементи для візуалізації та навчання. Вони не

використовуються ні для чого, крім простої анімації, однак аплети привернули увагу багатьох програмістів і підштовхнули їх до розробки HTML5, Flash і JavaScript;

– розробка через тестування.

Java TDD – вже давно не експериментальна практика, а стандартний спосіб розробки програмного забезпечення. Введення JUnit 2000 року вважається одним з найбільших досягнень Java;

– безпека.

Існує думка, що Java – безпечна мова, проте це не зовсім так. Сама мова не захищає вас від вразливостей, але деякі його функції усувають поширені уразливості. По-перше, на відміну від C, в Java немає покажчиків. Покажчик – це об'єкт, який зберігає адресу осередки пам'яті іншого значення, що може викликати несанкціонований доступ до пам'яті. По-друге, в Java є Security Manager, створена для кожної програми політика безпеки, в якій можна вказати правила доступу;

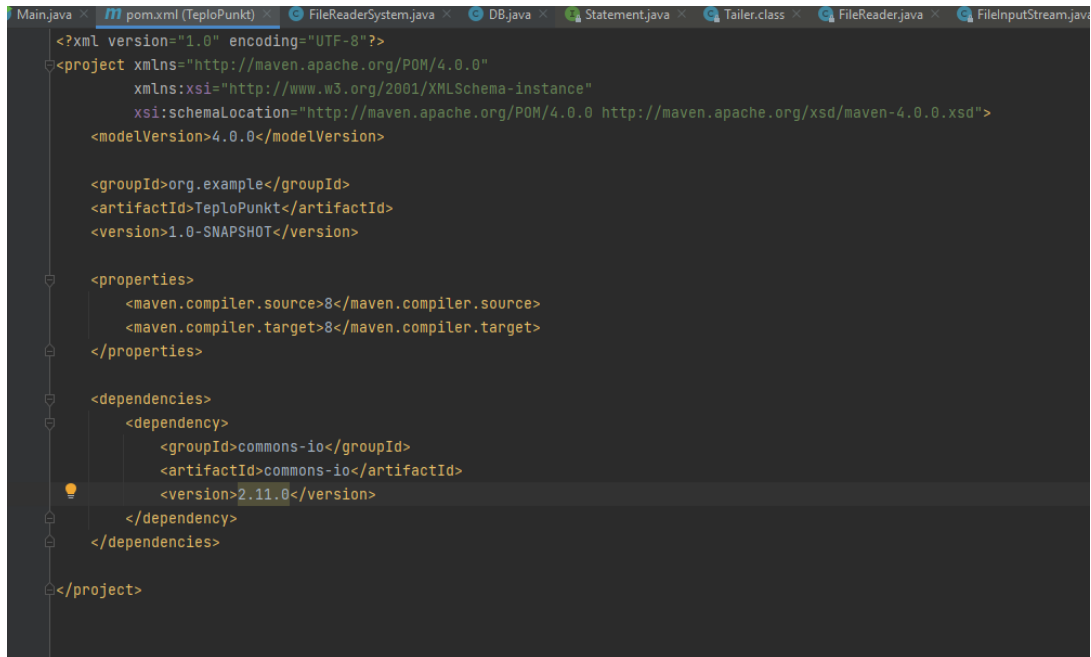
– незалежність від платформи.

«Написати один раз і використовувати скрізь» (WORA) – популярна в IT-сфері фраза, за допомогою якої Sun Microsystems описує крос-платформні можливості Java.

4.2 Maven як збирач проекту

Maven – інструмент для автоматизації збирання проектів. З ним працюють в основному Java-розробники, хоча є плагіни для інтеграції з C / C++, Ruby, Scala, PHP і іншими мовами.

Головна перевага зовнішніх складальників для проектів – гнучке управління залежностями. Maven вміє довантажувати в свій локальний репозиторій сторонні бібліотеки, вибирати необхідну версію пакету, обробляти транзитивні залежності. Приклад підключення зовнішніх бібліотек в файлі .pom зображений на рис. 4.1 [2].



```

Main.java pom.xml (TeploPunkt) FileReaderSystem.java DB.java Statement.java Tailer.class FileReader.java FileInputStream.java
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<project xmlns="http://maven.apache.org/POM/4.0.0"
  xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
  xsi:schemaLocation="http://maven.apache.org/POM/4.0.0 http://maven.apache.org/xsd/maven-4.0.0.xsd">
  <modelVersion>4.0.0</modelVersion>

  <groupId>org.example</groupId>
  <artifactId>TeploPunkt</artifactId>
  <version>1.0-SNAPSHOT</version>

  <properties>
    <maven.compiler.source>8</maven.compiler.source>
    <maven.compiler.target>8</maven.compiler.target>
  </properties>

  <dependencies>
    <dependency>
      <groupId>commons-io</groupId>
      <artifactId>commons-io</artifactId>
      <version>2.11.0</version>
    </dependency>
  </dependencies>
</project>

```

Рисунок 4.1 – Підключення залежностей в pom файлі

4.3 Створення алгоритму програмного забезпечення

Створимо алгоритм роботи програмного забезпечення (рис. 4.2).

Створений алгоритм програмного забезпечення відтворює послідовну концепцію роботи програмного забезпечення, розробленого для вирішення поставленого завдання.

Датчик зчитує показники у трубі, якщо дані в діапазоні норми, датчик продовжує зчитувати дані надалі. Якщо дані виходять за межі норми, дані записуються та за допомогою GSM-модулю відправляються на «сервер». На «сервері» зчитується отримане повідомлення, записується у файл, цей файл оброблюється за допомогою «сервісу» та дані з цього файлу заносяться до бази даних.

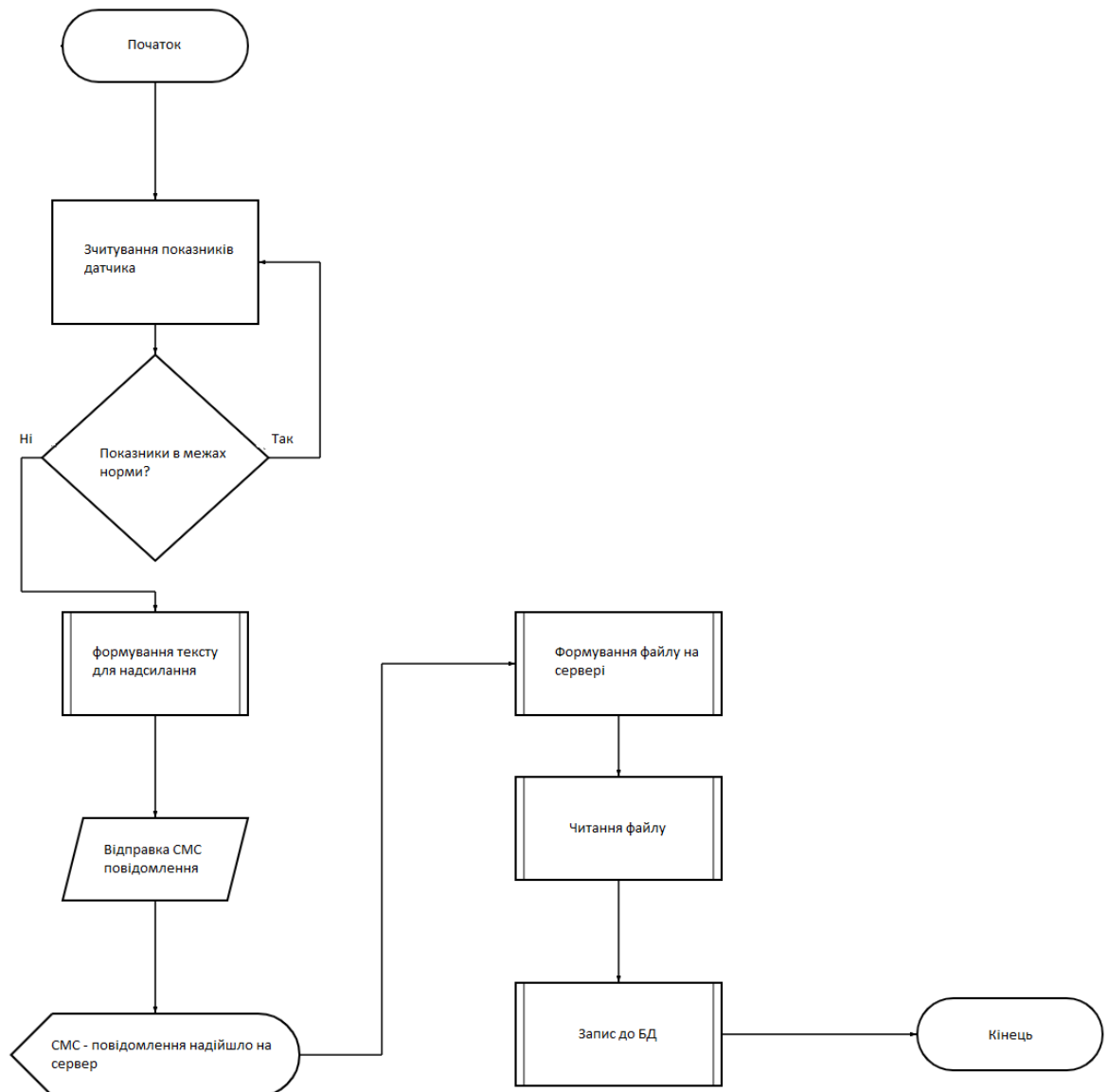


Рисунок 4.2 – Алгоритм роботи програмного забезпечення

На цій блок-схемі, можна побачити основну логіку програми.

4.4 Створення програмного забезпечення «сервісу»

Для створення програмного забезпечення було обрано мову Java.

Спершу підключаємо необхідні додатки за допомогою файла pom.xml, та підключити їх з сайту mvnrepository.com. Цей сайт являється базою даних всіх існуючих бібліотек, які підтримуються Maven збирачем.

Після підключення необхідних залежностей, створюється файл Main.class, який являє собою точку входу до нашої програми (рис 4.3).

```
1 import java.io.FileNotFoundException;
2 import java.sql.SQLException;
3
4 public class Main {
5
6     private static DB dataBase;
7     private static FileReaderSystem fileReaderSystem;
8
9     public static void main(String[] args) throws FileNotFoundException, SQLException {
10         dataBase.connectionON();
11         dataBase.checkExistDataBase();
12         fileReaderSystem.listener();
13     }
14 }
```

Рисунок 4.3 – Точка входу до програми

На зображенні вище бачимо дві оголошені змінні database (типу DB) та fileReaderSystem (типу FileReaderSystem). Це змінні, які дозволяють нам викликати основні методи відповідних класів, необхідні нам надалі для роботи.

У класі DB, реалізуємо зв'язування Java коду та існуючої (або неіснуючої) бази даних. Перші методи в цьому класі, є «підняття» або закриття з'єднання з базою, зображено на рис 4.4.

За допомогою стандартної бібліотеки Java – java.sql, реалізуємо шлях до сервера, чим виступає наш локальний IP, який прописується у форматі «localhost», щоб не було раптового падіння бази, через різні системних конфігурацій дати та часу, вказуємо часовий пояс.

Також вказуємо користувача та пароля, під чий ім'ям «заходимо» в базу, для подальшої роботи з нею.

У класі Main – це перший метод, який викликається для встановлення з'єднання з базою.

Після того, як з'єднання встановлене, виносимо його в глобальну змінну connect, яка буде необхідна як ключ доступу, для подальших змін у базі даних.

```

Connection connect;

public void connectionON() {
    Connection connectivity = null;
    try {
        String url = "jdbc:mysql://localhost/store?serverTimezone=Europe/Kyiv&useSSL=false";
        String username = "root";
        String password = "admin";
        Class.forName("com.mysql.cj.jdbc.Driver").getDeclaredConstructor().newInstance();
        try (Connection conn = DriverManager.getConnection(url, username, password)) {
            System.out.println("Success");
            connectivity = conn;
        }
    } catch (Exception ex) {
        System.out.println(ex + "Failed");
    }
    connect = connectivity;
}

public void connectionOFF(Connection conn) throws SQLException {
    conn.close();
}

```

Рисунок 4.4 – Метод, який реалізовує відкриття/закриття з'єднання до серверу

`dataBase.checkExistDataBase()` – наступний метод, який викликається у класі `Main`. Його синтаксис представлений на рис. 4.5. Він необхідний, для перевірки, чи існує потрібна нам база на сервері, з певною назвою, чи ні.

```

public void checkExistDataBase() throws SQLException {
    Statement statement = connect.createStatement();
    ResultSet rs = statement.executeQuery("SELECT 1 FROM information_schema.tables WHERE table_name=meterReadings");

    if(rs.getString( columnIndex: 1).equals("false")){
        createTable();
    }
}

```

Рисунок 4.5 – Синтаксис метода перевірки існування бази даних

У тілі цього методу завдяки раніше винесеному ключу доступу, створюємо об'єкт класу `Statement`, за допомогою якого здійснюємо будь-які дії з базою. Об'єкт класу `ResultSet`, потрібен як змінний контейнер, який зберігатиме у собі відповідь сервера, запит якому зроблено завдяки методу `executeQuery`, у якому «запитали», наявність нам необхідної бази. Якщо відповідь повертає `true`,

це означає що база існує та метод нічого не виконує. Якщо повертається false, викликаємо метод створення бази, синтаксис якої вказано на рис. 4.6.

```
public void createTable() throws SQLException {
    String createTable = "CREATE TABLE meterReadings (SensorID INT PRIMARY KEY AUTO_INCREMENT, Temperature INT, Pressure INT)";
    Statement statement = connect.createStatement();

    statement.execute(createTable);
}
```

Рисунок 4.6 – Синтаксис створення бази даних

У цьому розділі коду, використовуючи навички спілкування з базою, надсилаємо запит на створення бази.

Після цієї логіки, у класі Main – викликається метод `fileReaderSystem.listener()`, з якого, не явно, починається запуск всього головного виконуючого коду.

На рис. 4.7 зображено синтаксис метода `listener()`.

```
public void listener() throws FileNotFoundException, SQLException {
    TailerListener listener = new FileReaderListener();
    File file = new File( pathname: "C://SomeDir//file.txt");

    Tailer tailer = new Tailer(file, listener, delayMillis: 1000);
    tailer.run();

    try {
        Thread.sleep( millis: 10000); // 10 secs
        if (file.canRead()) {
            writeNewData(read());
            file.delete();
        }
    } catch (InterruptedException ex) {
        Thread.currentThread().interrupt();
    }
}
```

Рисунок 4.7 – Тіло методу `listener()`

Метод `listener` використовує логіку, додаткової бібліотеки методів, яку встановили раніше завдяки збирачеві Maven. Бібліотек `Tailer` – реалізує «прослуховування директорії», яку вказали через об'єкт класу `File`, тільки в нашому випадку стежимо не тільки за директивою, а за появою файлу – `file.txt`.

Метод стежить за необхідною нам папкою, доки програма не буде вимкнена, і повторює перевірку кожні 10 с.

Як тільки виявляється необхідний нам файл, класу `DB`, котрим розширили клас `FileReaderSystem`, викликається метод `writeNewData(read())`. Наслідуючи синтаксису Java, спочатку відпрацює метод `read()`, з класу `FileReaderSystem`, а вже дані, які він у собі буде зберігати, після обробки, передасть у метод `writeNewData`.

Синтаксис методу `read()`, представлений на рис. 4.8, звертається до необхідного файлу, який виявили раніше.

```
public ArrayList<String> read() throws FileNotFoundException {
    FileReader fileReader = new FileReader("C://SomeDir//file.txt");
    String textFromFile = "";

    BufferedReader br = new BufferedReader(fileReader);
    try {
        StringBuilder sb = new StringBuilder();
        String line = br.readLine();

        while (line != null) {
            sb.append(line);
            sb.append(System.lineSeparator());
            line = br.readLine();
        }
        textFromFile = sb.toString();
    } catch (IOException e) {
        e.printStackTrace();
    }

    return collectDataForDB(textFromFile);
}
```

Рисунок 4.8 – Тіло методу `read()`

У цьому методі зчитуємо дані які нам прийшли, формуємо з них рядок певного типу, щоб далі було легше працювати з нею, та переходимо до методу `collectDataForDB()`, який приймає дані типу `String` (рядок), синтаксис якого зображений на рис. 4.9. Окрему увагу варто приділити типу, який повертає метод `read()`, він нічого не приймає, а повертає список даних типу `String`. Усьому цьому є пояснення, що виникає з розбором методу `collectDataForDB`.

```
public ArrayList<String> collectDataForDB(String text) {

    String id = "";
    String temperature = "";
    String pressure = "";

    Scanner scanner = new Scanner(text);
    scanner.useDelimiter(",");
    while (scanner.hasNext()) {
        String qb = "," + scanner.next();
        if (qb.substring(0).equals("N")) {
            id = qb.substring(5);
        } else if (qb.substring(0).equals("P")) {
            pressure = qb.substring(9);
        } else if (qb.substring(0).equals("T")) {
            temperature = qb.substring(13);
        }
    }

    ArrayList<String> arr = new ArrayList<String>();
    arr.add(id);
    arr.add(temperature);
    arr.add(pressure);
    return arr;
}
```

Рисунок 4.9 – Синтаксис методу `collectDataForDB`

З назви цього методу впливає головна його суть, за допомогою рядка, яку він отримав з минулого методу, він поділяє посимвольно в ній значення, і за допомогою умовного оператора та циклу, що формує значення в комірці

даних, які описані на початку методу. Після цього ці дані заносить у строгому порядку до списку, та повертає їх у цьому вигляді, через що і метод read, так само повертає такий тип даних.

Після виходу з методу read з даними, заходимо в метод writeNewdata, зображений на рис. 4.10.

```
public void writeNewData(ArrayList<String> data) throws SQLException {
    Statement statement = connect.createStatement();
    ResultSet rs = statement.executeQuery( sql: "SELECT * FROM meterReadings WHERE SensorID=" + data.get(0));

    if ((rs.getString( columnIndex: 1)).equals("")) {
        insertData(data);
    } else {
        updateData(data);
    }
}
}
```

Рисунок 4.10 – Синтаксис методу writeNewdata

На початку методу за допомогою даних, які заносимо, за ID, знаходимо, чи існує запис у базі за таким ID. Якщо ні, за допомогою методу insertData(), «протягуємо» дані показників лічильників далі, і створюємо новий запис по датчику, якщо вже існує, оновлюємо базу за допомогою умовного оператора і методу updateData().

На рис. 4.11 приведено синтаксис методів insertData та updateData

```
public void insertData(ArrayList<String> data) throws SQLException {
    String insert = "INSERT meterReadings(Temperature,Pressure) VALUES (" + data.get(1) + ", " + data.get(2) + ") WHERE SensorID = " + data.get(0) + " ";
    Statement statement = connect.createStatement();

    statement.execute(insert);
}

public void updateData(ArrayList<String> data) throws SQLException {
    String update = "UPDATE meterReadings(Temperature,Pressure) VALUES (" + data.get(1) + ", " + data.get(2) + ") WHERE SensorID = " + data.get(0) + " ";
    Statement statement = connect.createStatement();

    statement.execute(update);
}
```

Рисунок 4.11 – Синтаксис методів оновлення та запису даних до бази

порівнювати їх із встановленими значеннями, як тільки значення нижче за межу, відправляти повідомлення на певний номер. Оскільки GSM-модуль має слот для SIM-карти, туди вставляє карта, будь-якого оператора. Номер картки, яка зберігатиметься в модулі, встановленого на «прийомі», вказується в датчиках «клієнтах», куди вони надсилають SMS-повідомлення з показниками датчика.

Датчик «сервер», вказаний на рис. 4.13, має якісь відмінності в програмній прошивці, через його специфіку роботи.

```

#include <SoftwareSerial.h>

// Создаем программный объект для связи его коммуникации с GSM-модулем
SoftwareSerial mySerial(3, 2); //Конектим к Tx и Rx

void setup()
{
  //Связываем коммуникации между платой ардуино и Ардуино IDE
  Serial.begin(9600);

  //Связываем коммуникации между платой Ардуино и GSM-модулем
  mySerial.begin(9600);

  Serial.println("Initializing...");
  delay(1000);

  mySerial.println("AT"); //Проверка соединения, после высылаем сообщение OK, при успешном тестировании
  updateSerial();

  mySerial.println("AT+CMGF=1"); // СКонфигурируем текст мод
  updateSerial();
  mySerial.println("AT+CNMI=1,2,0,0,0"); // Указываем в каком диапазоне будут приниматься СМС-сообщения
  updateSerial();
}

void loop()
{
  updateSerial();
}

void updateSerial()
{
  delay(500);
  while (Serial.available())
  {
    mySerial = new Serial( this, Serial.list()[0], 9600 );
    output = createWriter( COM3 "C:\SomeDir\file.txt"); // Записываем с данные с принятого сообщения в ПК, подключенного через USB через порт COM3
  }
}

```

Рисунок 4.13 – Програма до плати «серверу»

Плата сервер, що зберігає в собі реалізацію прийому SMS-повідомлення, та його запис у певну директорію, яку слухаємо нашим «сервісом», використовуючи порт COM3, який «зайнятий» USB – з'єднанням з ПК.

4.5 Результати експерименту

В дослідницьких цілях, було проведено дві екскурсії, для формування поняття роботи теплових пунктів та подальшої розробки пристрою. На

підприємстві «Меркурій ПЛЮС 2007», було проведено експеримент, з застосуванням описаного вище програмного забезпечення. В рамках умов експерименту, було симульована робота датчиків та надсилання SMS повідомлень з показниками датчиків за допомогою програмного забезпечення Postman API. Симульований файл, був успішно прийнятий експериментальним ПК, оброблен, та дані були записані в локальну базу даних. На основі виконаного процесу, експеримент вважається успішно пройденим.

4.6 Висновки до 4 розділу

У даному розділі було розроблено:

- автоматизований датчик «клієнт»;
- автоматизований датчик «сервер»;
- програмне забезпечення для реалізації передачі зафіксованих показників з датчика «сервера» до внутрішньої баз даних («сервіс»);
- база даних.

Описано та обрано мову програмування та середовища розробки, допоміжних інструментів для реалізації «сервісу», створено алгоритм програмного забезпечення.

ВИСНОВКИ

За результатами виконання кваліфікаційної роботи вирішено наступні завдання:

- визначено актуальність питання автоматизації за допомогою технології IoT;

- виконано аналіз існуючих методів автоматизації теплових пунктів;

- на основі проаналізованих матеріалів, запропоноване особисте рішення;

- розроблено пристрій та програмне забезпечення до нього;

- запропоновані подальші методи покращення цієї роботи .

У результаті проведеної роботи, було проведено успішне опробування роботи запропонованого методу автоматизації, та запропоновані подальші рекомендації:

- знайти максимально економічне рішення для виготовлення запропонованого пристрою;

- у разі необхідності, забезпечити контролери додатковими модулями пам'яті та батареями;

- запропонована ідея виготовлення труб, зі спеціальним місцями для встановлення датчиків;

- у разі економічного недоліку за застосуванням додаткових батарей, провести дроти енергопостачання;

- у разі недостатньої потужності GSM-модулю, для передачі даних з-під землі, встановити на тепломагістралі, додаткові ретранслятори.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. ДСТУ 3008:2015. Документація. Звіти у сфері науки та техніки. Структура та правила оформлення. [Чинний від 2015–06–22]. Вид. офіц. Київ, 2016. 29 с. (Інформація та документація).
2. РД 50-680-88. Руководящий документ по стандартизации. Методические указания. Автоматизированные системы. Основные положения (44637). URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200006976> (дата звернення: 10.12.2021).
3. ДСТУ 2226-93 Автоматизовані системи. Терміни та визначення. URL: http://www.dut.edu.ua/uploads/1_1045_92144651.pdf (дата звернення: 10.12.2021).
4. Автоматизація індивідуального теплопункту / Харків : НТУУ «КПІ», 2011. 60 с.
5. Вимоги щодо кількісних і якісних показників послуг та зменшення плати у разі їх відхилення від нормативних URL: <https://www.hts.kharkov.ua/vimogi.php#start> (дата звернення: 10.12.2021).
6. Державні будівельні норми України. внутрішніх водопровід та каналізація. Частина I. Проектування. Частина II. Будівництво. ДБН В.2.5-64:2012. [Чинний від 2013–03–01]. Вид. Офіц. Київ, 2013. 10 с.
7. Internet of Things, IoT. URL: <https://www.it.ua/ru/knowledge-base/technology-innovation/internet-veschej-internet-of-things-iot> (дата звернення: 10.12.2021).
8. Класифікація систем автоматизації. URL: <https://studopedia.org/10-119101.html> (дата звернення: 10.12.2021).
9. Промышленный «Интернет вещей»: основа цифровой трансформации. URL: <https://www.it-world.ru/cionews/business/145251.html> (дата звернення: 10.12.2021).

10. Интернет вещей — рывок к цифровой трансформации бизнеса. URL: <https://www.itweek.ru/iot/article/detail.php?ID=194488> (дата звернення: 10.12.2021).

11. Ларина Е.И. Применение технологии интернета вещей для трансформации современных производственных и бизнес-процессов и повышения эффективности предприятий. Москва: МГУ имени М. В. Ломоносова, 2017. С. 6-8.

12. Курсовая работа на тему: «Интернет вещей». Гузев. З.А. БГТУ «ВОЕНМЕХ » им. Д.Ф.УСТИНОВА. Санкт-Петербург, 2014г. URL: https://otherreferats.allbest.ru/programming/00542714_0.html (дата звернення: 10.12.2021).

13. Интернет вещей для автоматизации промышленных предприятий. URL: <https://isup.ru/articles/50/16210/> (дата звернення: 10.12.2021).

14. Автоматизация тепловых пунктов. URL: https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=4633 (дата звернення: 10.12.2021).

15. Что такое Ардуино? URL: <http://arduino.ru/About> (дата звернення: 10.12.2021).

16. OpenQuality.ru Автоматизация тестирования: выбор инструмента.

URL: <http://blog.openquality.ru/tool-choice> (дата звернення: 10.12.2021).

17. Ничипоренко Ю.Ю. Функціонування сучасної системи централізованого теплопостачання із використанням автоматизованого робочого місця персоналу. Виробництво & Мехатронні системи : матеріали V Міжнародної конференції. Харків, 2021. С. 14-15.

18. Автоматизация технологических процессов и производств харчової промисловості / Ладанюк А.П., Трегуб В.Г., Ельперін І.В., Цюцюра В.Д. Київ : Аграрна освіта, 2001. 224 с.

19. Ключев А.С. Проектирование систем автоматизации технологических процессов. Москва : Энергоатомиздат, 1990. 273 с.

20. Автоматизована система керування технологічними процесами URL: <http://www.proelectro.info/content/detail/4434> (дата звернення: 10.12.2021).

21. Електронна інтернет онлайн «Бібліотека студента UaRus» URL: <http://studentbooks.com.ua/content/view/126/76/1/11> (дата звернення: 10.12.2021).

22. Автоматизація технологічних процесів URL: http://atpicak.ucoz.ua/load/navchalnij_posibnik/rozdil_1/1_1_zagalni_vidomosti_pro_avtomatizaciju_virobnichikh_procesiv/3-1-0-203 (дата звернення: 10.12.2021).

23. Про затвердження Правил технічної експлуатації теплових установок і мереж (зі змінами). Наказ Мінпаливенерго України № 71. [Чинний від 2007-02-14]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0197-07#Text> (дата звернення: 10.12.2021).

24. Як працює індивідуальний тепловий пункт. Офіц. сайт Termoprom. URL: <https://termoprom.com.ua/uk/information/articles/kak-rabotaet-individualnyj-teplovoj-punkt.php>. (дата звернення: 10.12.2021).

25. ДБН В.2.5-39:2008. Інженерне обладнання будинків і споруд. Зовнішні мережі та споруди. Теплові мережі. [Чинний від 2009-01-01]. Наказ Міністерства регіонального розвитку та будівництва України від 09.12.2008 р. №568. Київ: Мінрегіонбуд України, 2009. С. 7 – 8.

26. Комунальне підприємство «Харківські теплові мережі». Офіц. Сайт. URL: <https://www.hts.kharkov.ua/zahody.php>. (дата звернення: 10.12.2021).

27. Автоматизоване робоче місце оператора (АРМ). URL: <https://telecard.com.ua/uk/component/jshopping/aparatno-prohramni-kompleksy-keruvannia/avtomatyzovane-roboche-mistse-operatora-arm>. (дата звернення: 10.12.2021).

28. Автоматизація індивідуального теплового пункта. URL: <https://www.celmont.ru/uslugi/avtomatizaciya/asutp-works/98-avtomatizaciya-itp> (дата звернення: 10.12.2021).

29. Индивидуальный тепловой пункт для многоквартирного дома: схемы и решения. Офіц. сайт AW-Therm. URL: <https://aw-therm.com.ua/individualnyj-teplovoj-punkt-shemy-i-resheniya/> (дата звернення: 10.12.2021).

30. Индивидуальные тепловые пункты (ИТП). Модульные автоматизированные тепловые пункты URL:

http://www.ths.com.ua/offers/existingbuildings/individualnyi_teplovoy_punkt.htm
(дата звернення: 10.12.2021).

31. ДСТУ 3899:2013. Дизайн і ергономіка. [Чинний від 2014-01-01]. Наказ Міністерства регіонального розвитку та будівництва України від 14.10.2013 №1231. Київ: Мінрегіонбуд України, 2014. С. 4 – 6.

32. Ю.В. Кокін, В.М. Федай, А.А. Шейко. Розробка імітаційної моделі уніфікованого автоматизованого робочого місця РМ-10 АСУ 73Н6. Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України, 2015, № 1(18). С. 73-76.

33. Р.В. Дзюбчук. Алгоритм підготовки операторів постів радіомоніторингу до роботи на приймальному пристрої AR 5000А з використанням програми-імітатора. URL: http://www.hups.mil.gov.ua/periodic-app/article/5976/soi_2008_3_12.pdf (дата звернення: 10.12.2021).

34. Скаковський, Ю., Бабков, А., Мандро, О. Модернізація системи автоматизованого керування вакуум-апаратом періодичної дії... на базі технічних і програмних засобів українського виробництва. Automation of Technological and Business Processes, 2019, 11(3), С.4-14. URL: <https://doi.org/10.15673/atbp.v11i3.1498> (дата звернення: 10.12.2021).

35. Гольшев Л. К. Концептуальная модель автоматизированного рабочего места / Л. К. Гольшев // Механизация и автоматизация управления. 1989. № 4. С. 46 – 48.

36. Комплексна система електронного обміну даними. ІСЦ Південної залізниці Харків : ІСЦ Південної залізниці, 2000. 212 с.

37. SCADA-системы: Взгляд изнутри / Андреев Е.Б., Куцевич Н.А., Синенко О.В. М.: РТСофт, 2004. 176 с.

38. Денисенко В. Компьютерное управление технологическим процессом, экспериментом, оборудованием. М: Горячая линия - Телеком, 2009, 608 с.

39. Куцевич И. В., Григорьев А. Б. Стандарт OPC путь к интеграции разнородных систем // PCWeek, 2001, № 33-34. С. 5 – 10.

40. Охорона праці і пожежна безпека. URL: <https://oppb.com.ua/articles/osnovni-vymogy-pozhezhoji-bezpeky-na-obyektah-iz-masovym-perebuvannyam-lyudej> (дата звернення: 10.12.2021).

41. Інструкція з охорони праці для користувачів і операторів ЕОМ (персональних комп'ютерів і комп'ютерних станцій, автоматизованих робочих місць (АРМ) з ЕОМ. URL: <https://dnaop.com/html/31996/doc-instrukcija-po-ohrane-truda-dlya-polyzovatelej-i-operatorov-evm-personalnyh-kompyjuterov-i-kompyjuternyh-stancij-avtomatizirova> (дата звернення: 10.12.2021).

42. Закон України Про охорону праці, № 2694-ХІІ. [Чинний від 1992-10-14]. Відомості Верховної Ради, 1992, № 49. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12#Text> (дата звернення: 10.12.2021).

43. Ковальов І.О. Якість надання послуг опалення населенню. Виробництво & Мехатронні системи : матеріали V Міжнародної конференції. Харків, 2021. С. 1-2.

44. Кирпота Ф. Переваги та недоліки в роботі існуючих автоматизованих теплових пунктів. Виробництво & Мехатронні системи : матеріали V Міжнародної конференції. Харків, 2021. С. 1-2.

45. Редькін К. Впровадження системи управління якістю в галузі надання послуг населенню щодо забезпечення тепlopостачання. Виробництво & Мехатронні системи : матеріали V Міжнародної конференції. Харків, 2021. С. 1-2.

46. Методичні вказівки з підготовки й оформлення кваліфікаційної роботи здобувачами другого (магістерського) рівня вищої освіти спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології, освітньо-професійних програм: «Автоматизоване управління технологічними процесами», «Комп'ютерно-інтегровані технологічні процеси і виробництва», «Комп'ютеризовані та робототехнічні системи» / упоряд. І. Ш. Невлюдов, Р. В. Артюх, Н. П. Демська, В. В. Євсєєв, О. І. Филипенко, О. М. Цимбал. Харків : ХНУРЕ, 2021. 50 с.