Центральноукраїнський національний технічний університет
Механіко-технологічний факультет
Кафедра кібербезпеки та програмного забезпечення

”Допущено до захисту”
Завідувач кафедри кібербезпеки
та програмного забезпечення
д.т.н., професор
_____ Олексій СМІРНОВ
“____” _____ 2026 р.

ВИПУСКНА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
за другим (магістерським) рівнем вищої освіти
на тему
“ Дослідження та програмна реалізація апаратно-програмного комплексу розподілу теплової енергії з використанням мікроконтролерів фірми Atmel”

Виконав здобувач вищої освіти
ІІ курсу, групи КІ-25М
ОПП «Комп’ютерна інженерія»
спеціальності F7 «Комп’ютерна інженерія»
_____ Приймак І.А.
«____» _____ 2026 р.

Керівник проекту
кандидат технічних наук, доцент
_____ Минайленко Р.М.
«____» _____ 2026 р.

Нормоконтроль проекту
_____ Коваленко А.С.
«____» _____ 2026 р.

Рецензент _____
_____

Підписано КЕП
Центральноукраїнський національний технічний університет
Приймак Ігор Анатолійович
Сертифікат: 18DF2C9B93CEA20404000000098AB0E01C6CD7A06
Дійсний з 24.11.2026 16:45:11 по 24.11.2027 16:45:10

Центральноукраїнський національний технічний університет

Факультет *Механіко-технологічний*

Кафедра *Кібербезпеки та програмного забезпечення*

Рівень вищої освіти *магістр*

Галузь знань _F_____*"Інформаційні технології"*_____

Спеціальність F7 *"Комп'ютерна інженерія"*

Освітньо-професійна (освітньо-наукова) програма _*"Комп'ютерна інженерія"*_

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
д.т.н., проф.
_____ Олексій СМІРНОВ
« 1 » вересня 2026 року

ЗАВДАННЯ НА ВИПУСКНУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗА ДРУГИМ (МАГІСТЕРСЬКИМ) РІВНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ

Приймаку Ігору Анатолійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи *Дослідження та програмна реалізація апаратно програмного комплексу розподілу теплової енергії використанням мікроконтролерів фірми Atmel*

2. Керівник роботи *Минайленко Роман Миколайович, канд. техн. наук, доцент*
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу № 41-13 від 17.08.2026 року

3. Строк подання студентом роботи до захисту *2.12.2026 р.*

4. Мета та завдання випускної кваліфікаційної роботи*: Метою розробки є дослідження та програмна реалізація апаратно-програмного комплексу розподілу теплової енергії з використанням мікроконтролерів фірми Atmel*

5. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Призначення та область використання.
2.Перегляд аналогічних існуючих систем.
3. Опис і обґрунтування проектних рішень.
4. Етапи програмування системи.
5. Впровадження системи в промислову експлуатацію
6. Наукова новизна.
7. Заходи з охорони праці та техніки безпеки..
8. Висновки.

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

Наукова новизна		*1 аркуш*
ґруктурна схема системи	.....	*1 аркуш*
Функціональна схема системи		*1 аркуш*
Діаграма процесів		*1 аркуш*
Блок-схема алгоритму роботи додатку		*2 аркуша*

7. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Марченко К.М., к.т.н., доцент	06.10.2026	16.11.2026

8. Дата видачі завдання « 1 » вересня 2026 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів випускної кваліфікаційної роботи за другим (магістерським) рівнем вищої освіти	Строк виконання етапів випускної кваліфікаційної роботи за другим (магістерським) рівнем вищої освіти	Примітка
1.	Аналіз існуючих систем	10.10.2026 р.	
2.	Постановка задачі, оформлення ТЗ	15.10.2026 р.	
3.	Розробка моделі компонента	20.10.2026 р.	
4.	Розробка структур даних	25.10.2026 р.	
5.	Розробка алгоритмів системи	30.10.2026 р.	
6.	Програмування алгоритмів	10.11.2026 р.	
7.	Розрахунки з охорони праці та техніки безпеки	15.11.2026 р.	
8.	Оформлення ПЗ	17.11.2026 р.	
9.	Попередній захист роботи	2.12.2026 р.	

Дата видачі завдання
« 1 » вересня 2026 р.

Підпис керівника
_____ Минайленко Р.М.
(прізвище та ініціали)
Завдання прийнято до виконання
« 1 » вересня 2026 р.

Підпис здобувача
_____ Приймак І.А
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Приймак І. А. “Дослідження та програмна реалізація апаратно-програмного комплексу розподілу теплової енергії з використанням мікроконтролерів фірми Atmel”.

F7 Комп'ютерна інженерія. Центральноукраїнський національний технічний університет. Кропивницький. 2026.

В даній випускній кваліфікаційній роботі за другим (магістерським) рівнем вищої освіти розглянуто питання дослідження та програмної реалізації апаратно-програмного комплексу розподілу теплової енергії з використанням мікроконтролерів фірми Atmel. В процесі роботи над програмною моделлю виконано аналіз існуючих апаратних та програмних засобів. В повній мірі описані всі компоненти розробленої автоматизованої системи керування тепломережею.

Враховуючи виклики сьогодення і навмисним ворожим руйнування промислової інфраструктури, під час проектування функціональної схеми апаратно-програмного комплексу розподілу теплової енергії в якості каналу зв'язку між пристроями контролю мережі теплопостачання та мікроконтролером було запропоновано використати радіомодулі Zigbee. Це дозволить при відсутності інтернету та інших видів зв'язку мати надійний обмін інформацією між діагностуючим та контролюючим обладнанням апаратно-програмного комплексу розподілу теплової енергії;

Розроблено зручний інтерфейс з користувачем. Наведені інструкції по роботі з програмними засобами.

Програма може використовуватися на ЕОМ типу IBM PC в операційному середовищі Windows 10 і орієнтований на сумісні з цією платформою зовнішні пристрої, мережне обладнання і прикладне програмне забезпечення.

Програму розроблено в середовищі Delphi.

Ключові слова: керування, теплова мережа, мікроконтролер, система керування

Abstract

Pryimak I. A. “Research and Software Implementation of a Thermal Energy Distribution Hardware-Software System Using Atmel Microcontrollers”

123 Computer Engineering. Central Ukrainian National Technical University. Kropyvnytskyi. 2026.

This master's thesis focuses on the research and software implementation of a thermal energy distribution hardware-software system utilizing Atmel microcontrollers.

During the development of the software model, an analysis of existing hardware and software tools was conducted. All components of the developed automated heating network control system are described in detail.

Given current challenges and the deliberate hostile destruction of industrial infrastructure, the design of the system's functional schematic proposes using Zigbee radio modules for communication between the heating network monitoring devices and the microcontroller. This ensures reliable data exchange between the diagnostic and control equipment of the thermal energy distribution system, even in the absence of internet or other standard communication channels.

A user-friendly interface has been developed, and instructions for using the software tools are provided.

The program is designed for use on IBM PC-compatible computers running the Windows 10 operating system and is compatible with the platform's standard external devices, network equipment, and application software.

The program was developed using the Delphi environment.

Keywords: control, heating network, microcontroller, control system

ВІДОМІСТЬ ПРОЕКТУ

		Текстові документи			
1	А4	Пояснювальна записка	82	–	
2	А4	Робоча програма	82	–	Додаток А
		Графічні документи			
3	А4	Наукова новизна	1	–	
4	А4	Структурна схема	1	–	
5	А4	Функціональна схема роботи системи	1	–	
6	А4	Діаграма взаємодії процесів	1	–	
7	А4	Блок-схема основної програми	1	–	
8	А4	Блок-схема роботи підпрограми	1	–	

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ І ТЕРМІНІВ 9
ВСТУП..... 10
1 ПРИЗНАЧЕННЯ ТА ОБЛАСТЬ ВИКОРИСТАННЯ 13
1.1 Призначення системи..... 13
1.2 Область застосування 15
2 ПЕРЕГЛЯД АНАЛОГІЧНИХ ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ 17
2.1 Огляд існуючих систем, технологій, архітектур та програмних рішень за профілем теми випускної кваліфікаційної роботи за другим (магістерським) рівнем вищої освіти..... 17
2.2 Обґрунтування вибору засобів для побудови системи та мови програмування 25
2.3 Розгорнута постановка завдання 27
3 ОПИС І ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ 29
3.1 Опис функціонування системи 29
3.2 Розробка структурної схеми..... 40
3.3 Розробка функціональної схеми 43
3.4 Розробка діаграми процесів 48
4 РЕАЛІЗАЦІЯ РОБОТИ. РОЗРАХУНКИ І ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДАНІ, ЩО ПІДТВЕРДЖУЮТЬ ВІРНІСТЬ ПРОЕКТНИХ ТА ПРОГРАМНИХ РІШЕНЬ 51
4.1 Розробка блок-схем та опис алгоритмів функціонування системи 51
5 ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ В ПРОМИСЛОВУ ЕКСПЛУАТАЦІЮ..... 61
6 НАУКОВА НОВИЗНА..... 67
7 ЗАХОДИ З ОХОРОНИ ПРАЦІ ТА ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ..... .68
7.1. Вступ ……..68
7.2 Пожежна безпека ……69
7.3 Пропозиції щодо підвищення працездатності ІТ-фахівців ……72
7.4 Розробка заходів з умов поліпшення охорони праці ……..…73
7.5 Розрахункова частина ……69

7.6 Висновки …….....75
8 ОСНОВНІ ВИСНОВКИ ..... ……..76
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ..... ….78

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, СИМВОЛІВ ТА СПЕЦІАЛЬНИХ ТЕРМІНІВ

ЕОМ – електронно–обчислювальна машина

МК - мікроконтролер

Д - датчик

ЕРЕ – електрорадіоелементи

ЗП – запам'ятовуючий пристрій

ІМС – інтегральні мікросхеми

ОЗП – оперативний запам'ятовуючий пристрій

ЗЗ – зворотній зв'язок

ЛЗ – лінія зв'язку

ТММ – телеметрична мережа

ЦП – центральний процесор

СК – сигнал керування

ВСТУП

Актуальність теми. Розвиток сучасної обчислювальної техніки, електроніки й радіотехніки дозволяє створювати складні системи, призначені для виконання різних наукових, виробничих, технологічних завдань. Використання таких систем покликано поліпшити якість, ефективність тих або інших цілей виробництва.

Існує кілька наукових напрямків, в основі яких лежить об'єднання обчислювальної техніки й електроніки з технологічними процесами. Якщо раніше об'єднання різних високонаукових технологій і засобів обчислювальної техніки використовувалося в основному в рішенні різних наукових проблем, таких як освоєння космосу, вивчення надр землі й багатьох інших, то зараз такі технології використовуються і у повсякденному житті. Одним з напрямків використання мікропроцесорної техніки, є її застосування для реалізації контролю параметрів різних комунальних мереж та управління ними. В даномій магістерській роботі за основу взята тепломережа міста.

Особливістю проекту є його розробка на основі діючої системи теплопостачання міста Олександрії. Апаратно-програмний комплекс призначений для передачі й контролю вимірюваних параметрів з пунктів обліку теплової енергії, розосереджених по території міста, на диспетчерський пункт.

Беручи до уваги постійне руйнування інфраструктури агресором та збільшення цін на газ та воду розроблена система вирішує такі завдання як підвищення надійності теплопостачання, тобто забезпечення безперебійної подачі тепла споживачам та зниження експлуатаційних витрат. При досить великій кількості контрольованих пунктів, що входять до складу системи теплопостачання, складній структурі і розподіленості, реалізовано підвищені вимоги до оперативності дій системи керування вцілому.

В розробленій системі інформація передається за допомогою радіомодулів Zigbee, тому що в умовах міста Олекспандрії й можливим відключенням Інтернету це найбільш прийнятний і доступний варіант.

Застосування апаратно-програмного комплексу дозволить підвищити ефективність роботи системи теплопостачання міста, поліпшить оперативність виконання тих або інших відбудовних робіт, так як комплекс буде стежити за роботою системи теплопостачання цілодобово

Мета й завдання дослідження. Метою випускної кваліфікаційній роботі за другим (магістерським) рівнем вищої освіти є дослідження та програмна реалізація апаратно-програмного комплексу розподілу теплової енергії з використанням мікроконтролерів фірми Atmel, що є актуальним завданням та вимагає вирішення.

Для досягнення поставленого завдання необхідно:

- провести аналіз основних існуючих систем розподілу теплової енергії з використанням мікроконтролерів;

- розробити алгоритми функіонування проектованого апратно-програмного комплексу системи розподілу теплової енергії;

- створити програмне забезпечення апаратно-програмного комплексу розподілу теплової енергії з використанням мікроконтролерів фірми Atmel;

Об'єктом дослідження є система розподілу теплової енергії.

Предметом дослідження є методи створення програмного забезпечення апратно-програмного комплексу системи розподілу теплової енергії з використанням мікроконтролерів фірми Atmel.

Методи дослідження базуються на методах теорії побудови систем розподілу теплової енергії, методах математичної статистики, методах розробки програмного забезпечення.

Наукова новизна отриманих результатів. У процесі рішення завдань, обумовлених метою дослідження, отримані наступні результати:

– Розроблено систему розподілу теплової енергії.

– Розроблено вітчизняний продукт - апаратно-програмний комплекс розподілу теплової енергії з використанням мікроконтролерів фірми Atmel, який має більш широкі можливості, на відміну від існуючих аналогів.

Практична цінність отриманих результатів полягає в тому, що розроблені алгоритми дозволяють успішно реалізувати апаратно-програмний комплекс розподілу теплової енергії з використанням мікроконтролерів фірми Atmel.

1. Розроблено інтерфейс взаємодії між виконавчими механізмами ситеми розподіду теплової енергії, пристроями контролю параметрів системи (датчиками), та системою керування;

2. Запропоновано в якості лопоміжних ліній зв'язку використання радіомодулів Zigbee для підвищення надійності функціонування апаратно-програмний комплексу.

3. Реалізовано відповідне програмне забезпечення

Достовірність наукових результатів підтверджена теоретичними викладеннями, даними комп'ютерного моделювання, коректними дослідженнями параметрів на функціонуючій обчислювальній мережі, а також відповідністю отриманих результатів окремим результатам, наведеним у науковій літературі.

Основні положення випускної кваліфікаційної роботи за другим (магістерським) рівнем вищої освіти надруковані у статті збірника праць молодих науковців ЦНТУ, випуск №17.

Таким чином, виходячи з вищеперерахованого, дослідження та програмна реалізація системи апратно-програмного комплексу системи розподілу теплової енергії з використанням мікроконтролерів фірми Atmel, є актуальною задачею, яка потребує вирішення у даній випускній кваліфікаційній роботі за другим (магістерським) рівнем вищої освіти.

1 ПРИЗНАЧЕННЯ ТА ОБЛАСТЬ ВИКОРИСТАННЯ

1.1 Призначення системи

Розглянута теплова мережа, яка взята для досліджень у роботі, знаходиться в м. Олександрія і складається з наступних елементів:

- подаючих трубопроводів;
- зворотних трубопроводів;
- теплових насосних станцій.

Об'єктами системи є теплові насосні станції. Станції мають два різновиди технологічних схем. На станціях першого типу теплові насоси стоять на зворотних лініях. На станціях другого типу є теплообмінники, а насоси встановлені на лініях, що подають. Однак різниця в технологічних схемах не має істотного значення для рішення принципових питань по побудові системи. Різниця буде лише в точках встановлення деяких датчиків.

Всі основні рішення однакові для теплових насосних станцій як першого, так і другого типу.

Кількість теплової енергії й маса (або обсяг) теплоносія, отримані споживачем, визначаються енергопостачальною організацією на підставі показань приладів його вузла обліку за визначений Договором період за формулою:

$$Q = Q_и + Q_п + (G_п + G_{гв} + G_у)*(h_2 - h_{хв})* 10^{-3} \quad (1.1),$$

де $Q_и$ - теплова енергія, витрачена споживачем, за показниками теплолічильника;

$Q_п$ - теплові втрати на ділянці від границі балансової приналежності системи теплопостачання споживача до його вузла обліку. Ця величина вказується в Договорі й ураховується, якщо вузол обліку обладнаний не на границі балансової приналежності;

$G_п$ - маса мережної води, витраченої споживачем на підживлення систем опалення, за показниками водолічильника (ураховується для систем, підключених до теплових мереж за незалежною схемою);

$G_{гв}$ - маса мережної води, витраченої споживачем на водозабір, за показниками водолічильника (ураховується для відкритих систем теплопостачання);

$G_у$ - маса витоку мережної води в системах теплопостачання. Її величина визначається як різниця між масою мережної води G_1 по показанню водолічильника, установленого на трубопроводі, що подає, і сумою мас мережної води ($G_2 + G_{гв}$) за показниками водолічильників, установлених відповідно на зворотному трубопроводі й трубопроводі гарячого водопостачання, $G_у = [G_1 - (G_2 + G_{гв})]$;

h_2 - ентальпія мережні води на виводі зворотного трубопроводу джерела теплоти;

$h_{хв}$ - ентальпія холодної води, використовуваної для підживлення систем теплопостачання на джерелі теплоти.

Величини h_2 і $h_{хв}$ визначаються по відповідної обмірюваним на вузлі обліку джерела теплоти середнім за розглянутий період значеннями температур і тисків[2].

У системах теплопостачання, де приладами обліку визначається тільки маса (або обсяг) теплоносія, при визначенні величини витраченої теплової енергії по вираженню значення $Q_и$ (2):

$$Q_и = G_1*(h_1 - h_2)* 10^{-3} \qquad (1.2),$$

де G_1 - маса мережної води в трубопроводі, що подає, отриманому споживачі й визначена по його приладах обліку;

h_1 - ентальпія мережної води на виводі трубопроводу, що подає, джерела теплоти;

h_2 - ентальпія мережні води на виводі зворотного трубопроводу джерела теплоти.

Величини h_1, h_2 визначаються відповідно обмірюваним на вузлі обліку джерела теплоти середнім за розглянутий період значенням температур і тисків.

1.2 Область застосування

Апаратно-програмний комплекс призначений для контролю пунктів розподілу теплової з диспетчерського пункту, що розташований на насосній станції. Теплопостачання міста Олександрія відбувається в умовах постійно зростаючого навантаження, обумовленого сучасними реаліями життя. При цьому необхідно вирішувати наступні питання:

- підвищення надійності теплопостачання, тобто забезпечення безперебійної подачі тепла споживачам;
- зниження експлуатаційних витрат.

Теплова мережа характеризується розподіленістю трубопроводів і теплових насосних станцій по території міста, більшим числом параметрів контролю, зміна одного з яких веде за собою зміну ряду інших. Багато подій, що відбуваються в тепловій мережі, виникають у випадкові моменти часу й заздалегідь не можуть бути передвіщені (прориви трубопроводів, поломки насосів, аварії в системі електропостачання насосних станцій).

При досить великій кількості контрольованих пунктів, що входять до складу системи теплопостачання, складній структурі їх розподіленості, значно підвищуються вимоги до оперативності дій системи керування.

Будь-яка система характеризується технічною й інформаційною надійністю. Найбільш ефективним шляхом підвищення ймовірності прийнятої інформації є використання власних можливостей системи. Застосовуючи відповідно до зовнішніх умов той або інший спосіб формування сигналів, використовуючи найбільш близький до оптимального методу їхню передачу можна забезпечити необхідну надійність передачі інформації. У розроблюваній

системі інформація буде передаватись за допомогою радіосигналів, тому що в умовах міста це найбільш прийнятний і доступний в економічному сенсі спосіб.

Таким чином, виходячи з вищеперерахованого, дослідження та програмна реалізація апаратно-програмного комплексу розподілу теплової енергії з використанням мікроконтролерів фірми Atmel є актуальною задачею, яка потребує вирішення у даній випускній кваліфікаційній роботі за другим (магістерським) рівнем вищої освіти.

2 ПЕРЕГЛЯД АНАЛОГІЧНИХ ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ

2.1. Огляд існуючих систем, технологій, архітектур, програмних рішень за профілем теми випускної кваліфікаційної роботи за другим (магістерським) рівнем вищої освіти

Впровадження апаратно-програмного комплексу дозволяє відмовитися від постійного обслуговуючого персоналу на теплових насосних станціях. Чергування обслуговуючого персоналу буде організовано в одному місці - диспетчерському пункті, що дозволить знизити експлуатаційні витрати.

Сучасний стан мікроелектроніки, обчислювальної техніки дозволяє ефективно вирішувати завдання підвищення надійності і якості теплопостачання великих міст. Це викликано тим, що комплекс значною мірою перевершує людину в здатності спостерігати й контролювати, дивлячись на те, що кількість і розміщення датчиків може бути довільним. Основною ланкою системи є контролер на пункті обліку теплової енергії, тому що його апаратне й програмне забезпечення - це ланка передачі інформації. Він виконує команди програми й організує передачу інформації. Програмне забезпечення розділене на загальне програмне забезпечення, що поставляється із засобами обчислювальної техніки й спеціальне програмне забезпечення, що спеціально розроблене для даної конкретної системи й включає програми, що реалізують її функції.

Кінцевою ланкою апаратно-програмного комплексу повинен бути комп'ютер (ПК), на якому обробляється й відображається вся одержувана від контрольованих пунктів інформація. ПК на диспетчерському пункті повинен працювати цілодобово, під керуванням спеціально розробленого програмного забезпечення. Програмне забезпечення забезпечує зв'язок з модемом-декодером, відображає на екрані дисплея стан всіх пунктів обліку теплової енергії по черзі.

Вузол обліку теплової енергії обладнується засобами вимірювання (теплолічильниками, водолічильниками, теплообчислювачами, лічильниками

пари, приладами, що реєструють параметри теплоносія, і ін.), зареєстрованими в Державному реєстрі засобів вимірів і маючими сертифікат Держенергонагляду України. Розглянемо ці прилади.

Прилади обліку (ПО) - прилади, які виконують одну або кілька функцій: вимір, нагромадження, зберігання, відображення інформації про кількість теплової енергії, масі (або обсязі), температурі, тиску теплоносія й часу роботи самих приладів.

Тепловий пункт (ТП) - комплекс пристроїв для приєднання систем теплопостачання до теплової мережі й розподілу теплоносія по видах теплового споживання.

Теплова мережа (ТМ) - сукупність трубопроводів і пристроїв, призначених для передачі теплової енергії.

Вузол обліку (ВО) - комплект приладів і пристроїв, що забезпечує облік теплової енергії, ваги (або обсягу) теплоносія, а також контроль і реєстрацію його параметрів.

Водолічильник (ВД) - вимірювальний прилад, призначений для вимірювання обсягу (ваги) води (рідини), що протікає в трубопроводі через розріз, перпендикулярний напрямку швидкості потоку.

Теплолічильник (ТП) - прилад або комплект приладів (засіб вимірювання), призначений для визначення кількості теплоти й вимірювання ваги й параметрів теплоносія.

Теплообчислювач (ТО) - пристрій, що забезпечує розрахунок кількості теплоти на основі вхідної інформації про вагу, температуру й тиск теплоносія.

Залежна схема підключення системи теплопостачання - схема приєднання системи теплопостачання до теплової мережі, де теплоносій (вода) з теплової мережі надходить безпосередньо в систему теплопостачання.

Закрита водяна система теплопостачання - система теплопостачання, у якій вода, що циркулює в тепловій мережі, з мережі не відбирається.

Незалежна схема підключення системи теплопостачання - схема приєднання системи теплопостачання до теплової мережі, при якій теплоносій,

що надходить із теплової мережі, проходить через теплообмінник, встановлений на тепловому пункті споживача, де нагріває вторинний теплоносій, використовуваний надалі в системі теплопостачання.

Відкрита водяна система теплопостачання - водяна система теплопостачання, у якій вода частково або повністю відбирається із системи споживачами тепла.

При використанні для обліку теплової енергії теплолічильників, теплообчислювачій і лічильників ваги (обсягу), що реалізують принцип вимірювання витрати теплоносія методом змінного перепаду тиску, вузол обліку повинен бути атестований в індивідуальному порядку ДСТом і погоджений з Держенергонаглядом. Кожний прилад обліку повинен проходити перевірку з періодичністю, передбаченої для нього ДСТом. Прилади обліку, у яких минув термін дії перевірки й (або) сертифікації, а також виключені з реєстру засобів вимірів, до експлуатації не допускаються. Вибір приладів обліку для використання на вузлі обліку джерела теплоти здійснює енергопостачальна організація за узгодженням з Держенергонаглядом. Вибір приладів обліку для використання на вузлі обліку споживача здійснює споживач за узгодженням з енергопостачальною організацією. У випадку розбіжностей між споживачем і енергопостачальною організацією по типах приладів обліку, остаточне рішення приймається Держенергонаглядом. Прилади обліку повинні бути захищені від несанкціонованого втручання в їхню роботу.

У Правилах обліку теплової енергії й теплоносія встановлені вимоги до метрологічних характеристик приладів обліку, що вимірюють теплову енергію, вагу (обсяг) води, пари і конденсату, а також параметри реєструючого теплоносія для умов експлуатації, визначених Договором.

Теплолічильники повинні забезпечувати вимірювання теплової енергії гарячої води з відносною похибкою не більше:

- 5%, при різниці температур між подаючим й зворотним трубопроводами від 10 до 20 °С;

- 4%, при різниці температур між подаючим й зворотним трубопроводами більше 20 °С.

Теплолічильники повинні забезпечувати вимірювання теплової енергії гарячої пари з відносною похибкою не більше:

- 5%, у діапазоні витрати пари від 10 до 30%;
- 4%, у діапазоні витрати пари від 30 до 100%.

Водолічильники повинні забезпечувати виміри ваги (обсягу) теплоносія з відносною похибкою не більше - 2% у діапазоні витрати води й конденсату від 4 до 100%.

Лічильники пари повинні забезпечувати вимірювання ваги теплоносія з відносною похибкою не більше - 3% у діапазоні витрати пари від 10 до 100%.

Для приладу обліку, що реєструє температуру теплоносія, абсолютна похибка Dt, °С, вимірювання температури не повинні перевищувати значень, обумовлених (2.1):

$$Dt = \pm (0{,}6 + 0{,}004\ t) \qquad (2.1),$$

де t - температура теплоносія.

Прилади обліку, що реєструють тиск теплоносія, повинні забезпечувати виміри тиску з відносною похибкою не більше 2%.

Прилади обліку, що реєструють час, повинні забезпечувати вимірювання поточного часу з відносною похибкою не більше 0,1 %.

Одним з приладів, що може знайти застосування в розроблюваній системі може стати теплообчислювач багатофункціональний мікропроцесорний ТВМ-441. ТВМ-441 (надалі - теплообчислювач) призначений для збирання, обробки й реєстрації інформації про кількість отриманої споживачем або виробленої виробником теплової енергії, температурі, тиску, обсязі (вазі) теплоносія й про час роботи у відкритій і закритій водяній системах теплопостачання при тисках до 1,6 МПА (16 кг/см^2) і температурах до +150 °С. Область застосування - теплоенергетика, системи комерційного обліку витрати гарячої води й теплової енергії, автоматизовані систем збору й обробки даних тепло- й водоспоживання.

Пристрій обладнаний енергонезалежним таймером реального часу й забезпечує обчислення наступних параметрів по заданій гідравлічній схемі:

- ваги теплоносія в трубопроводах систем теплопостачання;
- різниця температур;
- різниця тиску;
- кількість спожитої теплової енергії;
- теплової потужності.

Він діагностує датчики, лінї зв'язку й батареї напруги (акумулятора), також контролює дані, що надходять від датчиків. Інформація про несправності архівується й зберігається в енергонезалежній пам'яті.

Параметри теплообчислювача вводяться із клавіатури з обмеженою можливістю доступу, забезпечується вивід на рідкокристалічний індикатор необхідної інформації, здійснюється встановлення необхідних параметрів. Забезпечується приймання необхідних параметрів і передача інформації зі специфікації RS485, RS232. Має можливість живлення від мережі змінного струму 220В 50Гц, забезпечує передачу необхідної інформації за допомогою iButton у комп'ютер. Має можливість включення в інформаційну мережу з іншими теплообчислювачами й комп'ютером по специфікації RS485 і забезпечує роботу в автономному режимі (без зовнішнього джерела живлення).

Вимірювання температури (для вимірювання різниці температур необхідно використовувати підібрані пари датчиків):

- кількість вимірювальних каналів - 4;
- тип температурних датчиків - термометри опору з характеристиками Pt100 або Pt500;
- діапазон вимірювання температури - +1…+150°С;
- абсолютна похибка вимірювання, не більше ± (0,2 +0,04t) °С;
- абсолютна похибка вимірювання різниці температур - не більше ± 0.1°С;
- схема включення датчика - 3-х провідна;
- довжина лінії зв'язку до датчика, - не більше 100м.

Вимірювання витрати теплоносія:

- кількість вимірювальних каналів - 4;

- типи водолічильників (витратомірів) (вихідний сигнал - імпульсний) - ОСВИ Ду 25..40, ВМХ, ВМГ Ду 40...300, ВЭПС-ТИ Ду 20...200, ДНІПРО-7 Ду К 1600 і аналогічні їм;

- діапазон вимірювання витрати - визначається типом водолічильника;

- абсолютна похибка вимірювання - ± 1 імпульс;

- довжина лінії зв'язку - не більше - 100м.

Вимірювання тиску теплоносія в трубопроводах:

- кількість вимірювальних каналів - 1;

- типи манометрів (вихідний сигнал 0-5ма, 0-20ма або 4-20ма) - САПФІР-22М, САПФІР-100, СТАРТ-400 і їм аналогічні;

- діапазон вимірювання - 0 - 1,6 МПА;

- відносна наведена похибка вимірювання вихідного сигналу - не більше ±0,5%;

- довжина лінії зв'язку до датчика, не більше - 100м;

- відносна похибка наведення, не більше - ±0,01%.

Обчислення теплової енергії виробляється при різниці температур не менш 0,1°С. Вимірювання параметрів і їхня архівація виробляється з дискретністю за часом 1 година. Час роботи теплообчислювача в автономному режимі не менше 1 року. Теплообчислювач має кліматичне виконання УХЛ 4 за ДСТ-15150. По стійкості до кліматичних впливів - група виконання В4 за ДСТ-12997 і розрахований на експлуатацію при температурі навколишнього середовища від +1 до +50°С і відносної вологості не більше 95%. Теплообчислювач має ступінь захисту IP65 за ДСТ-14254. По стійкості до механічних впливів теплообчислювач відноситься до вібростійкого й віброміцного виконання групи 1 за ДСТ-12997. Теплообчислювач стійкий до впливу зовнішнього магнітного поля напруженістю до 400А/м, що змінюється синусоідально із частотою 50 Гц.

На рис.2.1 показано приклад інтерфейсу користувача системи контролю теплообміну:

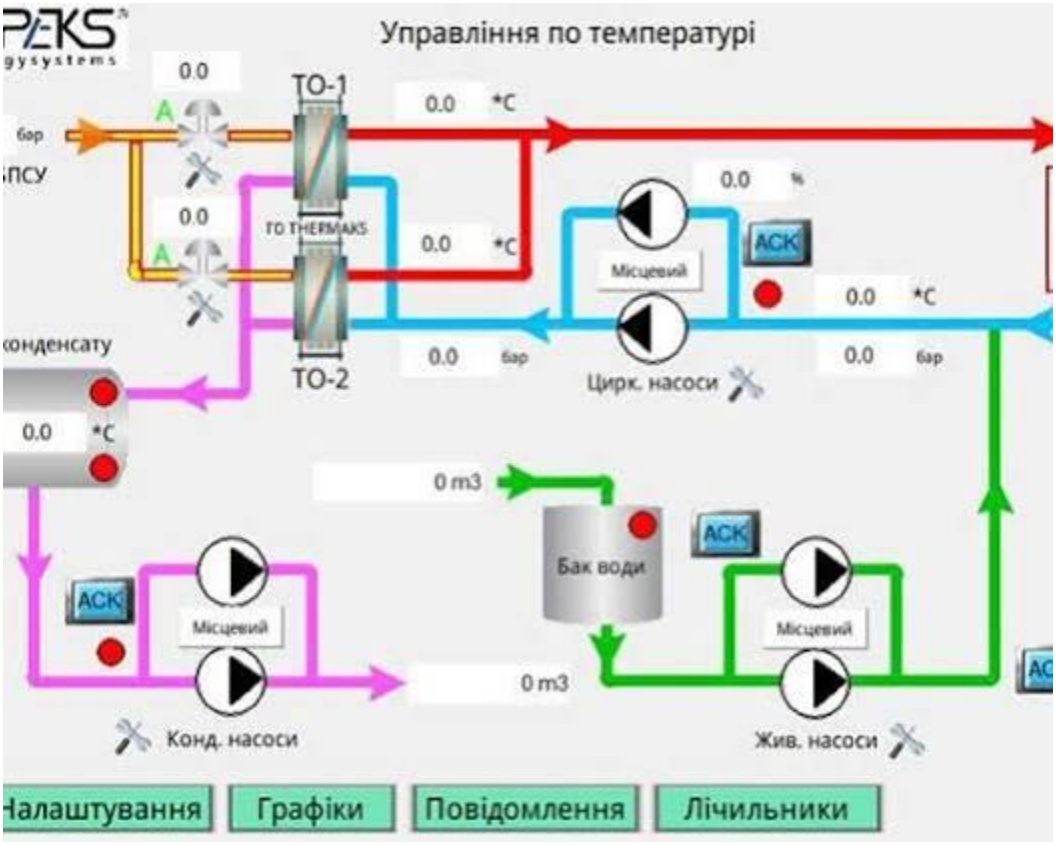


Рисунок 2.1 - Приклад інтерфейсу користувача системи контролю теплообміну.

На рис. 2.2 показано приклад деталізованого інтерфейсу користувача системи контролю теплообміну:

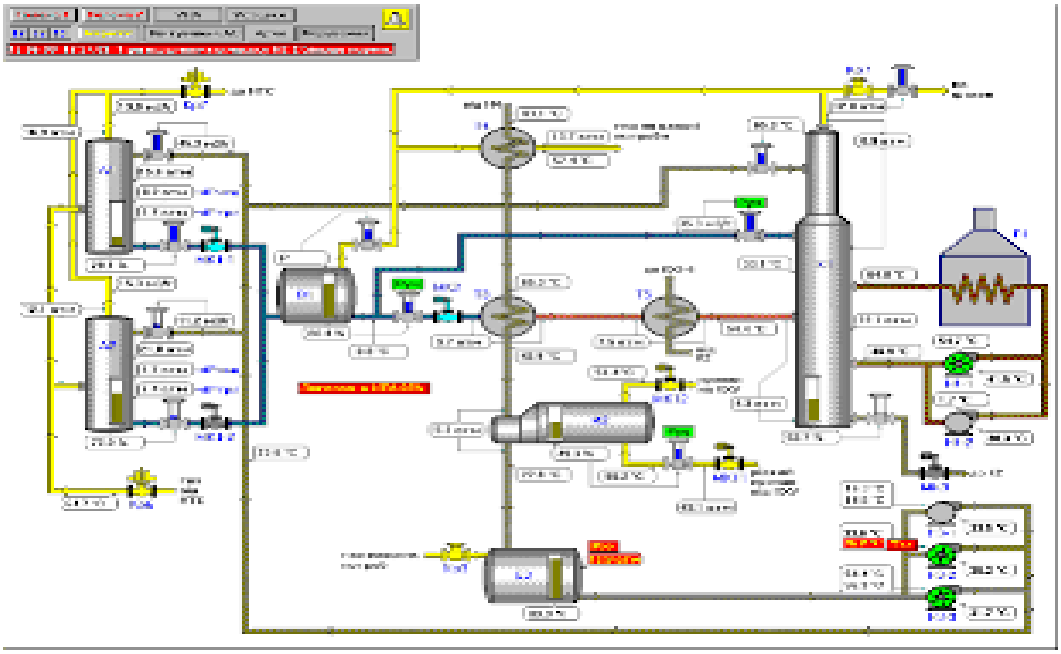


Рисунок 2.2 - Приклад деталізованого інтерфейсу користувача системи контролю теплообміну

На рис. 2.3 представлено приклад головного вікна ПЗ на пультв диспетчерського керування системи контролю теплової енергії:



Рисунок 2.3 - Приклад головного вікна ПЗ на пульті диспетчерського керування системи контролю теплової енергії:

Апаратно-програмний комплекс призначений для передачі значень контрольованих параметрів на значну відстань від об'єктів контролю. Основне завдання полягає в тому, щоб забезпечити можливість вимірювання як електричних, так і неелектричних параметрів з високим ступенем точності.

Система повинна дистанційно стежити за роботою обладнання теплової насосної станції (стан насосів) або пунктом обліку, а також повинна сповіщати диспетчера про аварійні ситуації. Пристрої телесигналізації складаються з передавальної й прийомної апаратури й лінії зв'язку. Сигнали в цих пристроях передаються у вигляді окремих кодів і класифікуються по призначенню. У реальній телемеханічній системі телевимірювання застосовується для передачі сигналів службового призначення, виклику датчиків, впливу на налаштування автоматичних регуляторів.

У зв'язку з накладеними твердими обмеженнями на якість і оперативність передачі обмірюваних параметрів, можливим шляхом рішення перерахованих вище завдань буде застосування в якості основного вузла передачі однокристальної ЕОМ.

При одержанні сигналу з диспетчерського пункту на зчитування інформації з теплообчислювача, мікроЕОМ робить зчитування необхідних параметрів у свою пам'ять і після цього транслює їх за допомогою радіомодулів Zigbee на диспетчерський пункт.

2.2 Обґрунтування вибору засобів для побудови системи та мови програмування

Програмне забезпечення, повинно бути універсальним і дозволяти підключення чергового пункту обліку теплової енергії до системи незалежно від технологічних особливостей її роботи, з різним числом і типом основного устаткування контрольованого пункту. Повинна передбачатися можливість роботи з контрольованим пунктом в інформаційному режимі й у режимі реалізації функцій телесигналізації. Екранна картинка на моніторі

персонального комп'ютера повинна відображати інформаційно-керуючі особливості опитуваного в цей момент часу пункту обліку теплової енергії. Робота апаратури диспетчерського пункту й апаратури контрольованого пункту від резервного джерела електроживлення повинна забезпечуватися протягом 24 годин.

Для реалізації ПЗ було обрано інтегроване середовище розробки Delphi (Integrated Development Environment) – IDE, яке містить в собі кілька основних елементів:

- Піктограми (Speed Buttons) - піктографічні кнопки, дублюючі команди меню. Найменування кожної піктограми можна отримати безпосередньо на екрані в маленькому вікні контекстної підказки, яка з'являється при затриманні покажчика миші на деякий час на зображенні відповідної піктограми.

- Головне меню (Menu Bar) - стандартне меню в стилі Windows. Біля більшості команд меню в Delphi зображені піктограми. Це ті ж самі піктограми, як і на панелі інструментів.

- Палітра компонентів (Component Palette) - тут представлені піктограми компонентів, які входять в бібліотеку VCL. Отримати інформацію про ім'я компонента, який знаходиться за тією або іншою піктограмою, можна тим же способом, який застосовується для піктограм, що є на панелі інструментів.

- Категорії палітри – у кожний момент часу в полі палітри відкрита тільки одна категорія компонентів.

- Вкладки властивостей і подій - клікнувши мишею на одній з двох вкладок діалогового вікна інспектора об'єктів Object Inspector, відкриється або вкладка властивостей (Properties) об'єктів компонентів, включених в екранну форму, або вкладка подій (Events) об'єктів компонентів. Властивості описують атрибути об'єкта - розмір кнопки, шрифт текстової етикетки. Події ж є деякими діями (наприклад, клацання на кнопці або натискання клавіші).

- Інспектор об'єктів (Object Inspector) - вікно відображає списки усіх подій і властивостей одного або іншої кількості об'єктів компонентів, що обрані в екранній формі.

- Вікно проектування екранної форми (Form window) - при розробці значної кількості програм екранна форма є деяким візуальним представленням головного вікна програми. Точкова сітка на полі форми проектування допомагає точніше вибрати місце встановлення.

- Діалогове вікно Module Explorer - засіб, який включено у версію мови Delphi 4. Вікно Module Explorer використовується для виведення інформації про використовуваний модуль програми: перелік класів, список інших модулів, які він використовує, змінних, методів, об'єктів і т.і.

- Редактор коду програми (Code editor window) – у цьому вікні є можливість для переглядання та редагування текстів програм на мові Паскаль, пов'язаної з будь-якою екранною формою додатка, який має розроблюватись. Більшість загальних фрагментів програмного коду (оголошення і заготовки процедур обробки подій) Delphi вносить автоматично в програму. Потім обробник наповнює заготовку змістом - включає необхідні оператори визначі поведінку програми в залежності від тої або іншої ситуації (наприклад, клацання мишею або вибір меню команди).

2.3 Розгорнута постановка завдання

Згідно з технічним завданням на випускну кваліфікаційну роботу за другим (магістерським) рівнем вищої освіти, реалізації підлягає програмна реалізація апаратно-програмного комплексу розподілу теплової енергії з використанням мікроконтролерів фірми Atmel.

В процесі розробки випускної кваліфікаційної роботи за другим (магістерським) рівнем вищої освіти необхідно виконати наступний обсяг роботи:

а) провести аналіз існуючих систем – аналогів для виявлення їх позитивних і негативних якостей. Результати аналізу врахувати в подальших розробках;

б) вибрати та обгрунтувати методику побудови системи контролю роботи

технологічного обладнання на виробництві в автоматизованому режимі. Розробити функціональну та структурну схеми системи;

в) розробити програмне забезпечення системи, що дозволить реалізувати поставлену технічним завданням задачу. Побудувати блок-схеми алгоритмів програми та підпрограми;

г) організувати інтерфейс користувача з метою формування та виводу на екран ЕОМ повідомлень про некоректні дії користувача та нестандартні ситуації в роботі технологічного обладнання;

д) розробити рекомендації по організаційних та методичних заходах, які забезпечать впровадження системи в промислову експлуатацію та її подальшу успішну експлуатацію;

е) розробити заходи по охороні праці при впровадженні та експлуатації системи

ж), сформувати висновки про виконаний обсяг робіт та одержані результати.

3. ОПИС І ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ

3.1 Опис функціонування системи

На сьогоднішній день стрімко розвивається мікроелектроніка й мікропроцесорні системи. У цих областях, як ні в яких інших, знаходять своє широке застосування високі технології, швидше всього впроваджуються нові технічні рішення, нові технології, росте потужність обчислювальних елементів з одночасним зменшенням їхніх розмірів. Для даної магістерської роботи було обрано одне з таких рішень - мікроконтролер AT90S1200, фірми Atmel. Atmel сьогодні - це прогресивна компанія, що випускає складні вироби сучасної мікроелектроніки; це один з визнаних світових лідерів у виробництві широкого спектра пристроїв енергонезалежної пам'яті високої швидкодії й мінімального питомого енергоспоживання, мікроконтролерів загального призначення й мікросхем програмувальної логіки від найпростіших пристроїв PAL і GAL до мікросхем ЗВІС CPLD і FPGA. Потрібно відмітити, що практично всі базові кристали промислового стандарту MCS51 фірми Intel успішно замінені прямими аналогами сімейства AT89 фірми Atmel. Ці швидкісні мікроконтролери з модифікованою багаторазово Flash-пам'яттю програм, низьким енергоспоживанням і широким діапазоном допустимих напруг живлення, апаратно й програмно сумісні з відповідними мікроконтролерами Intel і користуються заслуженою популярністю в розроблювачів і споживачів електронної апаратури.

Однак, потрібно докладніше познайомитися із ще одним напрямком сучасної мікроелектроніки, що активно розвивається фірмою Atmel. Це нове сімейство високопродуктивних 8-розрядних RISC (Reduced Instruction Set Computers) мікроконтролерів загального призначення, об'єднаних загальною маркою AVR. Задум створення AVR народився в дослідницькому центрі Atmel у

Норвегії. Група розробників запропонувала ряд ідей, які стали основою концепції AVR - мікроконтролерів:

1) використовувати новітню, найбільш швидкісну й економічну КМОП технологію фірми Atmel у сполученні з RISC архітектурою для розробки й виробництва швидких мікроконтролерів, порівнянних з мікропроцесорами й мікроконтролерами по продуктивності й переважаючих мікросхемах стандартної КМОП логіки по швидкості. Очікувана продуктивність - до 20 MIPS на частоті 20 Мгц, що всього на 30% менше, ніж в Intel KU80386 EXTC-25 при операціях типу "регістр - регістр". Час виконання короткої команди на такій тактовій частоті становить 50 нс;

2) розробляти архітектуру й систему команд AVR у найтіснішій згоді із принципами мови С так, щоб апаратна частина нового мікроконтролера і його система команд були невід'ємними частинами одного цілого й використовувалися з максимальним к.к.д. Істотно скорочується час розробки проектів і, відповідно, знижується їхня вартість, а також полегшується створення універсальних засобів підтримки розробок. Недалеким від істини буде й твердження, що мова С є найбільш популярним і ефективним засобом для програмування мікроконтролерів;

3) функціонально розширити мікроконтролер можливістю програмування в системі (ISP) шляхом об'єднання Flash-Технології фірми Atmel зі стандартним швидкісним послідовним інтерфейсом (SPI). Це дозволяє багаторазово модифікувати програму не тільки за допомогою звичайного програматора, але й безпосередньо в системі, у кінцевому пристрої користувача. При цьому не потрібно вводити ніяких додаткових апаратних вузлів і допоміжних джерел живлення.

Результатом стала поява нового, дуже дешевого, швидкісного, легкого в освоєнні й використанні сімейства AT90S мікроконтролерів марки AVR. Вони являють собою потужний інструмент, базу для створення сучасних високопродуктивних і економічних контролерів багатоцільового призначення. Так, наприклад, AVR використовуються у виробах класу Smart Card для

персональних комп'ютерів, у супутникових навігаційних системах для визначення місця розташування автомобілів на, у мініатюрних автомобільних пультах дистанційного керування, у мережевих картах і на материнських платах ЕОМ і у мобільних телефонах.

Апаратні можливості:

- діапазон напруг живлення, В - 2,7 - 6,0;
- тактова частота, Мгц - 0-16;
- кількість ліній в/в (max) - 15;
- кількість інструкцій - 89;
- обсяг Flash ROM, байт - 1ДО;
- обсяг EEPROM, байт - 64;
- кількість таймерів/лічильників - 1;
- аналоговий компаратор - є;
- SPI (завантаження ROM і EEPROM) - є;
- сторожовий таймер - є;
- кількість біт захисту - 2;
- число режимів енергозбереження - 2;
- число джерел переривання: внутрішніх/зовнішніх - 2/1;
- тип корпуса - DIP28, SOIC28, SSOP28.

AT90S1200 мають Flash-пам'ять програм ROM обсягом 1K, що може бути завантажена як за допомогою звичайного програматора, так і за допомогою SPI інтерфейсу. Число циклів перезапису ROM - не менш 1000. Два програмувальних біти таємності дозволяють захистити пам'ять програм від несанкціонованого зчитування. AT90S1200 мають також блок енергонезалежної пам'яті даних EEPROM, що стирається електрично. Цей тип пам'яті, доступний програмі мікроконтролера безпосередньо в ході її виконання, зручний для зберігання проміжних даних, різних констант, таблиць перекодувань, каліброваних коефіцієнтів і т.п. EEPROM може бути завантажена ззовні як через SPI інтерфейс, так і за допомогою звичайного програматора. Число циклів перезапису - не менш 100000.

Перелічимо периферійні пристрої AVR:

- таймер/лічильник;
- швидкісний послідовний інтерфейс SPI;
- вбудована система скидання мікроконтролера;
- асинхронний дуплексний послідовний порт UART;
- контролер переривань;
- внутрішній тактовий генератор;
- сторожовий (WATCHDOG) таймер.

Внутрішній тактовий генератор може запускатися від зовнішнього джерела опорної частоти, від зовнішнього кварцевого резонатора або від внутрішньої RC-ланцюжка.

Оскільки всі AVR повністю статичні, мінімальна припустима частота нічим не обмежена (аж до покрокового режиму). Максимальна робоча частота визначається конкретним типом мікроконтролера. Обмеження верхньої межі частотного діапазону пов'язані з технологічними проблемами при виробництві мікросхем і будуть усунуті в наступних версіях кристалів. У цей час контролер AT90S1200 версії "F" може працювати при кімнатній температурі.

Якщо задаючим часовим елементом для тактового генератора AVR є внутрішній RC-ланцюжок, то частота, на якій працює мікроконтролер, фіксована й становить 1 Мгц. Це значення наближене й змінюється залежно від величини напруги живлення й температури корпуса. Вибір джерела тактової частоти (внутрішня/зовнішня) програмується, правда тільки за допомогою зовнішнього програматора. Як правило, AVR поставляються з фабрики вже готовим для роботи від зовнішнього джерела опорної частоти, але можна замовити й інші. При цьому в абревіатурі мікроконтролера з'являється літера "A", що вказує на те, що тактовий генератор даного кристалу функціонує від вбудованого RC-ланцюжка, наприклад, AT90S1200 A-12PC. Запрограмувати мікроконтролер AT90S1200 на роботу від внутрішнього RC-генератора через послідовний порт SPI неможливо. Сторожовий таймер призначений для захисту мікроконтролера від збоїв у процесі роботи. Він має свій власний RC-генератор, що працює на

частоті 1 Мгц. Як і для основного внутрішнього RC-генератора, значення 1 Мгц є наближеним і залежить насамперед від величини напруги живлення мікроконтролера й від температури.

Порти вводу/виводу AVR мають число незалежних ліній "Вхід/Вихід" від 5 до 32. Кожний розряд будь-якого порту може бути запрограмований на введення або на виведення інформації. Потужні вихідні драйвери забезпечують типову струмову навантажувальну здатність 20 мА на лінію порту (струм, який втікає) при максимальному значенні 40 мА, що дозволяє, наприклад, безпосередньо підключати до мікроконтролера світлодіоди й біполярні транзистори. Загальне струмове навантаження на всі лінії одного порту не повинна перевищувати 80 мА. Всі значення наведені для напруги живлення 5В.

AVR працюють у широкому діапазоні напруг живлення від 2,7В до 6,0В. Струм споживання в активному режимі залежить від величини напруги живлення й частоти, на якій працює мікроконтролер, і становить менш 1мА для 500 кГц, 5...6 мА для 5Мгц і 8...9 мА для частоти 12 Мгц. AVR також можуть бути переведені програмним шляхом в один із двох режимів зниженого енергоспоживання. Перший - режим холостого ходу (IDLE), коли припиняє роботу тільки процесор і фіксується вміст пам'яті даних, а внутрішній генератор синхросигналів, таймери, система переривань і сторожовий таймер продовжують функціонувати. Струм споживання тут не перевищує 2,5 мА на частоті 12 Мгц. Другий - режим мікроспоживання (SLEEP), коли зберігається вміст регістрового файлу, але зупиняється внутрішній генератор синхросигналів. Вихід з режиму SLEEP можливий або по сигналі скидання, або від зовнішнього джерела переривання. При включеному сторожовому таймері струм споживання в цьому режимі становить близько 80 мкА, а при виключеному - менш 1мкА. (Всі вищенаведені значення справедливі для напруги живлення 5В).

Температурні діапазони роботи мікроконтролерів AVR - комерційний (0...70ºС) і індустріальний (-40...+85ºС).

З погляду програміста AVR являє собою RISC мікроконтролер, що має швидкий Гарвардський процесор, пам'ять програм, пам'ять даних, порти

вводу/виводу й интерфейсні схеми. Гарвардська архітектура AVR реалізує повний логічний і фізичний поділ не тільки адресних просторів, але й інформаційних шин для звертання до пам'яті програм і до пам'яті даних. Способи адресації й доступу до них також різні. Така побудова вже ближче до структури швидкісних цифрових сигнальних процесорів і забезпечує істотне підвищення продуктивності за рахунок:

а) одночасної роботи центрального процесора як з пам'яттю програм, так і з пам'яттю даних;

б) розширення розрядної сітки шини дані пам'яті програм.

Наступним кроком на шляху збільшення швидкодії AVR є використання технології конвеєризації, внаслідок чого цикл "вибір - виконання" команди може бути помітно скорочений, підвищуючи тим самим продуктивність процесора. Наприклад, у мікроконтролерів сімейства MCS51 коротка команда виконується за 12 тактів генератора (1 машинний цикл), протягом якого процесор послідовно зчитує код операції й виконує її. В PIC-контролерах фірми Microchip уже реалізована конвеєрна обробка. Коротка команда виконується в них протягом 8 періодів тактової частоти (2 машинних цикли). За цей час послідовно дешифрирується й зчитується код операції, виконується команда, фіксується результат і одночасно зчитується код наступної операції (конвеєр). Тому одна коротка команда в загальному потоці реалізується за 4 періоди тактової частоти або за один машинний цикл. У мікроконтролерах AVR теж використовується однорівневий конвеєр при звертанні до пам'яті програм і коротка команда в загальному потоці виконується, як і в PIC-контролерах, за один машинний цикл. Головна ж відмінність полягає в тому, що цей цикл в AVR триває всього один період тактової частоти в порівнянні із чотирма в PIC.

Наступна відмнна риса архітектури мікроконтролерів AVR - регістровий файл швидкого доступу. Кожний з 32-х регістрів загального призначення довжиною 1 байт безпосередньо з'єднаний з арифметико-логічним пристроєм (ALU) процесора. Це означає, що в AVR існує 32 регістра-акумулятора. Це дозволяє в сполученні з конвеєрною обробкою виконувати одну операцію в ALU

за один машинний цикл. Наприклад, два операнда виймаються із регістрового файлу, виконується команда й результат записується назад у регістровий файл протягом тільки одного машинного циклу. Шість із 32-х регістрів файлу можуть використовуватися як три 16-розрядних покажчики адреси при непрямій адресації даних. Один із цих покажчиків застосовується також для доступу до таблиць перекодувань, записаних у пам'яті програм мікроконтролера. Використання трьох 16-бітних покажчиків істотно підвищує швидкість пересилання даних під час виконання прикладної програми.

Під час переходів до виконання процедур обробки переривань або підпрограм поточний стан програмного лічильника зберігається в стекі. Тільки в AT90S1200 стек реалізований апаратно із глибиною вкладень, рівною 3-м. У всіх інших типах AVR мікроконтролерів стек формується програмно й розташовується в загальному адресному просторі оперативної пам'яті даних. 16-розрядний покажчик стека перебуває в загальному адресному просторі оперативної пам'яті й доступний для читання й запису.

Система команд AVR досить розвинена й нараховує 89 різних інструкцій. Майже всі команди мають фіксовану довжину в одне слово (16 біт), що дозволяє в більшості випадків поєднувати в одній команді й код операції, і операнд(и). Розрізняють п'ять груп команд AVR: умовного розгалуження, безумовного розгалуження, арифметичні й логічні операції, команди пересилання даних, команди роботи з бітами. По кількості реалізованих інструкцій AVR більше схожі на CISC, ніж на RISC процесори. Наприклад, в PIC-контролерів система команд нараховує від 33 до 58 різних інструкцій, а в MCS51 вона становить 111.

У цілому, архітектура AVR у сполученні з регістровим файлом і розширеною системою команд дозволяє в короткий термін створювати програми з дуже ефективним кодом як по швидкості його виконання, так і по компактності.

Програмні й апаратні засоби для нової платформи розроблялися паралельно із самими мікроконтролерами й містять у собі компілятори,

внутрісхемні емулятори, відладчики, програматори, найпростіші відладочні плати-конструктори практично на будь-який смак.

Таким чином приведено переконливі аргументи на користь обраної елементної бази. Важливу роль у цьому грає й відкрита політика Atmel у питанні розвитку різноманітних і доступних засобів підтримки розробок. Це дозволяє сподіватися на збереження повноцінної підтримки для перспективної лінії контролерів і в майбутньому.

Програма мікроконтролера - це розміщена в пам'яті програм послідовність команд, кожна з яких складається із двійкових кодів операцій і двійкових адрес операндів.

Система команд мікроконтролерів включає команди арифметичних і логічних операцій, команди передачі даних, команди, що управляють послідовністю виконання програми, і команди операцій з бітами. Для зручності написання й аналізу програм всім операціям із системи команд, крім двійкового коду, зіставлені мнемокоди асемблера (символічні позначення операцій), які використовуються при створенні вихідного тексту програми.

Спеціальні програми-транслятори потім переводять символічні значення у двійкові коди.

По вихідному тексту програми, написаної мовою асемблера, можна визначити час її виконання й обсяг програмної пам'яті, необхідний для її зберігання. Програмування мовою асемблера є прекрасним засобом для того, щоб відчути архітектуру мікроконтролера й логіку його роботи. Цьому також сприяє та обставина, що транслятори з мови асемблера поширюються фірмою Атмел безкоштовно й доступні всім бажаючим.

Крім мови асемблера, для програмування мікропроцесорів широке поширення одержали мови програмування високого рівня: C і Delphi. Вони надають програмісту такий же легкий доступ до всіх ресурсів мікроконтролера, як і асемблер, але, разом з тим, дають можливість створювати добре структуровані програми, знімають із програміста турботу про розподіл пам'яті

даних і містять великий набір бібліотечних функцій для виконання стандартних операцій.

У данному випадку програма була реалізована на мові високого рівня Delphi.

Вся енергонезалежна пам'ять AVR-мікроконтролерів розміщена всередині чіпа й складається з FLASH-пам'яті програм і EEPROM-пам'яті даних.

Так як всі команди AVR являють собою 16-розрядні слова, FLASH-пам'ять організована як послідовність 16-розрядних осередків і має ємність від 512 слів до 64K слів залежно від типу корпусу. В FLASH-пам'ять, крім програми, можуть бути записані постійні дані, які не змінюються під час функціонування мікропроцесорної системи. Це різні константи, таблиці знакогенераторів, таблиці лінеаризації датчиків і т.д. Перевагою технології FLASH є високий ступінь ущільнення, а недоліком те, що вона не дозволяє стирати окремі осередки даних. Тому завжди виконується повне очищення всієї пам'яті програм. При цьому гарантується, як мінімум 1000 циклів перезапису FLASH-пам'яті AVR.

EEPROM блок пам'яті, що стирається електрично, AVR призначений для зберігання енергонезалежних даних, які можуть змінюватися безпосередньо на об'єкті. Це калібровані коефіцієнти, різні встановлення, конфігураційні параметри системи. EEPROM-пам'ять має меншу ємність (від 64 байт до 4К байт), але має можливість побайтного перезапису осередків, що може відбуватися як під керуванням зовнішнього процесора, так і під керуванням AVR-мікроконтролера під час його роботи із програми.

В енергонезалежній пам'яті AVR є декілька спеціалізованих біт.

LOCK-біти (LB1, LB2) призначені для захисту програмної інформації, що втримується в FLASH-пам'яті. Запрограмувавши біти захисту, стерти їх можна лише під час очищення FLASH -пам'яті, що знищує й всю програму. FUSE-біти дозволяють задавати деякі конфігураційні особливості мікроконтролера.

Мікроконтролери AT90S1200 мають FUSE-біти SPIEN і RCEN. Всі інші типи classicAVR конфігуруються за допомогою FUSE-біт SPIEN і FSTRT.

MegaAVR мають чотири FUSE-біти: SPIEN, SUT0, SUT1 і EESAVE. Три енергонезалежних Signature-байти служать для ідентифікації типу чіпа, і доступні тільки для читання.

Різноманітні способи програмування AVR-мікроконтролерів забезпечують простий і зручний доступ до внутрішньої енергонезалежної пам'яті у всіх можливих ситуаціях програмування.

Для енергонезалежних FLASH і EEPROM блоків AVR передбачені паралельний і послідовний способи програмування, які виконуються під керуванням зовнішнього процесора, а для EEPROM-пам'яті також можливий спосіб програмного перезапису під керуванням AVR. LOCK-біти можуть програмуватися як паралельно, так і послідовно. FUSE-біти в молодших моделей AVR можуть програмуватися тільки послідовно, а в старших - і паралельно, і послідовно.

Паралельне програмування енергонезалежної пам'яті використовує велику кількість виводів мікроконтролера й виконується на спеціальних програматорах. Таке програмування зручне, коли при масовому виробництві необхідно "прошивати" велику кількість кристалів.

Послідовне програмування може виконуватися прямо в мікропроцесорній системі (In System Programming) через послідовний SPI-інтерфейс, що використовує всього чотири виводи AVR-мікроконтролера. Ця нова можливість є дуже важливою, так як дозволяє обновляти програмне забезпечення у вже функціонуючій мікропроцесорній системі.

Як було відмічено вище, програмне забезпечення для магістерської роботи реалізується на мові високого рівня програмування Delphi.

Delphi - це комбінація декількох найважливіших технологій:

– Високопродуктивний компілятор у машинний код.
– Об’єктно-орієнтована модель компонентів.
– Візуальна побудова додатків із програмних прототипів.
– Масштабовані засоби для побудови.

Компілятор, вбудований в Delphi, забезпечує високу продуктивність, необхідну для побудови додатків в архітектурі "клієнт-сервер". Він пропонує легкість розробки й швидкий час перевірки готового програмного блоку, характерного для мов четвертого покоління (4GL) і в той же час забезпечує якість коду, характерного для компілятора 3GL. Крім того, Delphi забезпечує швидку розробку без необхідності писати вставки на С або ручного написання коду.

Проектування в Delphi мало чим відрізняється від проектування в інтерпретуючому середовищі, однак після виконання компіляції ми одержуємо код, що виконується в 10-20 разів швидше, ніж те ж саме, створене за допомогою інтерпретатора. Основна увага об’єктно-орієнтованої моделі програмних компонентів в Delphi приділяється максимально повторюваному використанні коду. Це дозволяє будувати додатки досить швидко із заздалегідь підготовлених об'єктів, а також дає їм можливість створювати свої власні об'єкти для середовища Delphi. Ніяких обмежень по типу об'єктів, які можуть створювати розроблювачі, не існує. Розробка інтерфейсу для Windows в Delphi є найпростішим завданням для програміста. Середовище Delphi містить у собі повний набір візуальних інструментів для швидкісної розробки додатків (RAD - rapid application development), що підтримує розробку користувальницького інтерфейсу й підключення до корпоративних баз даних. VCL - бібліотека візуальних компонентів, містить у собі стандартні об'єкти побудови користувацького інтерфейсу, об'єкти керування даними, графічні об'єкти, об'єкти мультимедіа, діалоги й об'єкти керування файлами, керування DDE і OLE. В Delphi візуальні компоненти можна написати на об'єктному Паскалі, на тому ж Паскалі, на якому пишеться алгоритмічна частина додатка. Візуальні компоненти Delphi виходять відкритими для надбудови й переписування. Об'єкти БД в Delphi засновані на SQL. До складу Delphi також включений Borland SQL Link, тому доступ до СУБД Oracle, Sybase, Informix і InterBase відбувається з високою ефективністю. Крім того, Delphi містить у собі локальний сервер Interbase для того, щоб можна було розробити розширювання

на будь-які зовнішні SQL-сервери додатка в офлайновому режимі програмування. Завдяки відкритій компонентній архітектурі додатка, створені за допомогою Delphi програми працюють надійно й стійко. Delphi підтримує використання вже існуючих об'єктів, включаючи DLL, написані на C і C++, OLE серверу, VBX, об'єкти, створені за допомогою Delphi. З готових компонентів працюючі додатки збираються дуже швидко. Крім того, оскільки Delphi має повністю об'єктну орієнтацію, розроблювачі можуть створювати свої повторно використовувані об'єкти для того, щоб зменшити витрати на розробку. Розроблювачі можуть додавати CASE-інструменти, кодові генератори, а також авторські help'и, доступні через меню Delphi. Two-way tools - однозначна відповідність між візуальним проектуванням і класичним написанням тексту програми

У додатку даються описи всіх процедур і функцій, що містяться в програмі.

3.2 Розробка структурної схеми системи

Вхідні дані дають поточне значення уонтрольованих об`єктів (тепломереж). Спостерігання відбувається за допомогою датчиків тиску температури, вологості та інших датчиків.

Головним модулем є мікроконтролер, якій керує вхідними потоками і подає дані на інтерфейс RS-232.

Структура системи визначаються, виходячи з необхідності операцій одержання, збору, передачі, обробки, зберігання реєстрації й подання інформації. Пояснимо деякі функціональні перетворення телемеханічної інформації.

В процесі практичної реалізації теоретичних принципів розробки системи, розглянутих вище, була розроблена структурна схема в якій були розглянуті аспекти побудови системи керування тепломережею (рисунок 3.1):

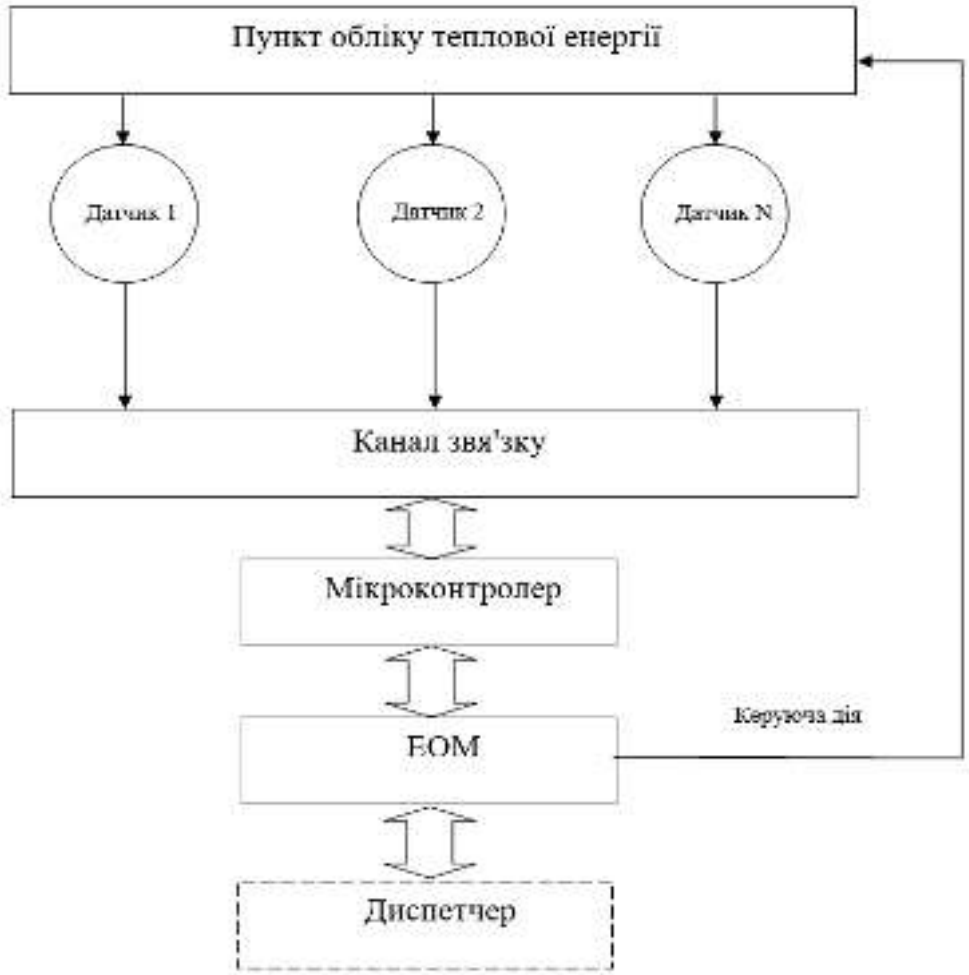


Рисунок 3.1 – Структурна схема системи

Пункт теплообміну являє собою контрольований пункт, на якому здійснюється одержання інформації наступного виду: попереджувальної й аварійної, про роботу встаткування, про значення температури теплоносія.

Отримана інформація повинна бути перетворена в електричні сигнали, з наступним перетворенням цих сигналів. Далі сигнали перетворяться для передачі їх по каналі зв'язку. Від кожної насосної станції по своєму каналу зв'язку сигнали передаються на диспетчерський пункт, де відбувається розшифрування сигналів, проводиться попередня обробка й перетворення інформації, що надходить у комп'ютер. Результати обробки відображуються на дисплей комп'ютера або принтер.

У пункті обліку теплової енергії інформація від датчиків телевимірювання й телесигналізації надходить у перетворювачі інформації, де ця інформація перетвориться в нормалізовані електричні сигнали. Ці сигнали по дротових лініях зв'язку передаються на теплообчислювач.

Теплообчислювач проводить математичні операції по заздалегідь відомих формулах для розрахунку кількості теплоти, обсягу (ваги) теплоносія, по різниці тисків, температур і витратам теплоносія визначає необхідні параметри.

З теплообчислювача інформація байт за байтом надходить на контролер. Разом з миттєвими параметрами передаються середні часові значення.

До контролера також підключений датчик захисту від злому пункту обліку теплової енергії (охоронний), пожежної безпеки й датчик затоплення. При виявленні сигналу від одного із цих датчиків контролер зв'язується з диспетчерським пунктом і передає сигнал тривоги, по якому оператори повинні вжити відповідних заходів.

На диспетчерському пункті передбачено встановлення радіомодулів для обміну сигналами з пунктом обліку теплової енергії.

Комп'ютер диспетчерського пункту організує почерговий обзвін пунктів обліку теплової енергії, підключених до телемеханічної системи. Протягом декількох секунд комп'ютер здійснює обмін інформацією тільки з однією (обраною ним) станцією.

В зв’язку з тим, що диспетчерський пункт об'єднаний з контрольованим пунктом, встановлюється ще пристрій введення інформації в комп'ютер, тому що тут телемеханічна інформація не буде передаватися по лінії зв'язку. Комп'ютер обробляє прийняту й видає отриману інформацію на екран монітора. Крім того, у пам'яті комп'ютера втримується вся інформація про роботу підключених до системи, насосних станцій протягом 24 годин.

Периферійний пристрій (контролер) містить у собі однокристальну ЕОМ, що має свою внутрішню мову асемблер. На цій мові реалізоване програмне забезпечення для контролера. Це програмне забезпечення дозволяє з диспетчерського пункту зчитувати дані з теплообчислювача й направляти їх на

репітер, що генерує імпульси й посилає їх на радіомодуль. У випадку пожежі, злому або затоплення пункту обліку теплової енергії, контролер одержує відповідний сигнал і робить з'єднання з диспетчерським пунктом, і повідомляє про аварію.

На диспетчерському пункті є комп'ютер, який аналізує параметри на пунктах обліку теплової енергії. На комп'ютері є програма написана мовою високого рівня, що забезпечує оператору інтерактивний інтерфейс із периферійним пристроєм і дозволяє посилати контролеру різні команди. Програма містить у собі математичний апарат для розрахунку, обліку, архівування й зберігання необхідних параметрів.

3.2 Розробка функціональної схеми

Враховуючи виклики сьогодення і навмисне руйнування датацентрів, під час проектування функціональної схеми керування тепломережею в якості каналу зв'язку між пристроями контролю мережі теплопостачання та мікроконтролером було запропоновано використати радіомодулі Zigbee. Це дозволить при відсутності інтернету та інших видів зв'язку мати надійний обмін інформацією між діагностуючим та контролюючим обладнанням апаратно-програмного комплексу розподілу теплової енергії.

На рисунку 3.2 зображена функціональна системи:

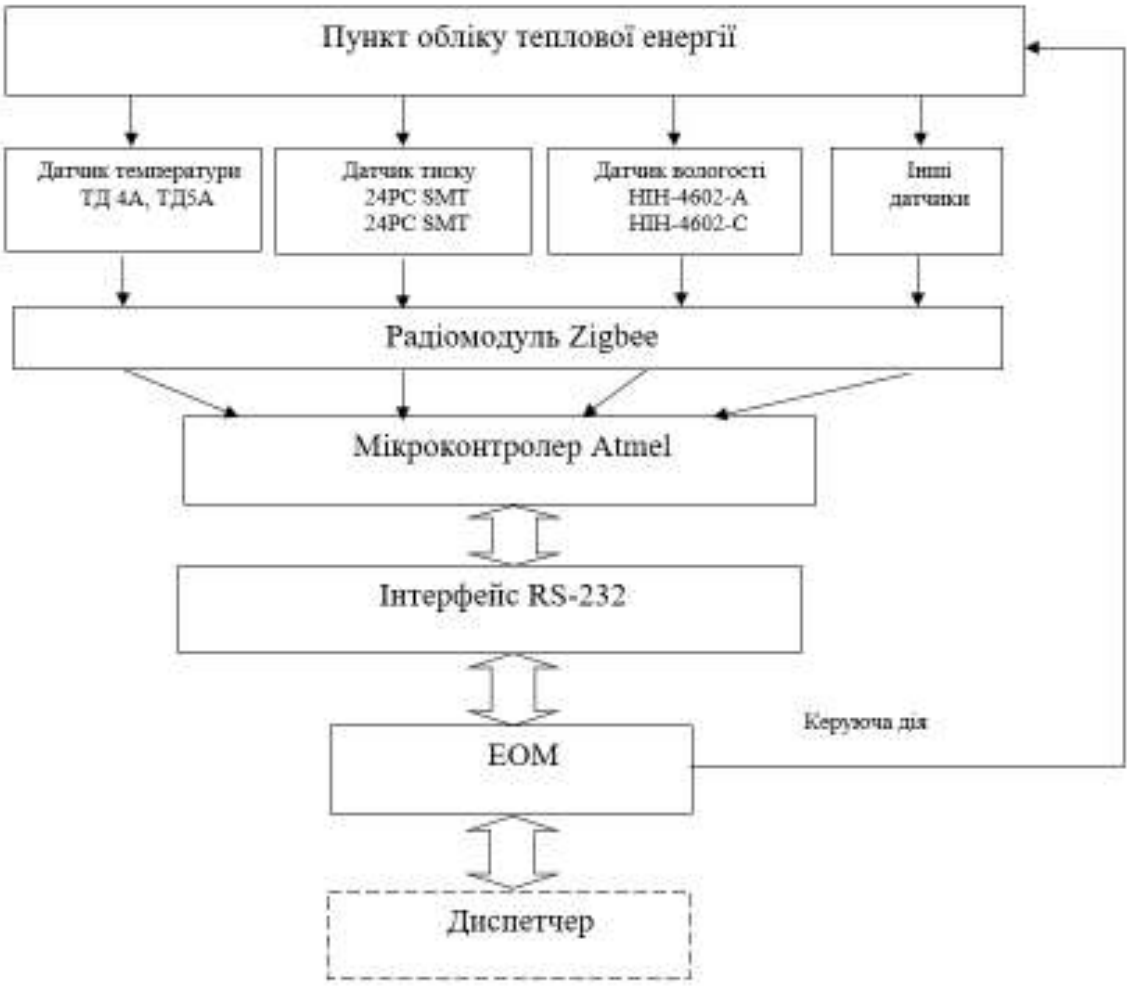


Рисунок 3.2 – Функціональна схема системи

Всі параметри, що вимірюються в тепломережі за допомогою датчиків з інтерфейсами (в залежності від типа датчика інтерфейси різні) подаються на мікроконтролер Atmel (AT90S1200) який обробляє отримані дані утворюючи чергу подання даних на інтерфейс RS-232.

Датчики вимірювання температури. Температура - найбільш важливий показник теплової насосної станції. Відповідно до технічного завдання система повинна забезпечувати виміри температури теплоносія в трубопроводі, що подає тепло, а також у зворотному трубопроводі. Крім того, контроль перегріву підшипників насосів і електродвигунів також доцільно здійснювати шляхом вимірів температури. Найпоширеніші термопари, термоперетворювачі опору, напівпровідникові терморезистори, кремнієві (у тому числі й інтегральні)

термодатчики. Для вимірів температури теплоносія доцільно застосувати термоперетворювачі TD4A, TD5A які забезпечують не тільки контроль температури на поверхні, а і контроль температури в рідкому середовищі. В зв’язку з тим, що передбачається ситуація коли на території насосної станції не буде обслуговуючого персоналу, то з метою підвищення надійності апаратно-програмного комплексу стане доцільним постійний контроль температури повітря в ній. Для цього теж може бути обрано TD4A або TD5A.

При застосуванні будь-якого термодатчика необхідно в комплекті з ним застосовувати проміжний перетворювач (інтерфейс), призначений для перетворення сигналу термодатчика в уніфікований сигнал постійного струму 0-5 мА або напругу 10В. Принцип дії перетворювача заснований на статичній автокомпенсації. Сигнал від термометра надходить на вимірювальний міст і далі на вхідний підсилювач, виконаний за схемою модулятор-демодулятор. Демодульованний сигнал підсилюється вихідним підсилювачем постійного струму, вихідний сигнал якого надходить на навантаження й пристрій зворотного зв'язку. Вхідні й вихідні ланцюги не мають гальванічного зв'язку з ланцюгами живлення й між собою теж. Всі типи перетворювачів є одноканальними, тобто для кожного термометра повинен використовуватися свій перетворювач.

Датчики для вимірювання тиску. Тиск - параметр, що характеризує протікання процесів на ТНС. При виборі датчиків тиску керуються вимогою перетворення величини тиску в уніфікований вихідний сигнал. Існує кілька різних типів датчиків:

- датчики тиску з мембранами (прогини мембрани перетворяться в зміни опору резистора або в зміну індуктивності обмоток вихідного перетворювача);

- датчики тиску з мембранами й п’єзоелементами (виникнення електричних зарядів на робочих гранях п’єзоелемента при виникненні тиску);

- датчики тиску з мембранами й тензометричними перетворювачами (тиск, прикладений до мембрани, перетвориться в зміну опору тензоелемента);

- ємнісні датчики тиску (тиск, прикладений до мембрани, перетвориться в зміну опору тензоелемента);

- датчики тиску з манометричними трубчастими пружинами.

Порівняльний аналіз датчиків тиску з різними принципами дії показав, що найбільш доцільно в телемеханічній системі застосувати датчики 24PC SMT, 26PC SMT, 24PCD, принцип дії яких заснований на прогині металевої мембрани (чутливий елемент), що спочатку перетвориться в зміну опору потенціометра, а потім у струм на виході датчика.

Датчик вологості. Забезпечує контроль приміщень тепломереж. Використовуються датчики HIH- 4602-A, HIH-4602-C, HIH-4602-L в залежності від типу приміщення. Також можуть бути застосовані інші менш важливі датчики що забезпечують охорону примішень.

Датчик пожежної сигналізації. У даний час використовуються системи автоматичного виявлення пожежі по трьох факторах: теплу, диму, полум'ю. Найпоширеніші теплові пожежні датчики наступних типів:

- максимальної дії, що спрацьовують при перевищенні температурою розрахункової величини;

- максимально-диференціальні, об'єднуючі властивості датчиків максимального й диференціального типів;

- диференціальні, реагуючі на швидке підвищення температури.

Всі існуючі теплові датчики виявляють пожежу, коли вона досягає певних розмірів. Такий датчик відповідає наступним вимогам: реагує на змінну складову коливань температури в визначеному частотному діапазоні, не видає сигналів тривоги при впливі завад створюваних роботою устаткування. Для підвищення надійності системи пожежної сигналізації в телемеханічній системі встановлені додаткові датчики диму.

Датчики охоронної сигналізації. Повинні забезпечувати недоторканність пункту обліку теплової енергії. Можливе застосування наступних систем охорони: шлейфового типу, на базі інфрачервоних світлових передавачів і приймачів, на базі радіохвиль, на базі ультразвуку. Найбільш

проста й дешева система шлейфового типу. У ній використовуються замикаючі або електричні контакти, що розмикаються, тобто електричне коло замикається або розмикається механічним способом. Шлейф з'єднується з перетворювачем охоронної сигналізація. При пошкодженні шлейфу на виході перетворювача охоронної сигналізація з'являється сигнал тривоги, що надходить у передаючу апаратуру ТММ для передачі сигналу на диспетчерський пункт. До складу системи охоронної сигналізації введений вимикач входу-виходу, що приводить до затримки на кілька секунд у дії системи і це дозволяє входити й виходити з об'єкта, не викликаючи сигналу тривоги. Сигнал тривоги, що надійшов на диспетчерський пункт із об'єкта, що знаходиться під охороною може скасувати тільки обслуговуючий персонал який прибуде на теплову насосну станцію.

Датчики для сигналізації затоплення напрямків мережевих трубопроводів. Можливе застосування двох варіантів датчиків: поплавкового й реле рівня. У даний час існують поплавкові датчики заводського виготовлення, наприклад, датчик рівня РО-1. Тут можливим є налаштування на чотири значення рівня води. Реле рівня засноване на замиканні контакту при зіткненні з рідиною. Існують наступних видів таких реле: РІС- 101-011, РІС-101011И, РІС-101021, РМ-51. Для контролю за даним параметром ефективним буде використання датчика з контактними електродами (реле рівня), тому що він простий, дешевий і надійний.

Стосовно використання радіомодулів Zigbee в системі обміну інформацією між датчиками контролю тепломережі та мікроконтролером на пульті керування, потрібно відмітити, що радіомодуль Zigbee здатен передавати інформацію на відстань до 2 км. Але при досить великій віддаленості від пункту керування теломережею радіомодуль здатен бути ретлянслятором (репітером), що дозволяє розширювати дальність прийомо-передачі сигналів і збільшувати площу покриття мережі.

Радіомодулі Zigbee функціонують наступним чином – створюється комірчаста топологія (так звана Mesh - мережа) з низьким енергоспоживанням в якій пристрої мережі можуть передавати інформацію ланцюжком один одному

до головного вузла збору даних. Дана технологія розроблена на основі стандарту IEE 802.15.4 і може працювати на частоті 2,4 ГГц або на частоті 868-915 МГц при цьому швидкість передачі даних становить близько 250 кбіт за секунду.

Функціонування системи може відбуватись як в автономному режимі, так і при наявності диспетчера (оператора пульта керування).

3.3 Розробка діаграми процесів

Програмне забезпечення апаратно-програмного комплексу розподілу теплової енергії складається з таких блоків як:

– Основний модуль керування.
– Налагодження інтерфейсу ПЗ.
– Налагодження параметрів вимірювання ПЗ.
– Довідкові дані.

Алгоритм дій розробленого програмного забезпечення наступний – після отримання даних відбувається їх обробка та виведення результатів на екран персонального комп’ютера, в залежності від поточних налаштувань програмного забезпечення. Потім відбувається контроль (автоматичний або у ручному режимі) забезпечуючий перевірку параметрів та проведення відповідних дій.

Важливим критерієм при розробці програмного забезпечення є грамотна розробка структури роботи системи.

На діаграмі процесів зображеній на рисунку 3.4 можна побачити як працює і взаємодіє розроблене програмне забезпечення в цілому.

Починається і закінчується програма в першому блоці це є основною точкою відрахунку діаграми. При переміщенні по стрілках можна побачити загальну схему взаємодії блоків.

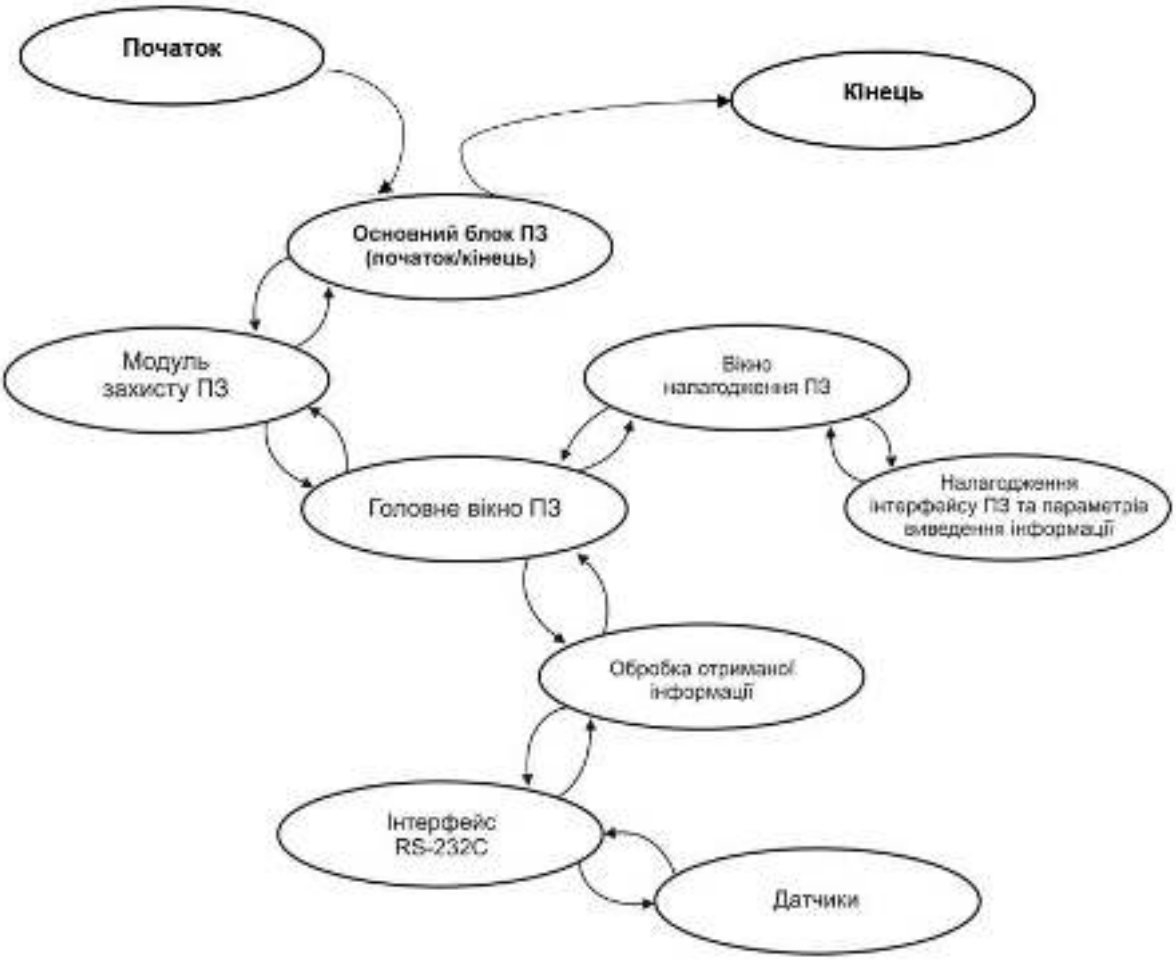


Рисунок 3.4 – Діаграма процесів

Як можна побачити з основного блоку програми керування переходить спочатку до модулю захисту та потім до головного вікна програми з якого можно потрапити у вікно налагодження інтерфейсу програмного забезпечення та параметрів виведення інформації. Далі через головне вікно та обробки отриманої інформації через інтерфейс RS-232C відбувається зв'язок з вхідними даними (датчиками контролю параметрів пунктів теплообміну).

Система повинна дистанційно стежити за роботою обладнання теплової насосної станції (стан насосів) або пунктом обліку, а також повинна сповіщати диспетчера про аварійні ситуації. Пристрої телесигналізації складаються з передавальної й прийомної апаратури й лінії зв'язку. Сигнали в цих пристроях передаються у вигляді окремих кодів і класифікуються по призначенню. У реальній телемеханічній системі телевимірювання застосовується для передачі

сигналів службового призначення, виклику датчиків, впливу на налаштування автоматичних регуляторів.

У зв'язку з накладеними суворими обмеженнями на якість і оперативність передачі вимірюваних параметрів, можливим шляхом рішення перерахованих вище завдань буде застосування в якості основного вузла однокристальної ЕОМ.

4. РЕАЛІЗАЦІЯ РОБОТИ. РОЗРАХУНКИ І ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДАНІ, ЩО ПІДТВЕРДЖУЮТЬ ВІРНІСТЬ ПРОЕКТНИХ ТА ПРОГРАМНИХ РІШЕНЬ

4.1 Розробка блок-схем та опис алгоритмів функціонування системи

Під час виконання завдань поставлених у магістерській роботі було створено блок-схеми основної програми та підпрограм. Перед їх розглядом необхідно провести роз’яснення який саме тип блок-схем використовується.

Блок-схема це представлення задачі для її аналізу або розв'язування за допомогою спеціальних символів (геометричних образів), які позначають такі елементи, як операції, потік, дані тощо. Блок вхідних та вихідних даних прийнято позначати паралелограмом, блок обчислень (обробки) даних – прямокутником, блок прийняття рішень – ромбом, еліпсом – початок та кінець алгоритму.

У інформаційних технологіях функціональна схема складається з функціональних блоків, які являють собою конструктивно відокремлені частини (елементи або пристрої) автоматичних систем, які виконують певні функції. Функціональні блоки на схемі позначають прямокутниками, всередині яких надписують їх найменування відповідно до функцій, що виконуються. Зв'язки між функціональними блоками (внутрішні впливи) позначаються лініями зі стрілками, які вказують напрям впливів.

Функціональні схеми можуть виконуватися в укрупненому і розгорненому вигляді. У першому випадку на схемі зображають найважливіші блоки системи і зв'язки між ними.

У другому варіанті схема відображається більш детально, що полегшує її читання та ілюструє принцип роботи.

Основні елементи схем алгоритму це процес, рішення, зумовлений процес (підпрограма), дані та з'єднувач.

Термінал це елемент відображаючий вхід із зовнішнього середовища або вихід з неї (найчастіше застосування – початок і кінець програми). Всередині записується відповідна дія.

Процес це виконання однієї або кількох операцій, обробка даних будь-якого виду (зміна значення даних, форми подання, розташування). Всередині фігури записують безпосередньо самі операції.

Рішення показує рішення або функцію перемикаючого типу з одним входом і двома або більше альтернативними виходами, з яких тільки один може бути обраний після обчислення умов, визначених всередині цього елементу. Вхід в елемент позначається лінією, що входить зазвичай у верхню вершину елементу. Якщо виходів два чи три то зазвичай кожен вихід позначається лінією, що виходить з решти вершин (бічних і нижній). Якщо виходів більше трьох, то їх слід показувати однією лінією, що виходить з вершини (частіше нижній) елемента, яка потім розгалужується. Відповідні результати обчислень можуть записуватися поруч з лініями, що відображають ці шляхи.

Зумовлений процес (підпрограма) це символ відображає виконання процесу, що складається з однієї або кількох операцій, що визначені в іншому місці програми (у підпрограмі, модулі). Всередині символу записується назва процесу і передані в нього дані.

Дані це перетворення у форму, придатну для обробки (введення) або відображення результатів обробки (виведення). Цей символ не визначає носія даних (для вказівки типу носія даних використовуються специфічні символи).

З'єднувач це символ відображає вихід в частину схеми і вхід з іншої частини цієї схеми. Використовується для обриву лінії та продовження її в іншому місці (приклад: поділ блок-схеми, що не поміщається на листі). Відповідні сполучні символи повинні мати одне (при тому унікальне) позначення.

Блок-схеми є першоджерелами стратегії розвитку ПЗ. Тому від точності і детальної блок-схеми залежить результат всієї програми.

На рисунках 4.1, 4.2, 4.3 зображено розроблені блок-схеми основної програми та підпрограм відповідно. Первинною стадією без якої не відбувається розробка програмного забезпечення це звичайно є розробка блок-схем.

З основного алгоритму програми винесені дві основних підпрограми це підпрограма налагодження параметрів (рисунок 4.1) та блок-схема підпрограми отримання та обробки даних (рисунок 4.2).

Виділимо у розробленій блок-схемі основні блоки.

Початок роботи та перевірки:

- Початкова ініціалізація змінних та виділення пам`яті;
- Підключення бібліотек взаємодії з RS-232;
- Підключення додаткових модулів;
- Ініціалізація та спроба доступу до RS-232;
- Встановлення початкових значень програмного забезпечення;
- Виведення головного вікна ПЗ на екран.

Робота програми:

- Очікування дій користувача;
- Підпрограма налагодження параметрів виведення даних;
- Підпрограма отримання та обробки даних.

Завершення роботи:

- Виведення вікна повідомлення про завершення роботи ПЗ;
- Приховання головного вікна ПЗ на екран;
- Перехід в режим завершення роботи ПЗ;
- Відключення додаткових модулів;
- Звільнення ресурсів програми.

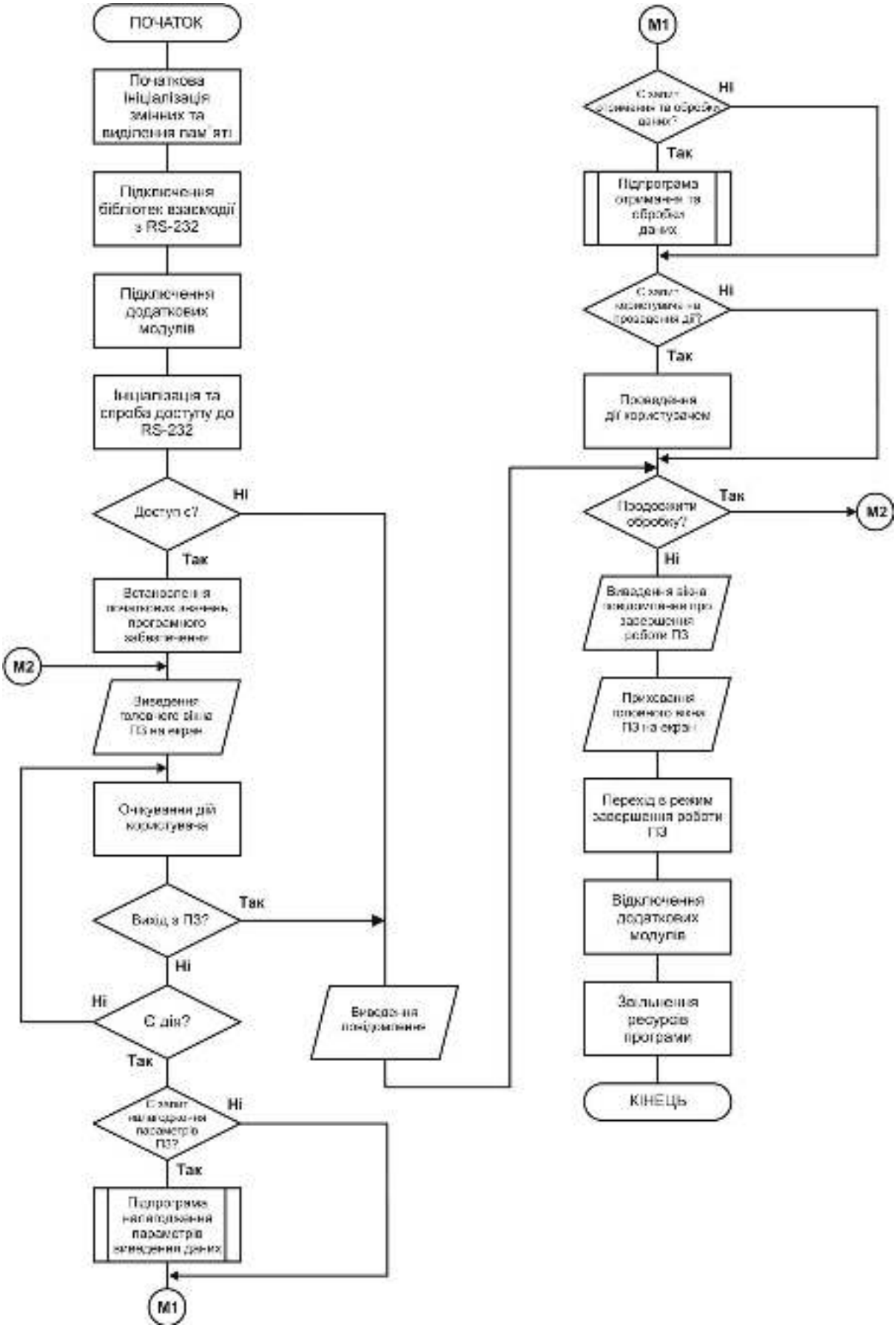


Рисунок 4.1 – Блок схема основної програми

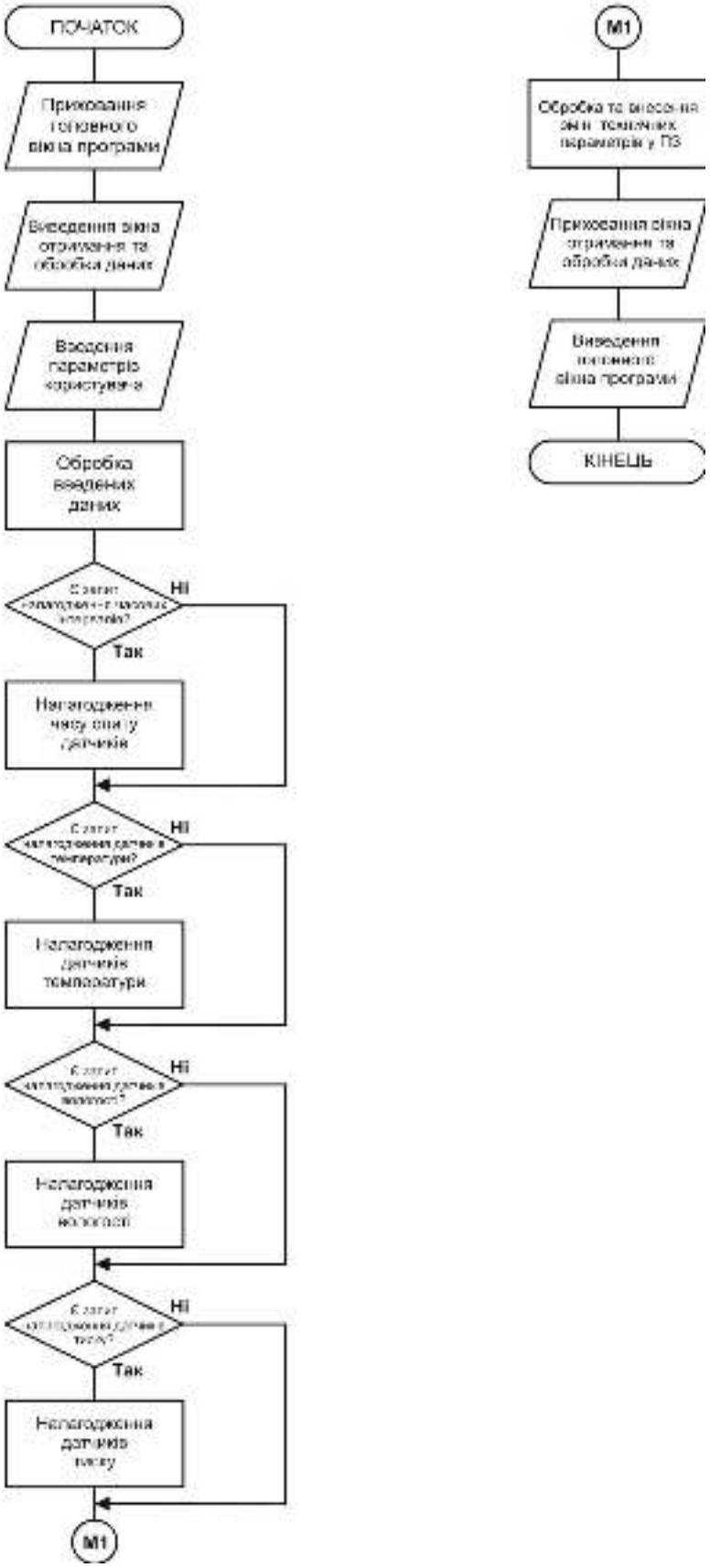


Рисунок 4.2 – Блок-схема підпрограми налагодження параметрів



Рисунок 4.3 – Блок-схема підпрограми

При складанні блок-схем програмного забезпечення і напрацювання алгоритмів взаємодії виникло багато проблем, які вимагали напрацювання процедур і функцій над основною проблематикою. Для чого були створені додаткові процедури та функції що забезпечили вирішення проблем, що виникли. Розглянемо ряд розроблених процедур та функцій:

- procedure RunInConsoleMode - Перевірка введених параметрів у ПЗ;

- function GetFileStream: TFileStream - Отримання потоку данних**;**

- function GetModifyTime: Longint - Отримання модифікованого часу**;**

- function GetMethodValue - Отримання значень**;**

- procedure Initialize - Початкова ініціалізація**;**

- procedure AddrEdtChange(Sender: TObject) - Процедура виникає при зміні мережної адреси пристрою;

- procedure SetInputState(const Value: integer) - Процедура виникає при підборі візуального стану програми;

- procedure CommPortDriver1ReceiveData(Sender: TObject; DataPtr: Pointer; DataSize: Integer) - Процедура виникає при відповіді пристрою;

- procedure SetOutput(const Value: String) - Дана процедура виникає, коли ми намагаємося послати команду пристрою;

- function GetInput: String - Повертає тіло пакета без мережної адреси й контрольної суми;

- function CompareCheckSum(AStr: String; CS: Char): boolean - Функція порівняння контрольної суми з отриманими даними;

- function CheckSum(AStr: String): Char - Функція відповідальна за підрахунок контрольної суми.

Розроблене ПЗ здійснює прийом інформаційних байтів з пункту обліку теплової енергії (вхідні дані) і їхній аналіз. По результаті аналізу дані в зручному для користувача виді виводяться на екран монітора. Дані також можуть бути збережені в ЕОМ, у якій зберігаються абсолютно всі параметри вимірювань. Програма в залежності від налаштувань проводить ручний (статичний) або автоматичний контроль системи. Програма дозволяє проводити логічні й

математичні операції над даними, що надійшли. Блок моніторингу дозволяє побачити в реальному часі дані, що надходять, і миттєві їхні значення.

Розглянемо розроблений код взаємодії з RS-232C та проведення спостереження за об'єктом.

В першому полі (Edit) вводимо мережеву адресу теплолічильника. За замовчуванням вона дорівнює 0. Потім надсилаєио команди теплолічильнику. Третє поле (Edit) слугує для виведення информації, яку надсилає теплолічильник.

```
//Визначаємо символьний масив  PXXXX=^ TPryjmak;
type    TPryjmak=array[1..255] of Char;
//Функція відповідальна за підрахунок контрольної суми
function TForm1.CheckSum(AStr: String): Char;
//Вводимо свої цілочислені змінні
var crc,i: Integer;
begin
crc:=0;
for i := 1 to Length(AStr) do
crc:=crc+Ord(AStr[i]);
crc:=(crc and $3F) + $30;
Result:=Chr(crc);
end;

//Функція порівняння контрольної суми з отриманими
//даними
function TForm1.CompareCheckSum(AStr: String; CS: Char): boolean;
begin
Result:=CheckSum(AStr)=CS;
end;
//Повертає тіло пакета без мережної адреси й
//контрольної суми
function TForm1.GetInput: String;
var l:integer;
begin
Result:='';
l:=Length(FInput);
if InputState = 1 then
begin
 if StartTime+3000 < GetTickCount then InputState := 2;
 Exit;
end;
if l<3 then Exit;
if CompareCheckSum(Copy(FInput,1,l-2),Copy(FInput,l-1,1)[1])=true  then
begin
InputState := 0;
NetNumber:=FInput[1];
AddrEdt.Text:=NetNumber;
Result:=copy(FInput,2,l-3);
end
else
InputState := 3;
end;
//Дана процедура виникає, коли ми намагаємося
```

```
        //послати команду пристрою
        procedure TForm1.SetOutput(const Value: String);
        var XXXX:TXXXX;
            S:String;
            L,i:Integer;
        begin
        S:=NetNumber+Value;
        S:=S+CheckSum(S)+#13;
        L:=Length(S);
        if L>255 then Exit;
        for i:=1 to L do XXXX[i] := S[i];
        InputState := 1;
        FInput:='';
        CommPortDriver1.SendData(@XXXX,L);
        StartTime:=GetTickCount;
        end;
        //Процедура виникає при запуску програми
        procedure TForm1.FormCreate(Sender: TObject);
        begin
        NetNumber:='0';
        CommPortDriver1.Connect;
        end;
        //Процедура виникає при виході із програми
        procedure TForm1.FormDestroy(Sender: TObject);
        begin
        CommPortDriver1.Disconnect;
        end;
        //Процедура виникає при відповіді пристрою
        procedure TForm1.CommPortDriver1ReceiveData(Sender: TObject;  DataPtr:
Pointer; DataSize: Integer);
        var PX:PXXXX; i:integer;
        begin
        InputState := 4;
        Application.ProcessMessages;
        FInput:='';
        PX:=DataPtr;
        for i := 1 to DataSize do
        begin
         FInput:=FInput+PX^[i];
        end;
        InputState := 5;
        Application.ProcessMessages;
        Edit2.Text:=Input;
        end;
        //Процедура виникає при підборі візуального
        //стану програми
        procedure TForm1.SetInputState(const Value: integer);
        begin
        FInputState := Value;
        case Value of
            0: Caption:='Дані успішно прийняті';
             1: Caption:='Чекаємо відповіді';
             2: Caption:='Таймаут';
             3: Caption:='Пакет прийнятий з помилкою';
             4: Caption:='Приймаємо відповідь';
             5: Caption:='Відповідь отримана';
        end;
        end;
        //Процедура виникає при натисканні клавіші "Відправити"
        procedure TForm1.SendBtnClick(Sender: TObject);
        begin
        Output:=OutputEdt.Text;
        SendBtn.Enabled:=False;
```

```
repeat
 Edit2.Text:=Input;
until InputState<>1;
SendBtn.Enabled:=True;
end;
//Процедура виникає при зміні мережної адреси пристрою
procedure TForm1.AddrEdtChange(Sender: TObject);
begin
NetNumber:=AddrEdt.Text[1];
end;
```

5 МЕТОДИКА ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ В ПРОМИСЛОВУ ЕКСПЛУАТАЦІЮ

Підготовка програми для мікроконтролера виконується на персональному комп'ютері й складається з наступних етапів:

- створення тексту програми;

- трансляція тексту в машинні коди й виправлення синтаксичних помилок;

- налагодження програми, тобто усунення логічних помилок;

- остаточне програмування мікроконтролера.

Кожний з етапів вимагає використання спеціальних програмних і апаратних засобів. Нижче перераховані найбільш доступні з них на сьогоднішній день.

Базові програмні засоби фірми Атмел поширюються безкоштовно, у той час як апаратні засоби мають свою вартість. Слід зазначити, що крім безкоштовних програмних засобів фірми Атмел, що дозволяють програмувати тільки мовою асемблера, фірмами IAR SYSTEMS, CMX CORPORATION, KANDA SYSTEMS Ltd. і іншими розроблені засоби підтримки програмування на мовах високого рівня С и BASIC, а також операційні системи реального часу.

Для роботи в середовищі Windows XXX фірмою Атмел пропонується програма WAVRASM, що дозволяє виконати створення тексту програми і його трансляцію усередині однієї оболонки й забезпечує додатковий сервіс для швидкого пошуку синтаксичних помилок у тексті програми.

Результатом роботи на першому етапі є файл <ім'я_файлу>.asm, що містить текст програми (розширення ім'я файлу звичайно вказує на мову програмування) і є вхідним для програм-трансляторів, які, у свою чергу, створюють чотири нових файли: файл лістингу (<ім'я_файлу>.lst), об'єктний файл (<ім'я_файлу>.obj), файл-прошивання FLASH-пам'яті (<ім'я_файлу>.hex), файл-прошивання EEPROM-пам'яті (<ім'я_файлу>.eep). Файл лістингу - це звіт

транслятора про свою роботу. У ньому приводиться трансльована програма у вигляді вихідного тексту, кожному рядку якого зіставлені відповідні двійкові коди. Крім того, лістинг містить повідомлення про виявлені помилки. Об'єктний файл використовується надалі як вхідний для програми-відладчика AVRSTUDIO і має спеціальний формат. Файли прошивання FLASH і EEPROM блоків пам'яті призначені для роботи з будь-якими послідовними й паралельними програматорами AVR і мають стандартні формати.

Наступним етапом підготовки програми є її налагодження, що може виконуватися двома основними способами: на персональному комп'ютері за допомогою програми-симулятора або в реальній мікропроцесорній системі. Два ці способи взаємно доповнюють один одного. Програма-симулятор AVRSTUDIO відображає на екрані комп'ютера програму й стан внутрішніх регістрів AVR.

Таким чином, стає можливим спостерігати зміни змінних, які відбуваються усередині мікроконтролера при виконанні тих або інших команд програми. Відзначимо, що в реальній системі за допомогою осцилографа неможливо переглянути стан внутрішніх регістрів. Використання симуляторів є ефективним при налагодженні підпрограм, які виконують чисельну обробку внутрішніх даних. В той же час, налагодження підпрограм, пов'язаних з якими-небудь зовнішніми елементами, зручно виконувати безпосередньо в робочій системі. Для налагодження програми в робочій системі, крім програмних засобів, потрібні також і апаратні. Нижче наведені представлені різні варіанти побудови системи відлагодження, що відрізняються своєю вартістю й можливостями.

Найбільш швидкий, не потребуючі пайки спосіб побудови мікропроцесорної системи на основі AVR - це придбання комплекту AVR STARTER KIT фірми Атмел, що містить плату DEVELOPMENT BOARD, книгу "Development tool user's guide", дискети із програмним забезпеченням, CD-ROM з повною документацією на всі типи AVR і численними прикладами прикладних програм для AVR. Плата DEVELOPMENT BOARD містить панелі для

підключення базових типів AVR-мікроконтролерів в DIP-корпусах; джерело живлення; послідовний програматор, вузол інтерфейсу RS-232 для зв'язку з комп'ютером по асинхронному послідовному каналі; набори з 8 светлодиодів і з 8 кнопкових перемикачів, які можна підключати до виводів портів мікроконтролера; роз’єм, через які за допомогою гнучких кабелів можна нарощувати мікропроцесорну систему. Універсальність DEVELOPMENT BOARD зручна для навчання й для макетування нових розробок.

Разом з тим, для багатьох конкретних проектів може не підійти конструктивна реалізація DEVELOPMENT BOARD або надлишковим буде використання на цій платі джерела живлення, послідовного програматора й панелей під різні типи корпусів. У такому випадку виконують спеціалізовану розробку, що задовольняє вимогам конкретного завдання.

Однією з найважливіших переваг AVR-мікроконтролерів є те, що всі його апаратні ресурси "заховані" всередині, і тому схема включення AVR дуже проста. Така простота й мініатюрність дозволяє в багатьох конкретних додатках не виносити цифрову частину на окрему плату, а поміщати AVR безпосередньо всередині аналогового блоку.

Отже, якщо працювати не із платою DEVELOPMENT BOARD, а зі своєю власною мікропроцесорною системою, то необхідно придбати ще який-небудь програмуючий пристрій. Як згадувалося вище, існує два способи програмування AVR-мікроконтролерів: послідовне програмування через SPI-інтерфейс і паралельне програмування.

Паралельне програмування, що вимагає добування AVR-мікроконтролера із системи й установки його в програматор, досить незручно на етапі налагодження програми. Для програмування Вашої мікропроцесорної системи по SPI-інтерфейсі безпосередньо в системі фірмою Атмел пропонується програма AVRPROG і програмуючий SPI-кабель, у який убудований послідовний програматор. Крім того, функцією програмування по послідовному SPI-інтерфейсі володіє паралельний програматор FLASHER. Спосіб

налагодження мікропроцесорної системи за допомогою SPI-інтерфейсу відрізняється своєю дешевиною, але, однак, має й недоліки.

По-перше, щоразу при внесенні змін у програму перепрограмується FLASH-пам'ять мікроконтролера, кількість циклів перезапису якої обмежено хоч і досить більшим, але все-таки кінцевим числом.

По-друге, описаний спосіб не дає можливості покрокового налагодження програми.

У зв'язку із цим, фірмою Атмел розроблені потужніші, але й більш дорогі емулятори (in-circuit emulator) ICEPRO і megaICEPRO. Вони являють собою мікропроцесорні пристрої, які з однієї сторони зв'язуються з мікропроцесорною системою через панель, призначену для встановлення AVR-мікроконтролера, а з іншого боку - з персональним комп'ютером і працюють під керуванням уже згадуваної програми фірми Атмел AVRSTUDIO. Внутрішні емулятори дозволяють виконувати програму у системі в покроковому режимі й необмежене число раз вносити зміни в програму. При роботі із внутрішнім емулятором одночасно можна на екрані комп'ютера спостерігати стан внутрішніх ресурсів процесора, а на мікропроцесорній платі - реакцію системи на ті або інші команди програми.

На рисунку 5.1 зображене основне вікно програми. На ньому ми бачимо, що на головне вікно виведені усі основні параметри , які потрібні для контролю та управління системою тепломережі.

При цьому існує можливість виконувати наступні дії:

– Налагодження параметрів інтерфейсу.
– Налагодження параметрів виводу.
– Налагодження параметрів зберігання.
– Видача довідкової інформації. Окремо це вікно зображене на рис. 5.2.

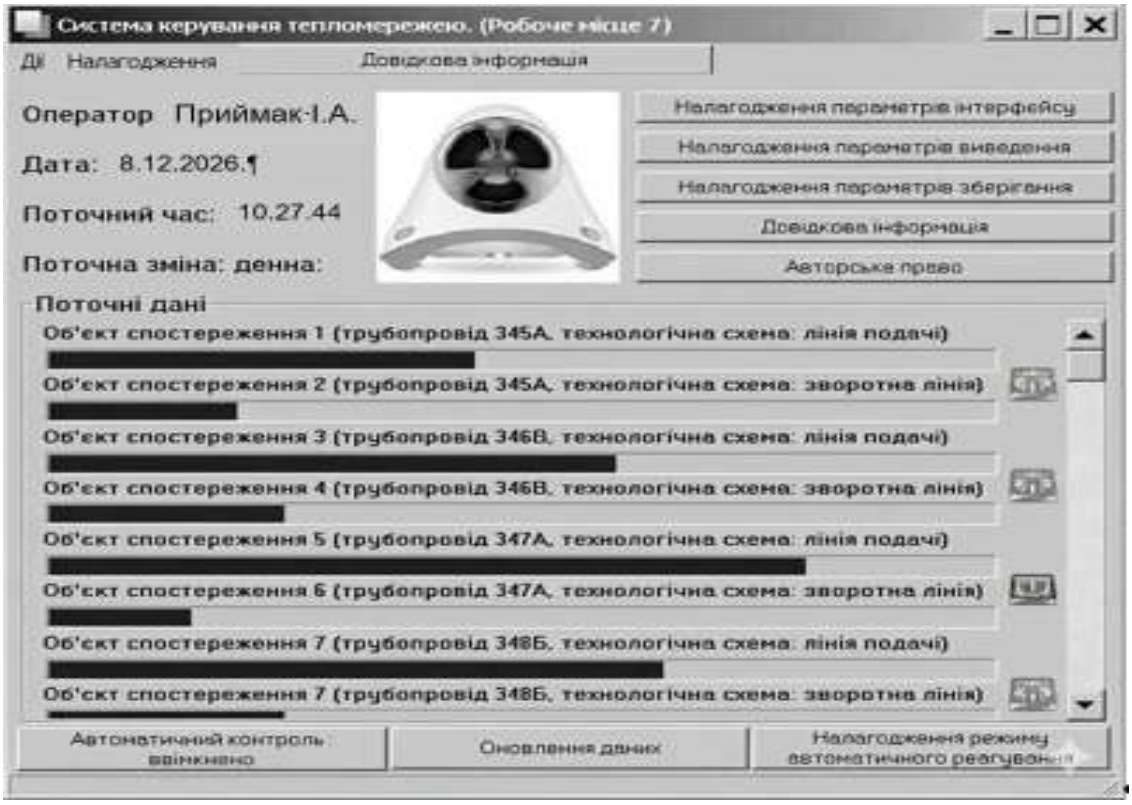


Рисунок 5.1 – Головне вікно програми

Вікно додаткової інформації представлено на рис. 5.2:

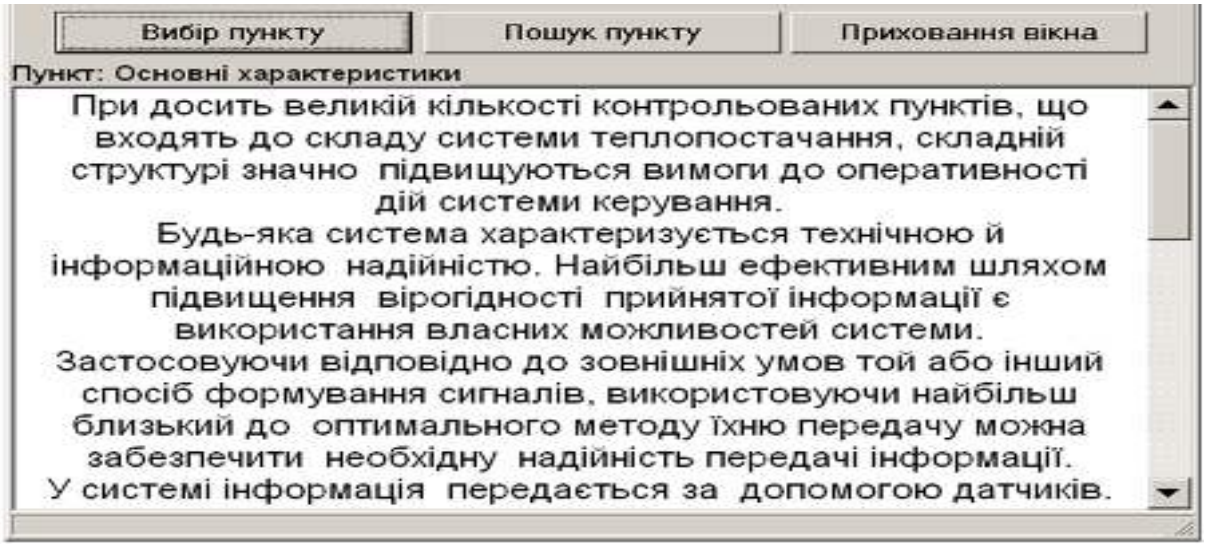


Рисунок 5.2 - Вікно додаткової інформації

На рисунку 5.3 представлено авторські дані розробленого програмного забезпечення:

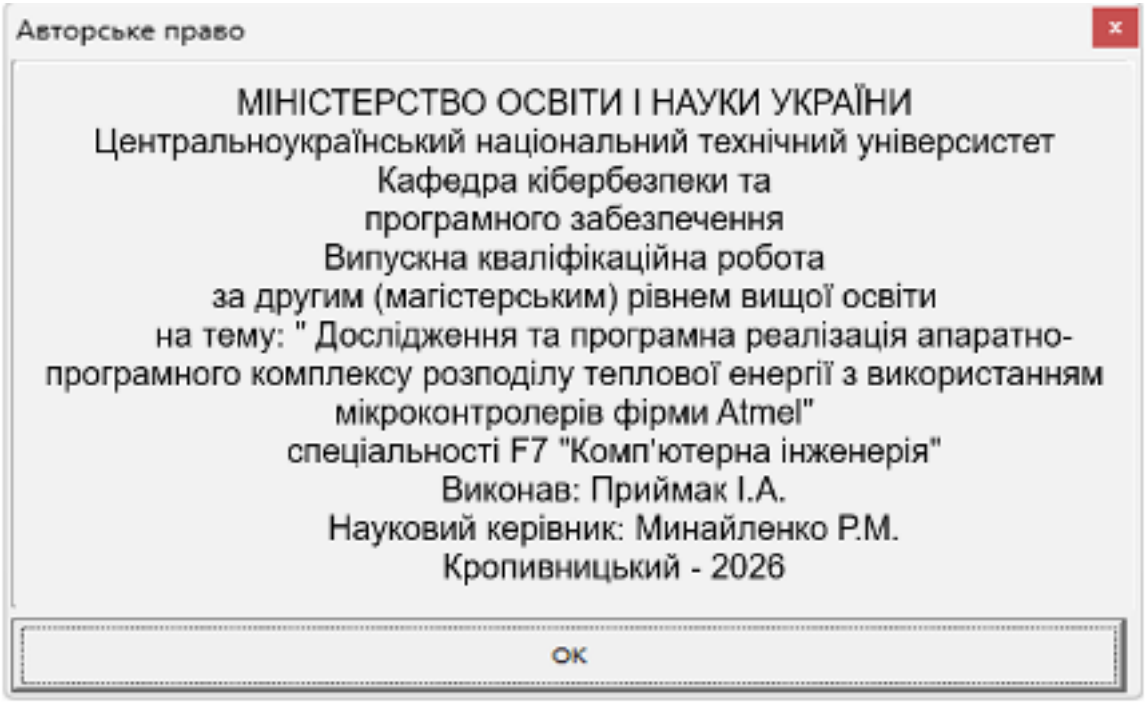


Рисунок 5.3 - Авторське право

Завершальним етапом програмування AVR-мікроконтролера є занесення до пам’яті вже налагодженої програми. Воно може бути виконане так само, як і при налагодженні програми, через SPI-інтерфейс. Однак необхідно пам'ятати, що послідовне програмування ранніх моделей AVR не дозволяє змінювати FUSE-біти мікроконтролера.

Якщо в мікропроцесорній системі не передбачені SPI-інтерфейс а також при серійному виробництві для підвищення швидкості програмування великої кількості мікроконтролерів зручно використовувати програматори, які виконують паралельне програмування.

6 НАУКОВА НОВИЗНА

У випускній кваліфікаційній роботі за другим (магістерським) рівнем вищої освіти розроблено програмне забезпечення, яке призначене для реалізації апаратно-програмного комплексу розподілу теплової енергії з використанням мікроконтролерів фірми Atmel.

Метою розробки є дослідження та програмна реалізація апаратно-програмного комплексу розподілу теплової енергії з використанням мікроконтролерів фірми Atmel.

Об'єктом дослідження є система розподілу теплової енергії.

Предметом дослідження є методи створення програмного забезпечення апратно-програмного комплексу системи розподілу теплової енергії з використанням мікроконтролерів фірми Atmel .

Методи дослідження базуються на методах теорії побудови систем розподілу теплової енергії, методах математичної статистики, методах розробки програмного забезпечення.

Наукова новизна отриманих результатів. У процесі рішення завдань, обумовлених метою дослідження, отримані наступні результати:

– Розроблено систему розподілу теплової енергії.

– Розроблено вітчизняний продукт - апаратно-програмний комплекс розподілу теплової енергії з використанням мікроконтролерів фірми Atmel, який має більш широкі можливості, на відміну від існуючих аналогів.

7. ЗАХОДИ ЩОДО ОХОРОНИ ПРАЦІ І ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ

7.1. Вступ

Охорона праці — система збереження життя і здоров'я працівників у процесі трудової діяльності, що включає правові, соціально-економічні, організаційні, технічні, санітарно-гігієнічні, лікувально-профілактичні, реабілітаційні та інші заходи.

Згідно закону України “Про охорону праці” кожна компанія впроваджує заходи з охорони праці. Реалізується трудові відносини з вживанням необхідних засобів з охорони праці та розробки відповідних документів: інструкцій з охорони праці по кожній професії і загальні; положення про охорону праці; накази з охорони праці; журнали реєстрації та інструктажу.

Роботодавець створює відділ який працює відповідно до типового положення, яку затверджується центральним органом виконавчої влади і забезпечує виконання вимог державної політики у сфері охорони праці.

За недотриманням вимог, керівники ІТ-компаній можуть бути притягнуті до відповідальності, яка виглядає у виді накладання штрафу. Якщо в результаті порушення умов охорони праці є постраждалі працівники то керівні особи ІТ-компаній притягуються до кримінальної відповідальності.

Законом України “Про охорону праці” регламентуються загальні положення державної політики в галузі охорони праці, а конкретизуються ці положення нормативно-правовими актами про охорону праці, зокрема Наказом Міністерства соціальної політики України 14.02.2018 № 207, який зареєстровано в Міністерстві юстиції України 25 квітня 2018 р. за №508/31960 «Про затвердження Вимог щодо безпеки та захисту здоров’я працівників під час роботи з екранними пристроями», яким затверджено нормативно-правовий акт з охорони праці НПАОП 0.00-7.15-18, «Правила охорони праці під час експлуатації електронно-обчислювальних машин», та «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними

дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин» ДСанПіН 3.3.2-007-98.

Науково-технічний прогрес привніс серйозні зміни в умови виробничої діяльності робітників розумової діяльності. Їх праця стала більш інтенсивною, напруженою і вимагає значних витрат розумової, емоційної і фізичної енергії. Це призвело до необхідності у знаходженні комплексного рішення проблем ергономіки, гігієни і організації праці, регламентації режимів праці та відпочинку. Охорона здоров'я робітників, забезпечення безпеки умов праці, ліквідація та профілактика професійних захворювань і виробничого травматизму складає одну з головних турбот людського суспільства.

7.2. Пожежна безпека

Вимоги до пожежної безпеки на підприємстві неухильно повинен дотримуватися кожен співробітник, а організаційна складова при цьому покладається на посадових осіб за відповідним рішенням керівництва і прописується в посадових інструкціях і положеннях по структурним підрозділам. Зокрема, вказуються конкретні території, ділянки, зони, об’єкти, цілі будівлі і їх частини, поверхи, на яких відповідального співробітника повинне проводити такі організаційні роботи.

Відповідальні особи зобов’язуються розробити, впровадити та підтримувати в певному інструкцією і положенням на ввірених їм об’єктах протипожежний режим і інструкції відповідно до вимог, викладених в нормативних актах. Передбачено також створення підрозділу добровільної пожежної охорони та пожежно-рятувальної команди в його складі.

Встановлений режим включає порядки з описом місць спеціального призначення та правила їх користування та утримання, наприклад:

- евакуаційних шляхів;
- так званих «курилок»;
- місць складування продукції та сировини;
- стоянки транспорту.

Також встановлюється порядок роботи та технічного обслуговування:

- вентиляційного устаткування;
- засобів пожежогасіння і захисту від загорянь;
- нагрівальних приладів;
- електрообладнання.

Розробляються і впроваджуються правила роботи з відкритим вогнем і горючими матеріалами. Створюються графіки проходження інструктажів з пожежної безпеки співробітників, а також порядок і терміни перевірок знань пожежно-технічного мінімуму, в тому числі, тих працівників, які відповідальні за цю ділянку роботи на підприємстві. При цьому можуть передбачатися внутрішні лекції, семінари, тренінги та практичні заняття на підприємстві, а також зовнішні – на базі спеціалізованих навчальних центрів з професійними викладачами. Важливою складовою протипожежного режиму на будь-якому об’єкті є розробка і впровадження порядку дій при виникненні пожежі. Неодмінно має бути план евакуації, описано, як повинні відключатися електроустановки, що і в якій послідовності необхідно робити співробітникам.

Відповідно, для кожного об’єкта, кожного приміщення (крім коридорів, санвузлів, басейнів і подібних приміщень), окремих видів робіт складаються інструкції, за якими повинен працювати персонал, залучений на певних ділянках і в виконанні окремих видів робіт. За інструкціями проводиться навчання (інструктаж) персоналу з подальшим контролем знань.

Детально про те, як розробити протипожежний режим, прописати порядки та інструкції, пояснюють на тематичних курсах і семінарах.

7.3. Пропозиції щодо підвищення працездатності ІТ-фахівців

Поява та впровадження нових інформаційно-комунікаційних технологій зумовлює необхідність подальшого вдосконалення охорони праці фахівців ІТ-індустрії. Все це потребує розробки нових нормативно-правових актів з регламентації праці та відпочинку фахівців ІТ-індустрії і стандартів підприємств, центрів комп’ютерної техніки, центрів інформаційних технологій, сучасних

комп’ютерних класів. Для підвищення розумової працездатності то зорової роботи повинна здійснюватися ергономічна оптимізація в рамках системи «оператор-термінал», яка сприятиме результативній фізичній та інтелектуальний працездатності і відновленню психосоматичного здоров’я фахівців ІТ-індустрії.

Особливе значення у соціальному захисті цієї категорії працівників належить прийняття комплексного договору, який може забезпечити фахівців додатковими пільгами та компенсаціями.

Пропозиції щодо підвищення працездатності ІТ-фахівців, поділимо на декілька категорій:

1) Середовище і розпорядок праці. Для мінімізації негативних ефектів, що пов’язані з перевтомленням ІТ-фахівців, потрібно чітко прописати і реалізувати графік періодів праці-відпочинку, щоб фахівець міг можливість переключити увагу, дати можливість відпочити очам, мозку, елементарно, встати розім’яти ноги. Також потрібно зробити максимально комфортними умови мікроклімату у офісному приміщенні, де працюють ІТ-фахівці. Мається на увазі встановлення і експлуатація, коли виникає необхідність, кондиціонерів, опалення, та системи вентиляції, задля попередження перегрівання, переохолодження ІТ-фахівців, і подальшої неможливості ними виконувати свої функції. Також, за можливості, нами пропонується введення практики віддаленої праці ІТ-фахівцями, якщо роботодавець не може забезпечити оптимальні і безпечні умови в офісному приміщенні, або якщо фахівця вони не влаштовують із певних причин.

2) Фізичні і психоемоційні чинники. Першим і найважливішим чинником, що впливає на працездатність ІТ-фахівців є робоче місце, і саме тому, роботодавець має забезпечити максимальний його комфорт і безпеку. Гарантією цих факторів може слугувати сертифікація меблів, що використовуються на підприємстві ІТ-галузі. Тому нами пропонується закупівля тільки меблів, які пройшли сертифікацію на відповідність. Під психоемоційними чинниками ми розуміємо гарне самопочуття фахівців, позитивний настій, гарний психологічний клімат у колективі, тощо. Задля того, щоб психоемоційні чинники мали максимально позитивний ефект, керівництву слід поводити заходи, які

сприятимуть укріпленню і покращенню міжособистісних стосунків у колективі, таких як психологічні тренінги, таймбілдінг, спортивні змагання і естафети. Також, сюди можна віднести розробку і впровадження системи мотивації працівників, як фінансової, так моральної і адміністративної.

7.4. Розробка заходів з умов поліпшення охорони праці

Згідно аналізу умов праці в розглянутому приміщенні, ми одержали наступні результати:

- розмірі приміщення, у розрахунку на одному працюючого, відповідають нормативам;

- мікроклімат відповідає нормативному значенню;

- акустичні умови роботи не перевищують нормативних значень;

Таким чином можна припустити, що основною причиною можливого зниження працездатності програміста є психофізіологічний фактор, тому основна пропозиція буде така: дотримання позитивної психологічної атмосфери в колективі та регламентованого режиму праці та відпочинку, організація робочого місця з урахуванням ергономічних вимог.

Рекомендовані заходи: регулярні періодичні наочні огляди персоналом шляхів для евакуації людей із приміщення, відповідно до плану евакуації (який повинен розташовуватись на видному місці у приміщенні), включення до колективного договору мінімально можливого вмісту аптечок з обов’язковою наявністю масок-клапанів, або іншого спорядження для штучного дихання. Регулярна періодична перевірка параметрів заземлення та занулення (вимірювання опору ланцюга).

Регулярна наочне знайомство персоналу із шляхами для евакуації людей із приміщення відповідно до плану евакуації, забезпечення розподільних щитів спеціальними розетками з заземлюючими контактами; організація заземлення всіх приладів і пристроїв, які працюють при напрузі вище 36 В.

Так як при ураженні електричним струмом у людини може статися фібриляція шлуночків серця, в організації бажано мати дефібрилятор і підготовлений персонал для роботи з ним.

7.5. Розрахункова частина

Для захисного штучного заземлення будем застосовувати вертикальні електроди з сталевого прокату круглого перерізу діаметром 35 мм, довжиною L=2 м, та горизонтальний електрод — металева полоса з перетином 35·4 мм. Напруга — 220/380 В. Розрахункова схема розташування заземлюючих електродів — по контуру прямокутником (рис.7.1).

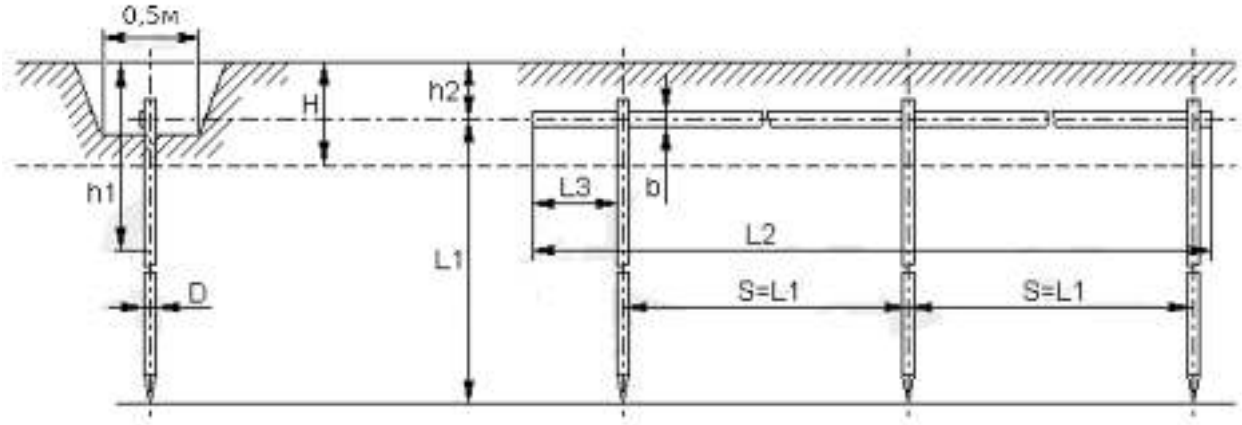


Рис. 7.1 - Схема штучного заземлення

Розрахунок проводиться за допустимим опором розтіканню струму заземлювача.

Початкові дані для розрахунку захисного заземлення: тип верхнього шару ґрунту — чорнозем, нижнього шару ґрунту — глина (питомий опір ρ_2 = 40 Ом·м). Умовна товщина верхнього шару ґрунту: H=0,6 м. Відстань між вертикальними заземлювачами (електродами) A=3 м. Глибина закладення горизонтального контура заземлення t=0,75 м. Опір заземлювача, який нормується: $R_{ЗН}$ = 4 Ом. Необхідно визначити необхідну кількість вертикальних заземлювачів та довжину полоси (горизонтального заземлювача).

Виконуємо розрахунок.

Відстань від центра вертикального заземлювача до поверхні землі:

$$T = t + L/2 = 0,75 + 2/2 = 1,75 \text{ м}. \quad (1)$$

Розрахунковий питомий опір ґрунту (з врахуванням того, що фактично вся конструкція заземлювача розташовується у нижньому шарі ґрунту):

$$\rho = \psi \cdot \rho = 1,36 \cdot 40 = 54,5 \text{ Ом·м}. \quad (2)$$

де ψ = 1,36 - табличне значення коефіцієнта сезонності для відповідної кліматичної зони у багатошаровому гранті [10];

ρ_2= 40 Ом·м - табличне значення питомого опору нижнього шару ґрунту (глина) [10].

Діаметр вертикального електрода (заданий) Dв= 35 мм = 0,035 м.

Відношення A/L=3/2=1,5.

Опір розтіканню електричного струму одного електрода вертикального заземлювача з урахуванням заглиблення заземлювача [10]:

$$R_O = 0,366 \cdot (\rho/L) \cdot [\lg(2L/D_в) + (1/2) \cdot \lg((4T+L)/(4T-L))] =$$
$$= 0,366 \cdot (54,5/2) \cdot [(\lg(2 \cdot 2/0,035) + (1/2) \cdot \lg((4 \cdot 1,75+2)/(4 \cdot 1,75-2))] = 21,7 \text{ Ом}. \quad (3)$$

Визначаємо коефіцієнт екранування вертикальних електродів Кев=0,53 при орієнтовній кількості вертикальних електродів, яке дорівнює 5 [10].

Визначаємо необхідну кількість вертикальних електродів заземлювача (без врахування горизонтального заземлювача), при $R_{ЗН}$ = 4 Ом:

$$N = R_O / (К_{ев} \cdot R_{ЗН}) = 21,7 / (0,53 \cdot 4) = 10,2 \approx 10 \text{ шт}. \quad (4)$$

Визначаємо довжину з’єднуючої полоси:

$$L_П = 1,05 \cdot A \cdot N = 1,05 \cdot 3 \cdot 10 = 32,3 \approx 32 \text{ м}. \quad (5)$$

Опір розтіканню електричного струму з’єднуючої полоси з урахуванням кліматичного коефіцієнта питомого опору ґрунту $K_П$ [10]:

$$R_П = 0,366 \cdot (\rho \cdot K_П / L_П) \cdot \lg(2(L_П \cdot L_П)/(B \cdot t)) =$$

$$=0{,}366\cdot(40\cdot 5/40)\cdot\lg((2\cdot 40^2)/(0{,}035\cdot 0{,}75))=11{,}14\ \text{Ом} \quad (6).$$

де $K_П$=5 - табличне значення кліматичного коефіцієнта питомого опору ґрунту для відповідної кліматичної зони для з'єднуючої полоси [10]:

B = 35 мм. = 0,035 м.- ширина з'єднуючої полоси (задана).

Загальний опір розтіканню електричного струму заземлювача [10]:

$$R =(R_О\cdot R_П)/(R_О\cdot\eta_П + N\cdot R_П\cdot Кев)=$$

$$=(21{,}7\cdot 11{,}14)/(21{,}7\cdot 0{,}55 + 10\cdot 11{,}14\cdot 0{,}53)=3{,}4\ \text{Ом}. \quad (7)$$

де $\eta_П$ = 0,55 - табличне значення коефіцієнта екранування з'єднуючої полоси.

Умова $R \le R_{ЗН}$ виконується ($3{,}4 \le 4$).

Так як при 10 вертикальних електродах R суттєво більше $R_{ЗН}$, зменшимо кількість вертикальних електродів N до 9 і виконаємо перерахунок. У результаті остаточно отримали: R = 3,9 Ом. при кількості вертикальних електродів N = 9.

7.6 Висновки

Дотримання всіх необхідних умов праці не лише сприяє збереженню здоров'я працівників, а також підвищує ефективність виробництва в цілому.

З цих міркувань було здійснено аналіз приміщення, призначеного для праці програмістів, проведено розгляд питань пожежної безпеки, небезпечних та шкідливих факторів, що негативно впливають на програмістів під час роботи.

Тільки повна усвідомленість працівника про можливі небезпеки, що можуть підстерігати його на робочому місці та дотримання вимог нормативних актів о питань охорони праці та відповідних рекомендацій фахівців, дозволять значною мірою знизити негативний вплив шкідливих та небезпечних факторів при роботі з комп'ютером на організм людини.

Виконано розрахунок захисного штучного заземлення, як одного з ключових факторів безпеки програміста.

8. ОСНОВНІ ВИСНОВКИ

Програмне забезпечення, створене в результаті виконання магістерської роботи, призначено для реалізації апаратно-програмного комплексу розподілу теплової енергії з пунктів обліку теплової енергії, розосереджених по території міста Олександрія, на диспетчерський пункт..

Дане програмне забезпечення має простий, дружній та зручний інтерфейс користувача, що забезпечує легкість у освоєнні роботи програмного продукту, зручність у використанні, і не потребує особливих спеціальних знань.

При створені програмного забезпечення було використано об'єктно-орієнтований підхід, що відповідає сучасним тенденціям у галузі розробки комерційних програмних систем.

Програма реалізована на мові високого рівня Delphi. Дана мова програмування дозволяє найбільш ефективно програмувати мікроконтролери. Це дозволило мінімізувати строк розробки програмного забезпечення, і, як слід, зменшити витрати на його розробку. Запропоноване програмне забезпечення складається із:

- загального програмного забезпечення, що надсилається із засобами обчислювальної техніки;

- спеціального програмного забезпечення, що розроблене для даної конкретної системи й включає програми, що реалізують її функції.

Застосування апаратно-програмного комплексу дозволило підвищити ефективність роботи системи теплопостачання міста, поліпшить оперативність виконання тих або інших відбудовних робіт, тому що комплекс буде стежити за роботою системи теплопостачання цілодобово.

Також у даній магістерської роботи розглянута технологія створення автоматизованої системи керування тепломережею. Обгрунтовано вибір елементної бази. Розглянуті питання підвищення надійності передачі інформації

від датчиків в системі до центрального комп’ютера, який знаходиться на диспетчерському пункті.

В розробленій системі інформація передається за допомогою радіомодулів Zigbee, тому що в умовах міста Олекспандрії й можливим відключенням Інтернету це найбільш прийнятний і доступний варіант.

Впровадження апаратно-програмного комплексу дозволило відмовитися від постійного обслуговуючого персоналу на теплових насосних станціях. Чергування обслуговуючого персоналу організовується в одному місці - диспетчерському пункті, що дозволяє знизити експлуатаційні витрати.

В цілому створене програмне забезпечення підтверджує правильність використаних проектних рішень та повністю відповідає вимогам технічного завдання. Створене програмне забезпечення має потенційну можливість для подальшого вдосконалення і застосування у різних галузях.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Анісімов В. М., Колісник Т. О. Автоматизація технологічних процесів у теплових мережах міст. Київ : Техніка, 2014. 210 с.

2. Баган Т. Г., Бунь В. П., Степанець О. В. Автоматизація теплових процесів : навч. посіб. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2025. 55 с.

3. Безрадецький А. І., Мазуренко С. В. Моделювання перехідних процесів у магістральних трубопроводах тепломереж. Енергетика та автоматика. 2019. № 3. С. 45–52.

4. Бойко В. П. Мікропроцесорні системи автоматичного керування об’єктами житлово-комунального господарства. Львів : Новий Світ-2000, 2017. 320 с.

5. Бондарчук А. О., Клименко М. В. Інтелектуальний контроль та діагностика витоків теплоносія в підземних тепломережах. Технічна електродинаміка. 2021. № 4. С. 78–84.

6. Бунь В. П., Баган Т. Г., Степанець О. В., Маріяш Ю. І. Автоматизація теплових процесів: лабораторний практикум. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2025. 60 с.

7. Василенко О. А. Системи автоматизованого моніторингу та диспетчеризації розподілених тепломереж. Комп’ютерно-інтегровані технології. 2020. Вип. 39. С. 112–118.

8. Верба О. В. Енергоефективне керування насосними станціями змішування в системах теплопостачання. Промислова енергетика та електротехніка. 2018. № 2. С. 15–22.

9. Волошин Р. В., Савченко Д. І. Застосування SCADA-систем для автоматизації районних теплових станцій. Автоматизація виробничих процесів. 2022. № 1 (53). С. 41–49.

10. Гаврилов М. І., Жученко А. І. Оптимальне керування температурним режимом магістральних теплових мереж. Вісник НТУУ «КПІ». Серія «Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження». 2019. № 2. С. 64–71.

11. Герасименко О. В. Енергозбереження в тепломережах за рахунок погодозалежного автоматичного регулювання. Новини енергетики. 2021. № 6. С. 27–33.

12. Глушко О. Д., Ковальов І. О. Розроблення засобів автоматизації теплових пунктів із застосуванням технології IoT. Радіотехніка. 2021. Вип. 204. С. 145–152.

13. Голіков А. С. Автоматизовані системи керування тепловим навантаженням споживачів у мегаполісах. Комунальне господарство міст. 2017. № 136. С. 89–94.

14. Гордієнко В. І., Кравченко Ю. М. Адаптивні системи автоматичного керування теплопостачанням будівель. Київ : Наукова думка, 2016. 185 с.

15. Грищенко В. О., Мельник С. П. Математичне моделювання автоматизованих індивідуальних теплових пунктів. Промислова теплотехніка. 2020. Т. 42, № 3. С. 51–58.

16. Данилов Ю. Б. Використання частотно-регульованих електроприводів для автоматизації підживлення тепломереж. Електротехніка та електромеханіка. 2019. № 5. С. 34–39.

17. Демченко А. М., Соколов В. П. Надійність автоматизованих систем теплопостачання в умовах невизначеності. Вісник ЖДТУ. Технічні науки. 2018. № 2 (82). С. 101–108.

18. Дорошенко О. М., Шевченко В. В. Системи автоматичного регулювання тиску в зворотних трубопроводах тепломереж. Енергетичні та теплотехнічні процеси. 2021. № 1. С. 12–19.

19. Жученко А. І., Цапар В. С. Автоматизація хімічного водоочищення теплоносія для магістральних тепломереж. Технологічні системи. 2020. № 4. С. 55–62.

20. Зайченко О. М. Диспетчеризація та інтегроване керування комунальними тепломережами великого міста. Сучасні проблеми автоматики та керування. 2022. № 2. С. 73–80.

21. Іванов С. П., Петренко М. О. Оптимізація роботи гідравлічних режимів тепломереж засобами автоматизації. Гідравліка і гідротехніка. 2017. Вип. 42. С. 88–95.

22. Калініченко В. В. Моделювання та проектування погодозалежних автоматичних регуляторів опалення. Одеса : Астропринт, 2019. 240 с.

23. Карпенко М. Ф., Олійник О. М. Використання бездротових технологій у моніторингу підземних теплових мереж. Комп’ютерні системи та мережі. 2020. № 12. С. 31–37.

24. Кириленко О. В., Лисенко В. П. Інтелектуальні мережі теплопостачання (Smart Thermal Grids): перспективи впровадження в Україні. Енергетика: економіка, технології, екологія. 2021. № 1. С. 7–16.

25. Климчук О. В. Автоматичне керування гідравлічною стійкістю закритих систем теплопостачання. Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання. 2018. Вип. 25. С. 44–51.

26. Ковальов І. О. Розроблення засобів автоматизації теплових пунктів із застосуванням технології IoT : магістерська дис. Харків : ХНУРЕ, 2021. 84 с.

27. Коваль П. М. Основи автоматизації теплоенергетичних установок та мереж. Харків : НТУ «ХПІ», 2015. 280 с.

28. Козлов С. В., Мороз О. І. Автоматизований контроль теплових втрат трубопроводів за допомогою тепловізійних систем. Наукові праці Донецького національного технічного університету. 2023. № 2. С. 82–89.

29. Кондратенко Ю. П., Ткаченко Т. В. Нечітке керування процесами змішування теплоносія в теплових пунктах. Автоматика. Автоматизація. Електротехнічні комплекси. 2019. № 4. С. 102–110.

30. Кравченко О. В. Автоматизація систем теплогазопостачання та вентиляції : підручник. Київ : КНУБА, 2016. 412 с.

31. Кулик М. С., Гвоздецький І. І. Системи автоматичного керування котельними установками тепломереж. Київ : НАУ, 2017. 362 с.

32. Лазаренко В. А., Пєтухов І. С. Енергоефективна автоматизована система контролю параметрів теплопостачання багатоповерхового будинку. Технічні науки та технології. 2022. № 3 (29). С. 118–126.

33. Лисенко В. П., Пасічник НА. Автоматизація розподілених теплових систем на базі контролерів Schneider Electric. Технологічні комплекси. 2020. № 2. С. 14–21.

34. Мартинюк А. В. Автоматизація систем централізованого теплопостачання міст : навч. посіб. Рівне : НУВГП, 2018. 198 с.

35. Маляренко В. А., Яковлєв О. І. Енергетичний менеджмент та автоматизація теплоенергетичних систем ЖКГ. Харків : Колегіум, 2015. 340 с.

36. Мельникова Т. О., Попов Д. В. Алгоритми цифрового керування циркуляційними насосами тепломереж. Вісник Вінницького політехнічного інституту. 2021. № 5. С. 49–56.

37. Михайлов С. Г. Оптимальний розподіл теплової енергії в магістральних мережах за допомогою автоматизованих систем диспетчерського керування (АСДК). Енергозбереження. Поділля. 2019. № 4. С. 22–29.

38. Назаренко О. М. Моніторинг та автоматичне керування гідродинамічними режимами теплових мереж. Дніпро : Пороги, 2020. 215 с.

39. Ніколаєв Ю. В., Сидоренко М. І. Проектування автоматизованих систем керування теплопунктами. Київ : Основа, 2017. 180 с.

40. Олійник В. С., Федоренко О. М. Синтез робастних регуляторів для систем автоматичного керування теплопостачанням. Праці Інституту електродинаміки НАН України. 2022. Вип. 61. С. 94–101.

41. Павленко І. В. Технічні засоби автоматизації теплових пунктів та мереж. Суми : СумДУ, 2018. 160 с.

42. Панченко М. Д. Автоматизація теплоенергетичних процесів та установок : навч.-метод. комплекс. Харків : НТУ «ХПІ», 2024. 24 с.

43. Петренко В. А. Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології в теплоенергетиці. Київ : Каравела, 2021. 310 с.

44. Романюк О. М., Кравчук С. В. Автоматична погодозалежна система керування теплопунктом багатоквартирного будинку. Східно-Європейський журнал передових технологій. 2020. Т. 5, № 2. С. 38–45.

45. Савченко О. Г. Моделювання та автоматизація динамічних режимів магістральних теплопроводів. Теплоенергетика та інженерія. 2021. № 3. С. 14–21.

46. Семенцов Г. Н., Когутяк М. І. Автоматизоване управління технологічними процесами теплопостачання. Івано-Франківськ : Факел, 2013. 394 с.

47. Синявський Ю. В., Борисенко А. О. Цифрові двійники (Digital Twins) в автоматизації міських теплових мереж. Штучний інтелект та автоматизація. 2023. № 1. С. 58–66.

48. Степанов В. І. Електромагнітні регулювальні клапани в автоматизованих системах теплопостачання. Вісник КНУТД. Серія «Технічні науки». 2019. № 4. С. 120–127.

49. Тарасенко О. П. Оптимальна автоматизована система контролю параметрів теплопостачання. Журнал інженерних наук. 2022. Т. 9, № 2. С. С15–С21.

50. Ткач М. М., Лященко О. В. Автоматизація температурного графіка тепломереж в умовах нестаціонарних теплових навантажень. Відновлювана енергетика та енергоефективність. 2020. № 2. С. 47–53.

51. Федоров С. С. Автоматизація систем гарячого водопостачання у складі централізованих тепломереж. Тернопіль : ТНТУ, 2018. 145 с.

52. Чорний О. П., Котляров В. О. Енергоефективні режими автоматизованих насосних комплексів систем теплопостачання. Кременчук : ПП Щербатих, 2016. 230 с.

53. Яковенко Р. В., Харченко В. М. Системи диспетчеризації теплових мереж на базі хмарних платформ. Комп’ютерні технології та автоматизація в ЖКГ. 2022. № 4. С. 33–40.