

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Сумський державний університет

Факультет електроніки та інформаційних технологій

Кафедра електроніки і комп'ютерної техніки

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри ЕКТ

_____ **Анатолій ОПАНАСЮК**
(підпис) (Ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

_____ 2023 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня «магістр»

зі спеціальності 171 «Електроніка»

освітньо-професійної програми «Електронні системи та компоненти»

на тему:

**ЕЛЕКТРОННА СИСТЕМА ТЕЛЕМЕХАНІКИ ДЛЯ КЕРУВАННЯ
ОБ'ЄКТАМИ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКИ**

Здобувача групи ЕС.м – 21 Нижегородцева Івана Володимировича

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

_____ (підпис)

_____ (Ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

Керівник від університету,

Завідувач кафедри, професор, д.ф.-м.н., Анатолій ОПАНАСЮК _____

(підпис)

Керівник від підприємства,

директор ТОВ «ЕСП «Преобразователь» Володимир АРБУЗОВ _____

(підпис)

Консультант з техніко-економічної частини,

доцент, к.е.н., доцент Олександр МАЦЕНКО _____

(підпис)

Суми – 2023

СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет _____ електроніки та інформаційних технологій

Кафедра _____ електроніки та комп'ютерної техніки

Напрямок підготовки _____ 171 Електроніка

Освітня програма _____ Електронні системи та компоненти

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедрою _____ Опанасюк А.С.

" ____ " _____ 2023 р.

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу магістра

Нижегородцева Івана Володимировича

1 Тема роботи «Електронна система телемеханіки для керування об'єктами електроенергетики»

затверджена наказом по університету "06" листопада 2023р. №1233-VI

2 Термін здачі студентом закінченої роботи 15.12.2023

3 Вхідні дані до роботи: Створити програмуємий контролер приєднання до системи моніторингу об'єкту енергетики, забезпечити під'єднання 8 аналогових входів, 8 цифрових входів та 6 входів управління

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що належить розробити): 1. Огляд літератури та постановка задачі. 2. Науково-дослідна частина. 3. Розроблення електронної системи з використанням отриманих результатів дослідження. 4. Техніко-економічна частина.

5 Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): 1. Схема алгоритму. 2. Схема електрична структурна. 3. Схема електрична функціональна. 4. Схема електрична принципова.

6 Консультанти з кваліфікаційної роботи

Розділи	Консультанти	Завдання видав	Завдання прийняв
Техніко-економічна частина	Маценко О.М.		

7 Дата видачі завдання 06.11.2023

8 Керівник від університету _____ Опанасюк А.С.

9 Керівник від підприємства _____ Арбузов В.В.

10 Завдання прийняв до виконання _____ Нижегородцев І.В.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Термін виконання	Примітки
1	Огляд літератури	07.11.23	
2	Науково-дослідна частина	30.11.23	
3	Розроблення алгоритму роботи пристрою	1.12.23	
4	Розроблення структурної схеми пристрою	2.12.23	
5	Розроблення функціональної схеми пристрою	3.12.23	
6	Розроблення принципової схеми пристрою	10.12.23	
7	Техніко-економічна частина	12.12.23	
8	Оформлення пояснювальної записки	13.12.23	
9	Розроблення та оформлення графічної частини	14.12.23	
10	Представлення роботи керівнику і отримання відгуку	15.12.23	
11	Представлення роботи кафедрі для отримання рецензії	19.12.23	

Керівник від університету:

Опанасюк А.С.

Керівник від виробництва:

Арбузов В.В.

Студент:

Нижегородцев І.В.

" _____ " _____ 2023 р.

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка містить 107 сторінок, 15 рисунків, 8 таблиць, 13 джерел, складається з вступу, чотирьох розділів, висновків, списку літератури. Графічна частина представлена структурною схемою, блок-схемою алгоритму електронної системи телемеханіки для керування об'єктами електроенергетики та також структурною, блок-схемою алгоритму функціонування, принциповою схемою багатofункціонального контролеру

Дана робота присвячена розробці пристрою, що надає можливість дистанційно керувати об'єктом, вести його контроль

Розроблений пристрій характеризується великою гнучкістю в налаштуванні, швидкістю роботи, високою енергоефективністю та дешевою собівартістю бо зібраний на популярних та відносно дешевих комплектуючих

ЗМІСТ

Вступ.....	8-9
1. Огляд літератури та постановка завдання на проєктування електронної системи телемеханіки для керування об'єктами електроенергетики	
Призначення та мета створення систем телемеханіки	
1.1 Призначення та мета створення систем телемеханіки;.....	10-10
1.2 Об'єкти автоматизації в електроенергетиці;.....	11-17
1.3 Вплив технологій передачі даних на архітектуру систем телемеханіки;.....	18-19
1.4 Розподілені централізовані та децентралізовані системи;.....	19-21
1.5 Комплекс технічних засобів систем телемеханіки;.....	21-23
1.6 Програмне та інформаційне забезпечення систем телемеханіки;.....	23-24
1.7 Постановка завдання на проєктування системи телемеханіки для керування об'єктами електроенергетики.....	25-26
2. Науково-дослідна частина	
2.1 Види телемеханічної інформації	27-28
2.2 Фактори, що впливають на завадостійкість телемеханічних повідомлень;.....	28-31
2.3 Критерії оцінки завадостійкості;.....	31-33
2.4 Вимоги до завадостійкості при передачі різних видів телемеханічної інформації;.....	33-35
2.5. Завадостійке кодування;.....	35-37
2.6 Порівняльний аналіз завадостійких кодів;.....	37-42
2.7 Рекомендації до застосування завадостійких кодів.....	42-43
3. Розроблення системи телемеханіки для керування об'єктами електроенергетики з використанням отриманих результатів дослідження	
3.1 Обґрунтування алгоритму функціонування та структурної схеми системи та контролера телемеханіки.....	44-46
3.1.1 Розроблення структурної схеми системи телемеханіки та комплексу технічних засобів систем.....	46-48
3.1.2 Розроблення алгоритму функціонування системи та контролера телемеханіки;.....	48-57

					<i>ЕлІТ 8.171.00.10.514 ПЗ</i>			
Зм.	Лист	№ докцм.	Підпис	Дата	Електронна система телемеханіки для керування об'єктами електроенергетики. Пояснювальна записка	Літ.	Арқш	Арқшів
Розробив.		Нижегородцев						
Перевірив		Арбузов В.В.					5	106
Т. Контр.						СумДУ, гр. ЕС.м-21		
Н. Контр.		Арбузов В.В.						
Затвердив		Опанасюк А.С.						

3.2 Розроблення функціональної схеми багатofункціонального телемеханічного контролеру

3.2.1 Перелік функцій телемеханічного контролеру;..... 58-59

3.2.2 Перелік функціональних елементів та розробка функціональної схеми контролеру..... 59-62

3.3 Розроблення та розрахунок принципової електричної схеми багатofункціонального телемеханічного контролеру

3.3.1 Вибір типу архітектури та типу контролеру;..... 62-63

3.3.2 8-бітний AVR мікроконтролер AT Mega 8535..... 63-71

3.3.3 Асинхронний прийомопередавач MAX-232..... 72-78

3.3.4 Восьмирозрядний регістр 74ALS374..... 78-81

3.3.5 Світлодіодний сітчастий індикатор DA56-11GWA..... 81-84

3.3.6 Опис роботи схеми принципової електричної..... 84-85

3.4 Розроблення програмного забезпечення 8-бітного AVR мікроконтролеру AT Mega 8535..... 85-89

4. Техніко-економічна частина

4.1 Розрахунок повної собівартості пристрою (установки)..... 90-92

4.2 Витрати на основну заробітну плату (З_о)..... 92-93

4.3 Додаткова заробітна плата (10÷30% від З_о)..... 93-93

4.4 Відрахування на соціальні заходи..... 93-93

4.5 Витрати на утримання і експлуатацію устаткування..... 94-94

4.6 Загальновиробничі витрати..... 94-94

4.7 Адміністративні витрати..... 94-95

4.8 Визначення ціни пристрою (установки)..... 95-96

4.9 Висновки з техніко-економічної частини..... 97-97

Висновки..... 98-98

Список літератур..... 99-99

Додатки

					<i>ЕлІТ 8.171.00.10.514 ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докцм.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розробив.</i>	Нижегородцев				Електрона система телемеханіки для керування об'єктами електроенергетики.	<i>Літ.</i>	<i>Арқш</i>	<i>Арқшів</i>
<i>Перевірів</i>	Арбузов В.В.						5	106
<i>Т. Контр.</i>						СумДУ, гр. ЕС.м-21		
<i>Н. Контр.</i>	Арбузов В.В.							
<i>Затвердив</i>	Опанасюк А.С.							
					Пояснювальна записка			

Список скорочень

- ЕОМ – електронно-обчислювальні машини
АСУ – автоматизована система управління
АСДУ – автоматизована система диспетчерського керування
ТЕП – техніко-економічні показники
АС – автоматизована система
ССД – система збору даних
ОПР – оперативне прийняття рішень
ПК – пункт керування
ВР – верхній рівень
НР – нижній рівень
КП – контрольний пункт
ТМ – телемеханіка
САУ – система автоматичного управління
СДТУ – система диспетчерського та технічного управління
ТП – технічний пункт
ДП – диспетчерський пункт
ПТК – програмно-технічний комплекс
ТС – телесигнал
ПУ – пункт управління
АЦП – аналого-цифровий перетворювач
АСКУЕ – автоматизована система контролю та обліку електроенергії
ТМ – телемеханіка
ВЧ – високочастотний
ПА – протиаварійна
АТМ – автомати телемеханіки
ОПУ – оперативний пункт управління
РЗА – релейний захист автоматики

					<i>ЕлІТ 8.171.00.10.514 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дат</i>		8

ВСТУП

Телемеханіка, в сучасному світі, відіграє ключову роль у забезпеченні ефективного та надійного функціонування об'єктів енергетики. Ця галузь поєднує в собі телекомунікації та механіку з метою забезпечення вдалого контролю, моніторингу та ефективного реагування на зміни в енергетичних системах.

Контроль та моніторинг об'єктів енергетики стає критично важливим у забезпеченні стабільності електроенергетичних мереж та управлінні енергетичними процесами. Залежність суспільства від безперебійного постачання електроенергії, а також зростання об'ємів виробництва енергії в умовах посилення вимог до сталості та ефективності систем - ось те, що робить контроль та моніторинг стільки важливим.

Виправні дії та реагування на об'єктах енергетики не тільки забезпечують безперебійну роботу систем, але й визначають рівень безпеки, економічну ефективність та сталість всієї енергетичної інфраструктури. Невчасне або неадекватне реагування може призвести до серйозних порушень в роботі систем та негативно вплинути на життєво важливі аспекти для суспільства.

У цьому контексті, необхідність у високоефективних та надійних системах телемеханіки стає насуцною. Вони дозволяють забезпечувати точний моніторинг, оперативне реагування на зміни та вчасне управління енергетичними процесами. Постійне вдосконалення та впровадження сучасних технологій у галузі телемеханіки стає стратегічно важливим завданням для сталого розвитку енергетичної сфери та гармонійного функціонування сучасного суспільства.

Стан розвитку сучасних телемеханічних систем визначається активним використанням передових технологій та поєднанням телекомунікацій та механіки для автоматизації, контролю та управління різноманітними об'єктами. Нижче представлені ключові напрямки розвитку цієї галузі:

1. Інтернет речей (IoT):

Зростаюча інтеграція телемеханічних систем з мережею IoT дозволяє отримувати реальні дані та взаємодіяти з об'єктами на великій відстані.

2. Штучний інтелект та аналітика:

Використання штучного інтелекту для аналізу великих обсягів даних, що дозволяє прогнозувати і вдосконалювати ефективність та стійкість систем.

									Лист
									9
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат					

3. Енергоефективність:

Розвиток систем, спрямованих на ефективне використання енергії та зниження викидів.

4. Системи "розумних" будівель:

Впровадження телемеханічних рішень для управління енергозберігаючими технологіями, безпекою та зручністю в будівлях.

5. Модульні та гнучкі системи:

Розвиток систем, які можуть легко адаптуватися до змінних потреб та можуть бути розширені з урахуванням нових функцій.

6. Безпека та кіберзахист:

Посилення заходів безпеки та використання кіберзахисту для захисту від потенційних кібератак.

7. Глобальні комунікації:

Розвиток систем для глобального моніторингу та управління об'єктами в реальному часі.

8. Автономні та дрон-технології:

Використання автономних систем та дронів для важкодоступних чи небезпечних об'єктів.

9. Використання 5G:

Запровадження технології 5G для покращення зв'язку та забезпечення низької затримки даних в системах реального часу.

1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ ТА ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ НА ПРОЄКТУВАННЯ ЕЛЕКТРОННОЇ СИСТЕМИ ТЕЛЕМЕХАНІКИ ДЛЯ КЕРУВАННЯ ОБ'ЄКТАМИ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКИ

1.1 Призначення та мета створення систем телемеханіки

Телемеханіка представляє собою галузь техніки і науки, що займається використанням електричних сигналів для віддаленого контролю та керування об'єктами.

Створення систем телемеханіки має перед собою ряд основних завдань, серед яких виділяються наступні

Централізація управління розсіяними об'єктами електроенергетики, що мають значне географічне розташування, але є взаємопов'язаними в одному технологічному процесі виробництва та розподілу електроенергії серед споживачів.

Робота телемеханічних систем в реальному часі, синхронізована з темпом технологічного процесу, де швидкість поширення електромагнітного поля становить приблизно $3 \cdot 10^8$ м/с. Таким чином, система телемеханіки повинна мінімізувати затримку при передачі інформації, наприклад:

для систем автоматичного регулювання частоти і потужності, затримка впливів повинна бути ≤ 1 секунда;

для систем телекерування вимикачами потужності – декілька секунд;

для систем телевідключення – декілька сотих секунди.

Забезпечення надійності та достовірності передавання інформації при наявності потужних завад, характерних для високочастотного зв'язку по ЛЕП та радіозв'язку. Для цього в телемеханічних системах застосовуються методи завадозахисного кодування повідомлень, дублювання каналу зв'язку та інші заходи.

Ефективне використання каналу зв'язку, яке визначається відношенням кількості правильно переданих бітів інформації до загальної кількості бітів в повідомленні за одну секунду. Підвищення ефективності можливе за допомогою методів стиснення повідомлень, таких як архівація інформації за допомогою електронно-обчислювальних машин.

Забезпечення наочності контрольованого процесу, що включає подання інформації системою телемеханіки диспетчеру у формі, що дозволяє оперативно реагувати на відхилення режиму від стандартів.

										Лист
										11
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат						

1.2 Об'єкти автоматизації в електроенергетиці

Мета створення та завдання (функції) АСУ

Електроенергетичний комплекс України включає близько 500 районів електричних мереж, які є складовими структурними підрозділами підприємств електричних мереж. Ці підприємства відповідають за експлуатацію та обслуговування розподільних мереж напругою від 0,38 до 110 кВ. В сучасний період основною метою є підвищення надійності та ефективності їх функціонування, а також підвищення економічності та якості електропостачання для споживачів. Ці завдання можна реалізувати за допомогою широкого впровадження систем телемеханіки та комп'ютерної техніки в електроенергетичний комплекс. Головною метою цього впровадження є створення та забезпечення можливості дистанційного контролю та управління режимами роботи всього обладнання.

Основна ідея впровадження телемеханізації в електроенергетичні комплекси полягає в створенні повністю автоматизованих систем контролю та управління режимами роботи обладнання. Основною метою цього процесу є налагодження дистанційного контролю й управління режимами функціонування електрообладнання в усіх режимах роботи. Для досягнення цієї мети необхідно встановити ефективний зв'язок із диспетчерським пунктом, передавати дані про параметри режиму обладнання за допомогою аналогових сигналів, що містять інформацію про струм, напругу та потужність на шинах підстанції, або використовувати для цього дискретні телесигнали.

Різноманітні пристрої, які використовуються для збору та передачі інформації про робочий режим і стан мережі електрообладнання в режимі «online» і для передачі команд управління, повинні відповідати надійності та відмовності, заданому терміну служби, безпеці мережі та електромагнітній сумісності. Основним напрямком розвитку систем автоматизації є об'єднання систем автоматизованого контролю та управління різними структурними підрозділами регіональної енергомережі в єдину інтегровану систему. Оптимальним шляхом для цього є використання стандартизованих рішень у сфері технологій, інформації та програмного забезпечення автоматизованих систем диспетчерського управління мережевими підприємствами та енергетичними комплексами. [2]

Практичне втілення цих завдань передбачає створення ефективної ієрархічної системи моделі для планування ремонту та експлуатації електричних

					<i>ЕлІТ 8.171.00.10.514 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дат</i>		12

систем і мереж, а також оперативного контролю і управління їхніми режимами роботи. Крім того, це включає в себе розробку програмного забезпечення для підвищення ефективності оперативно-диспетчерського управління роботою розподільних електричних мереж і енергетичного комплексу в цілому. Також передбачається автоматизація процесів отримання, відображення та обробки інформації про параметри режимів роботи обладнання.

Вимоги, пов'язані із створенням сучасних багаторівневих автоматизованих систем управління підприємствами електроенергетичної галузі, базуються на галузевих технічних умовах, методиках, державних стандартах та матеріалах. Вони включають останні досягнення вітчизняної та зарубіжної науки і техніки в галузі електроенергетики. Реалізація цих вимог сприятиме розвитку та впровадженню новітньої техніки, оптимізації технологічних процесів і режимів роботи електричних мереж і обладнання, а також ефективному використанню матеріалів і робочого часу.

Однією з важливих умов для досягнення високих показників та ефективної роботи електроенергетичного комплексу в умовах повної автоматизації технологічних процесів є безвідмовна робота систем телемеханіки та комп'ютерної техніки. Це можливо, зокрема, за допомогою використання якісних джерел живлення для всіх елементів цих систем.

Для вирішення даного завдання потрібно розробити автоматизовану систему (АС), яка допомагатиме оперативному персоналу швидко знаходити правильні рішення. Термін "автоматизована", відмінно від "автоматична", підкреслює, що певні функції залишаються під контролем людини-оператора або мають загальноцільовий, направлений характер. Іншими словами, ці функції не піддаються повній автоматизації і вимагають активної участі оператора.

Автоматизована система — комплекс організаційно-технічних засобів, призначених для автоматизації окремих видів діяльності людини. Наприклад, автоматизована виробнича система (автоматизована виробнича система) збирає інформацію з об'єктів управління, передає, перетворює і обробляє її, формує команди управління і виконує їх на об'єктах управління, тим самим виконуючи функції, які можуть бути автоматизовані.

Оператор визначає мету та критерії управління, а також адаптує їх при зміні умов, включаючи функції нагляду за роботою автоматизованих пристроїв. У разі необхідності він вносить зміни у програму їхньої роботи (завдання) та приймає стратегічні рішення щодо управління в змінених або складних ситуаціях. Система контролю та керування електротехнічним устаткуванням

					<i>ЕлІТ 8.171.00.10.514 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дат</i>		13

(СКУЕТО) підстанцій 110 і 35 кВ відіграє ключову роль у ефективному управлінні регіональними електромережними комплексами. Вона інтегрує підсистеми на нижньому рівні, такі як контроль та облік електроенергії (АСКОЕ), автоматизована система управління технологічними процесами (АСУ ТП) та збір даних (ССД). Застосування телемеханічних систем дозволяє зменшити кількість обслуговуючого персоналу, скоротити час простою обладнання та звільнити людей від роботи в умовах, що можуть бути небезпечними для здоров'я.

Структури систем телемеханіки

Географічне розташування диспетчерських і контрольованих пунктів, а також структура каналів зв'язку визначають різноманітні типові конфігурації систем телемеханіки, включаючи:

"пункт-пункт" (рис.1.1а): зв'язок пунктів керування з одним контрольованим пунктом (КП);

Радіальна структура, де пункт керування з'єднаний з кількістю N контрольованими пунктами:

а) через N терміналів (рис.1.1б), дозволено одночасний зв'язок з кожним КП;

б) через спільний термінал (рис.1.1в), команди передаються по чергово в адресу КП;

Магістральна структура (рис.1.1г), де пункт керування з'єднаний спільним каналом зв'язку із N КП, встановлюючи зв'язок за адресою;

Транзитна структура (рис.1.1д), де пункт керування пов'язаний ланцюговим каналом з контрольованим пунктом, який ретранслює сигнал;

Кільцева структура (рис.1.1е), що є найнадійнішою, оскільки зв'язок з КП зберігається з обох боків, і навіть у випадку пошкодження ділянки каналу зв'язку зв'язок залишається;

Гібридні, комбіновані, змішані структури (рис.1.1ж) [1].

										Лист
										14
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат						

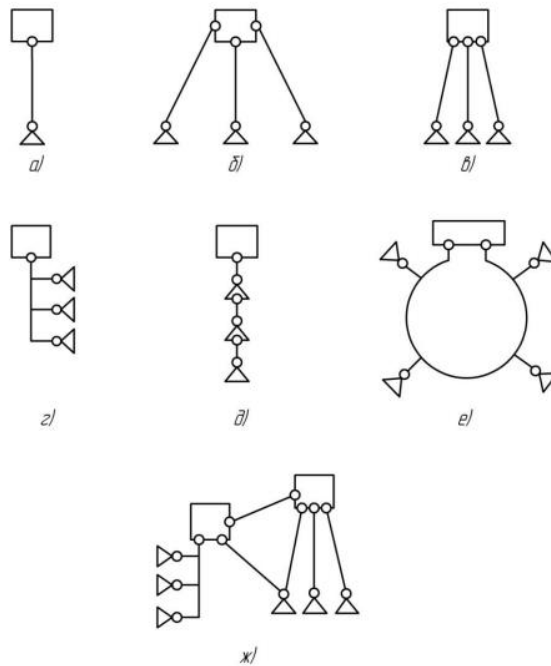


Рисунок 1.1(а,б,в,г,д,е,ж)

Функціональні блоки систем телемеханіки

. Як показано на малюнку 1.2, оглядова схема простої телемеханічної системи «точка-точка» показує, що система складається з контрольних точок (РУ) і контрольованих точок (СП), які з'єднані між собою за допомогою каналів зв'язку. Апаратне забезпечення каналу, представлене "модемом", підключається до віддаленого механічного пристрою (РТМ) через стандартний або власний інтерфейс, залежно від типу використовуваного модему. Спеціальні модеми для дистанційних механічних каналів в енергосистемах використовують 4-провідне підключення до РТМ, підключення якого залежить від технічних умов дистанційного механічного обладнання.

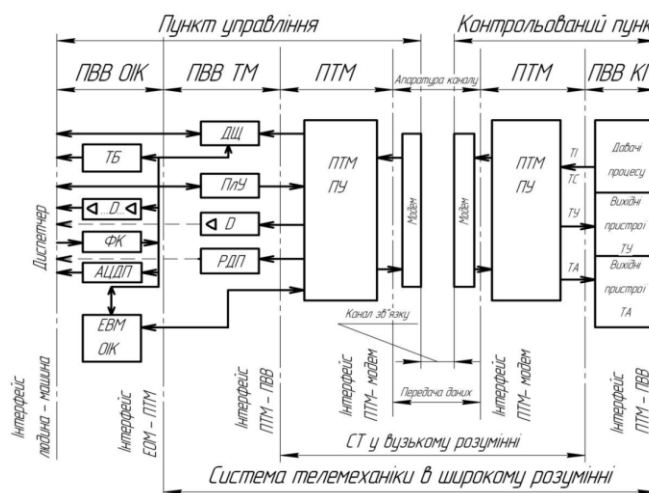


Рисунок 1.2 – Загальна схема телемеханічної системи «пункт-пункт»

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат

ПВВ ОІК (Операційно-інформаційний комплекс введення та виведення пристрою) — пристрій для введення та виведення інформації в дистанційних механічних системах. ПВВ ТМ використовується для введення та виведення в дистанційну механічну систему, ПТМ - дистанційне механічне обладнання, ПУ визначає контрольну точку, КП - контрольовану точку, ПВВ КП - пристрій введення та виведення контрольованої точки, ТВ - пульт диспетчера, Д - дисплей, ФК. - функціональна клавіатура, АСДР - аналоговий цифровий друкувальний пристрій, DSH - пульт керування, PLU - пульт керування, RDP - записуючий друкуючий пристрій, ТІ, ТS, ТU, ТА - вхідні та вихідні сигнали виносного механічного пристрою. Оперативно-інформаційний комплекс АСДУ включає ПВВ ОІК для введення та виведення інформації, а диспетчер вводить інформацію через функціональну клавіатуру ФК. Комп'ютер ОІС отримує телевізійну інформацію від РТМ і обробляє її в реальному часі для керування пристроєм відображення. Інтерфейс сполучення РТМ- ЕОМ ОІК залежить від багатьох факторів і визначається технічними умовами. На КП до пристроїв введення та виведення ПВВ відносяться передавачі керуючої інформації та пристрої виведення об'єкта керування. [1]

Почнемо з узагальнення функціональних блоків у таблиці 1 та їхнього призначення з точки зору контрольованого процесу.

Таблиця 1.1 – Функціональні блоки та їх призначення

№ з/п	Найменування блоку	Призначення	Апаратура
I	Блок входу-виходу на КП (з боку контролюємого процесу)	1)Перетворення керованих фізичних процесів в електричні сигнали на вході блоку управління	Аналого-цифрові вхідні давачі телеконтролю, вхідні реле телесигналізації

		2) Перетворення сигналів на виході КП в команди оперативного керування	Вихідні реле телеуправління
II	Блок оброблювання вхідних та вихідних сигналів на КП	1) Фільтрація вхідних сигналів від завад	Вхідні фільтри
		2) Обробка вхідних сигналів – осереднення, інтегрування, підсумовування, телевимірювання	Логічні схеми Програми
		3) Перетворення аналог – код.	АЦП
		4) Запам'ятовування сигналів.	Оперативна пам'ять
		5) Контроль вірності телеуправління.	Логічні схеми
III	Блок кодування та декодування на КП та ПК	1) Паралельно-послідовне перетворення і навпаки	Регістри (програми)
		2) Формування заводо захищених кодів	Кодер
		3) Стискання сигналів	Декодер
		4) Захист від помилок	

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат

ЕЛІТ 8.171.00.10.514 ПЗ

Лист

17

IV	Блок прийому-передачі сигналів	1) Передача по каналах зв'язку	Модем
		2) Контроль якості сигналу	Модем
		3) Синхронізація біт прийому-передачі	Модем
V	Блок оброблювання даних на ПК	1) Обчислювальні функції (осереднення, інтегрування, масштабування, підсумовування).	Програма
		2) Логічні функції (формування узагальнених телесигналів, сортування даних)	Програма
		3) Перетворення "код-аналог"	ЦАП
		4) Запам'ятовування сигналів	Оперативна пам'ять
VI	Блок входу-виходу на ПК (сторона диспетчера)	1) Перетворення сигналів виходу в доступну інформацію	Диспетчерський щит, дисплей
		2) Перетворення дій диспетчера в сигнали керування	Пульт керування, ключі керування
		3) Реєстрація даних діалогу	Журнал

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат

ЕЛІТ 8.171.00.10.514 ПЗ

Лист

18

Вплив технологій передачі даних на архітектуру систем телемеханіки

В сучасному світі технології передачі даних відіграють визначальну роль у розвитку та оптимізації систем телемеханіки. Зростання швидкості передачі даних, покращення надійності зв'язку та розвиток бездротових технологій ініціюють еволюцію архітектур, які використовуються для дистанційного керування та обміну інформацією. У цьому контексті важливо розглянути ряд ключових аспектів, які визначають вплив технологій передачі даних на функціональність і надійність систем телемеханіки. Розглядаючи ці аспекти, можна краще зрозуміти, як сучасні технології формують архітектурні рішення у галузі телемеханіки та в якому напрямку вони спрямовані для майбутнього розвитку.

Ось деякі аспекти цього впливу:

1. Швидкість передачі даних:
 - Високошвидкісний інтернет: Завдяки високошвидкісним інтернет-з'єднанням можна передавати дані швидше, що дозволяє зменшити затримки та покращити реакцію системи.
2. Надійність зв'язку:
 - Технології забезпечення стійкості до помилок: Використання технологій, таких як кодування помилок та корекції, сприяє надійності передачі даних, особливо в умовах шумів та перешкод.
3. Бездротові технології:
 - WiFi, Bluetooth, Zigbee, LoRa: Застосування бездротових технологій дозволяє легко розгорнути системи телемеханіки без потреби в складних кабельних мережах, що полегшує їх використання в різних умовах.
4. Інтернет речей (IoT):
 - Підключені пристрої та сенсори: Використання IoT дозволяє підключати багато пристроїв та сенсорів, що забезпечує більше даних для систем телемеханіки та підвищує їхню ефективність.
5. Хмарні технології:
 - Збереження та обробка даних в хмарі: Використання хмарних сервісів дозволяє зберігати та обробляти великі обсяги даних, забезпечуючи доступ до них з будь-якого місця.
6. Блокчейн:

– Безпека та невідмовність: Технології блокчейн можуть додати рівень безпеки та невідмовності до систем телемеханіки, особливо важливого для критичних застосувань.

7. Аналітика та штучний інтелект:

– Аналіз даних та прийняття рішень: Використання аналітики та штучного інтелекту дозволяє системам телемеханіки автоматично аналізувати та реагувати на дані, що поліпшує їхню ефективність.

8. Віддалений доступ:

– Інтернет-протоколи та VPN: Технології для віддаленого доступу забезпечують можливість керування та моніторингу систем телемеханіки з будь-якого місця.

Ці технологічні інновації не лише спрощують і покращують функціональність систем телемеханіки, а й розширюють їхні можливості в різних сферах, включаючи промисловість, медицину та транспорт.

1.4 Розподілені централізовані та децентралізовані системи

Централізовані системи

Опис:

У централізованій системі всі ключові функції та прийняття рішень зосереджені в одному центральному вузлі чи сервері.

Централізовані системи характеризуються яскраво визначеним центром контролю, де вся обробка даних та прийняття рішень здійснюються централізовано.

Переваги:

Простота управління та обслуговування.

Зменшення потреби в складних мережах комунікації.

Легка реалізація централізованих стратегій безпеки та керування доступом.

Недоліки:

Потенційний одиночний пункт відмови.

Обмежена масштабованість при зростанні обсягів даних чи обчислювальних завдань.

Може бути неефективною у великих системах, де необхідно розподілене прийняття рішень.

Розподілені системи

Опис:

Розподілені системи розподіляють обробку даних та функції між різними вузлами чи серверами, які можуть виконувати роботу паралельно.

										Лист
										20
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат						

Кожен вузол в розподіленій системі може мати свою локальну базу даних та приймати рішення незалежно від інших вузлів.

Переваги:

Забезпечення високої масштабованості та ефективності при обробці великих обсягів даних.

Зменшення ризику виникнення одного центрального пункту відмови.

Інтеграція з різними технологіями та ресурсами.

Недоліки:

Складніше управління та синхронізація між вузлами.

Потреба в надійних механізмах комунікації для забезпечення взаємодії між вузлами.

Децентралізовані системи

Опис:

У децентралізованій системі керування та функції розподілені між різними вузлами, і кожен вузол може приймати рішення автономно.

Переваги:

Висока стійкість до відмов через відсутність одного центрального пункту.

Гнучкість та адаптивність до змін у системі.

Зменшення навантаження на центральні ресурси.

Недоліки:

Потреба в ефективних механізмах комунікації та синхронізації для забезпечення координації між вузлами.

Збільшена складність управління та контролю.

Вибір між централізованими, розподіленими та децентралізованими системами залежить від конкретних вимог кілька ключових аспектів:

Масштабованість

Централізовані системи: Якщо ваша система потребує легкості управління та масштабується досить невелико, централізована архітектура може бути простою та ефективною.

Розподілені системи: При обробці великих обсягів даних та вимозі масштабованості, розподілені системи можуть бути відмінним вибором.

Децентралізовані системи: Для систем, які повинні бути легко розширюваними та стійкими до відмов, може бути вигідно використовувати децентралізований підхід.

Надійність

										Лист
										21
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат						

Централізовані системи: Якщо вам потрібен один центр управління для забезпечення стабільності та контролю, централізована архітектура може відповідати цим потребам.

Розподілені системи: Для систем, де надійність грає важливу роль, розподілені рішення можуть забезпечити стійкість до відмов та ефективність.

Децентралізовані системи: З урахуванням того, що в децентралізованих системах відсутні одні центральні пункти відмови, вони можуть забезпечувати високий рівень надійності.

Ефективність комунікації:

Централізовані системи: В таких системах може бути менше потреба в ефективних механізмах комунікації між вузлами.

Розподілені системи: З врахуванням паралельної обробки та обміну даними між вузлами, розподілені системи потребують потужних механізмів комунікації.

Децентралізовані системи: Забезпечення ефективної комунікації між вузлами є ключовим для координації та синхронізації дій.

Гнучкість та адаптивність:

Централізовані системи: Може бути менше гнучкості для змін та адаптації до нових умов.

Розподілені системи: Забезпечують гнучкість у розширенні та адаптації до різних завдань та об'ємів даних.

Децентралізовані системи: Забезпечують високий рівень гнучкості та адаптивності, оскільки кожен вузол може функціонувати незалежно.

1.5 Комплекс технічних засобів систем телемеханіки

У сфері електроенергетики системи телемеханіки відіграють важливу роль у забезпеченні ефективного управління та моніторингу різних аспектів енергетичної інфраструктури.

Комплекс технічних засобів для систем телемеханіки в електроенергетиці:

Вимірювальні Пристрої та Датчики

Опис: Метрики енергопотреб, напруги, струму, частоти, а також параметри якості електроенергії.

Функції: Забезпечення точного вимірювання та моніторингу стану електроенергетичної системи.

Системи Захисту та Керування Енергоспоживанням

Опис: Релейна захист, автоматизовані системи управління навантаженням, електронні пристрої для оптимізації роботи обладнання.

										Лист
										22
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат						

Функції: Захист обладнання від перевантажень, віддалене керування та автоматизація процесів.

Телекомунікаційні Засоби

Опис: Використання мережевих технологій, включаючи протоколи передачі даних, комутатори, роутери, для забезпечення зв'язку між різними підсистемами та вузлами електроенергетичної мережі.

Функції: Забезпечення ефективної комунікації для моніторингу та керування роботою обладнання.

Системи Дистанційного Моніторингу та Діагностики

Опис: Використання сучасних технологій для віддаленого моніторингу стану електроенергетичного обладнання, виявлення можливих відмов та проведення діагностики.

Функції: Передбачення та усунення проблем до їх виникнення, підвищення надійності системи.

Системи Автоматизованого Збору та Аналізу Даних

Опис: Засоби для збору, зберігання та аналізу великих обсягів даних, отриманих від сенсорів та інших джерел.

Функції: Виявлення закономірностей, оптимізація роботи систем, прийняття рішень на основі аналізу інформації.

Системи Управління Активами

Опис: Використання програмного та апаратного забезпечення для оптимізації використання ресурсів та планування роботи обладнання.

Функції: Підвищення ефективності експлуатації, забезпечення максимального використання активів.

Системи Керування Трафіком та Дистриб'юцією Електроенергії

Опис: Програмні та апаратні засоби для керування потоками електроенергії, включаючи системи розподілу та управління трафіком.

Функції: Підтримка балансу в системі електропостачання, оптимізація роботи підстанцій та обладнання.

Системи Забезпечення Безпеки

Опис: Камери відеоспостереження, сенсори для виявлення небезпечних ситуацій, системи контролю доступу.

Функції: Забезпечення безпеки на об'єктах електроенергетики, реагування на вторгнення та надзвичайні ситуації.

Цей комплекс технічних засобів для систем телемеханіки в електроенергетиці спрямований на підвищення надійності, ефективності та

						<i>ЕлІТ 8.171.00.10.514 ПЗ</i>	Лист
							23
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дат</i>			

безпеки енергетичної інфраструктури. Використання сучасних технологій дозволяє віддалено керувати та моніторити роботу систем, що є ключовим елементом для ефективного функціонування електроенергетичних мереж.

1.6 Програмне та інформаційне забезпечення систем телемеханіки

В сучасному електроенергетичному виробництві та розподілі енергії системи телемеханіки стають невід'ємною складовою, що забезпечує не лише ефективне моніторингове спостереження, але й віддалене управління та оптимізацію роботи енергетичної інфраструктури. Прискорений розвиток цифрових технологій і зростання об'ємів генерованих та оброблюваних даних ставлять великі виклики перед інженерами електроенергетики, змушуючи їх шукати нові та ефективні рішення для забезпечення стабільності, безпеки та надійності систем електропостачання.

В даному контексті ключовою роллю відіграють програмне та інформаційне забезпечення систем телемеханіки, які взаємодіють з різноманітними технічними компонентами. Це програмне забезпечення дозволяє енергетикам ефективно моніторити, аналізувати та керувати роботою електроенергетичної мережі, надаючи можливість вчасного реагування на зміни у виробництві та споживанні електроенергії.

Різнманітні аспекти програмного та інформаційного забезпечення систем телемеханіки в електроенергетиці, їх функціональність та важливість у підтримці ефективного та безпечного функціонування електроенергетичних систем:

1. SCADA-системи (Supervisory Control and Data Acquisition)

Опис: SCADA-системи використовуються для віддаленого моніторингу та керування об'єктами електроенергетики. Вони надають операторам графічний інтерфейс для візуалізації стану системи, збору даних і подання інформації про процеси.

Функції: Відображення параметрів, архівування даних, графіки, віддалене керування.[13]

2. EMS (Energy Management Systems)

Опис: EMS використовуються для оптимізації виробництва та розподілу електроенергії. Вони включають у себе модулі для планування, розподілу ресурсів, управління підстанціями.

Функції: Оптимізація роботи генеруючих установок, планування навантаження, енергетичне балансування.[14]

3. Диспетчерські системи

										Лист
										24
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат						

Опис: Це програмне забезпечення для моніторингу та керування електромережею. Вони забезпечують інтерфейс для диспетчерів для взаємодії з різними об'єктами системи.

Функції: Реагування на аварійні ситуації, координація роботи об'єктів, планування експлуатації.

4. EMS-SCADA Інтеграція

Опис: Інтеграція між системами управління енергетичною мережею (EMS) та SCADA дозволяє забезпечити спільну інфраструктуру для моніторингу та керування.

Функції: Спільний доступ до даних, об'єднання функціоналу обох систем.[14]

5. GIS (Geographic Information System)

Опис: GIS використовується для візуалізації та аналізу географічної інформації. У контексті електроенергетики, GIS може допомагати відображати розташування об'єктів енергетичної інфраструктури.

Функції: Картографічне відображення об'єктів, аналіз географічних даних.[15]

6. AMR (Automated Meter Reading)

Опис: AMR використовується для автоматизованого збору та передачі показників лічильників електроенергії.

Функції: Збір та передача даних лічильників в реальному часі, автоматичне оновлення інформації.[16]

7. SCMS (Substation Control and Monitoring Systems)

Опис: SCMS використовуються для керування та моніторингу роботи підстанцій. Вони об'єднують у собі функції SCADA та захисту підстанцій.

Функції: Контроль параметрів підстанції, виявлення та реакція на відмови.

8. Бази даних для Зберігання та Аналізу Даних

Опис: Бази даних використовуються для зберігання великих обсягів даних, які генеруються в ході роботи системи телемеханіки.

Функції: Забезпечення доступу до архівних та поточних даних, аналіз та генерація звітів.

9. Cybersecurity Solutions

Опис: Програмне забезпечення для забезпечення безпеки систем телемеханіки від кіберзагроз.

Функції: Виявлення та захист від кіберзагроз, шифрування даних, контроль доступу.

					<i>ЕлІТ 8.171.00.10.514 ПЗ</i>	Лист
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дат</i>		25

Програмне та інформаційне забезпечення є ключовим компонентом систем телемеханіки в електроенергетиці.

1.7 Постановка завдання на проектування системи телемеханіки для керування об'єктами електроенергетики

Метою роботи є розробка автоматизованої децентралізованої електронної системи телемеханіки для керування об'єктами електроенергетики на базі багатофункціонального телемеханічного контролера, яка повинна забезпечити з високим рівнем достовірності моніторинг стану комутаційного підстанційного обладнання, збір результатів телевимірювання параметрів технологічного процесу передачі та розподілу електричної енергії та здійснення завадостійкого дистанційного керування комутаційним обладнанням на об'єктах електроенергетики. інформації підвищення стабільності роботи модемного пулу шляхом автоматичного контролю працездатності модемів та відновлення їх роботи після збоїв та відмов шляхом перезавантаження модемів програмно та по живленню.

Для розробки такої системи, що розробляється, необхідно виконати наступне:

1. Визначити завдання та основні функції, які буде виконувати автоматизована електронна система телемеханіки для керування об'єктами електроенергетики та визначити основні типи телевимірювальної інформації, що підлягає вимірюванню та надійній передачі даних на верхній рівень системи.

2. Виконати дослідження характеристик алгоритмів, що забезпечать завадостійку передачу даних для різних типів інформації та надати рекомендації з використання ефективних завадостійких кодів для кожного з основних типів телеінформаційних повідомлень та використання надійного дистанційного керування комутаційним обладнанням на енерго'об'єктах.

3. Розробити схеми електричні структурні комплексу технічних засобів системи телемеханіки, багатофункціонального телемеханічного контролера та схему алгоритму його роботи.

4. Розробити схему електричну функціональну та схему електричну принципову багатофункціонального телемеханічного контролера.

5. Розрахувати собівартість та ціну виготовлення багатофункціонального телемеханічного контролера.

										Лист
										26
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат						

ЕлІТ 8.171.00.10.514 ПЗ

2 НАУКОВО ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

2.1 Види телемеханічної інформації

Телемеханіка – це галузь техніки та науки, яка займається контролем та управлінням об'єктами на відстані за допомогою передачі електричних сигналів через канали зв'язку. Термін "телемеханіка" об'єднує поняття "теле", що вказує на віддаленість, та "механіка", що вказує на майстерність та управління. Основні завдання пристроїв телемеханіки в енергосистемах включають:

Телеконтроль, або телемоніторинг, означає спостереження за станом контрольованих процесів та обладнання. Елементами телеконтролю є:

а) Телевимірювання (ТВ або telemetering) - передача значень параметрів контрольованих процесів через канали зв'язку. Ці параметри постійно змінюються в часі, такі як потужність, напруга, струм і т. д. Телевимірювання може виконуватися безперервно або за запитом диспетчера. Існують два види передачі: циклічне, коли передаються всі періодичні відліки ТВ, і адаптивне, коли передаються лише змінні значення. Контрольований параметр ТВ може бути оцінений як поточний момент часу або інтегральне значення протягом певного періоду часу. Для цього застосовують терміни "телевимірювання поточних значень" (ТПЗ) та "телевимірювання інтегральних значень" (ТІЗ).

б) Телеуправління, або телекерування (ТУ, ТК, telecomand), передбачає передачу команд від диспетчера (оператора) до комутаційних пристроїв (таких як вимикачі потужності, роз'єднувачі, контактори та інші) через канали зв'язку для зміни положення оперативного обладнання. Якщо оперативне обладнання може мати більше ніж два стани, тоді телеуправління цим обладнанням називається телепристроєм.

в) Телесигналізація (ТС, teleindication) – це передача дискретних сигналів, що вказують на стан контрольованого обладнання, наприклад, перемикачі живлення, положення роз'єднувальних перемикачів, налаштування автоматизації та інші параметри. Передача ТС відбувається дискретно, коли стан керованого об'єкта змінюється, або циклічно і безперервно, коли підтверджується заздалегідь визначений стан. У більшості випадків ТК обмежується передачею інформації про два положення об'єкта (включено/вимкнено).

г) Телерегулювання (ТР, teleregulation) – це передавання впливів типу «додати-зменшити» від диспетчера до регулятора на контрольованому пункті.

										Лист
										27
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат						

Для будь-якої складної системи передачі даних функції систем телемеханіки зазвичай розділяються на кілька незалежних рівнів. Вищі рівні виконують основні функції та обмінюються інформацією та повідомляють про помилки нижчим рівням, який, у свою чергу, відповідає за функції обслуговування. Зазвичай, кожен функціональний рівень взаємодіє з відповідним рівнем на іншій стороні каналу зв'язку.

Функції системи телемеханіки розподіляються на наступні рівні:

- Функції користування (рівень 7);
- Функції оперативного оброблення та відображення даних (рівні 5–6);
- Функції транспортування даних, які включають всі рівні передавання – фізичний, каналний та сітьовий (рівні 1-4).[1]

2.2 Фактори, що впливають на завадостійкість телемеханічних повідомлень

При передачі сигналів через канали телемеханіки виникають спотворення, які обумовлені перехідними процесами в каналі та впливом завад. В результаті цих спотворень (рис. 2.1 б) та дії завад (рис. 2.1 в) форма сигналу на виході каналу (рис. 2.1 г) відрізняється від його форми на вході (рис. 2.1 а).

Пороговий пристрій на виході каналу відновлює прямокутну форму елементів сигналу (рис. 3.1 д), але створює значущі моменти (ЗМ) в ті моменти часу t_{i1} , коли напруга сигналу на виході каналу перетинає нуль (у випадку двополярного сигналу). У результаті ЗМ на прийманні t_{i1} не співпадає з відповідними ЗМ на передаванні t_i .

При цьому завжди існує нерівність $t_{i1} > t_i$, оскільки внаслідок обмеженого часу поширення ЗМ на прийомі відстає від відповідних ЗМ на передаванні. Якщо б всі ЗМ на прийомі відстали на однаковий час, то відбувся б простий зсув сигналу в часі без спотворення його форми.

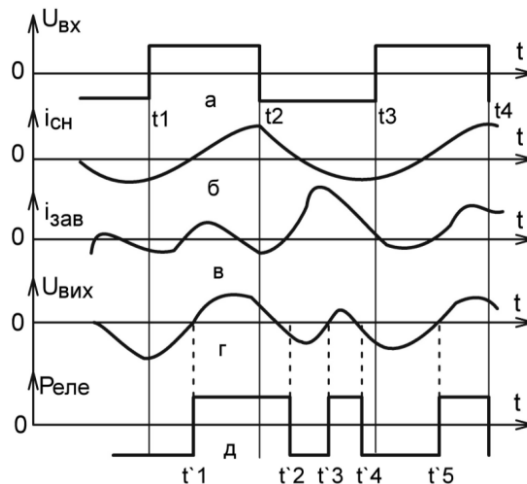


Рисунок 2.1 – Спотворення сигналу, спричинені перехідними процесами та впливом перешкод: а) форма вхідного сигналу; б) струм спотворення; в) перешкода; г) форма сигналу на виході каналу; д) форма сигналу на виході каналу

Наявність спотворень та перешкод у телемеханічних каналах викликає розбіжності між реальними значущими моментами та інтервалами і їх ідеальними аналогами за тривалістю. Ці розбіжності призводять до відхилень у тривалості прийнятих значущих інтервалів порівняно з переданими, а також можуть призвести до змін знаку всередині окремого інтервалу.

Згідно з цим, спотворення значущих інтервалів можна класифікувати як крайові, що виникають на межах інтервалів, та дроблення, що впливає на їхню цілісність. Крайові спотворення виникають, коли значущі моменти та інтервали не відповідають ідеальним значущим моментам та інтервалам, що призводить до змін тривалості прийнятих значущих інтервалів в порівнянні з переданими. Дроблення відбувається при одно- або багаторазовій зміні значущої позиції всередині значущого інтервалу.

Ці крайові спотворення та дроблення є вторинними характеристиками телемеханічного каналу, що відрізняються від первинних характеристик, таких як завади, спотворення амплітудно-частотної характеристики та фазо-частотної характеристики. Ці крайові спотворення та дроблення призводять до невідповідності прийнятого повідомлення переданому, що погіршує достовірність передачі інформації.

Завадостійкість - це властивість сигналу зберігати вбудовану інформацію незалежно від впливу завад. Завадостійкість визначається ймовірністю правильного прийому елементарного дискретного сигналу ("0" або "1") при певному рівні завад. Позначимо ймовірність неправильного прийому "0" замість "1" як $p(1 \rightarrow 0)$ і ймовірність неправильного прийому "1" замість "0" як $p(0 \rightarrow 1)$.

Для симетричного двійкового каналу ці ймовірності є однаковими. Отже, ймовірність правильного прийому $q = 1 - p$.

За характером збурення поділяють на збурення пульсу, збурення пульсації, промислової частоти та його гармонійне збурення. Глушіння імпульсів - це послідовність імпульсів довільної форми з випадковими амплітудами. Інтервали між сусідніми імпульсами настільки великі, що перехідні процеси в каналі зв'язку зникають до появи наступного імпульсу. Ефективність імпульсного збурення на сигнал визначається відношенням тривалості збурення (τ_3) і сигналу (τ_C). Якщо $\tau_3/\tau_C \ll 1$, то перешкоду можна усунути за допомогою інерційної ланки (дроселя) на вході приймача.

Тривалість нестационарних процесів τ в телеметричних системах обернено пропорційна смузі пропускання ΔF :

Імпульсні завади – це послідовність імпульсів довільної форми з випадковими амплітудами. Проміжки часу (t) між сусідніми імпульсами настільки значні, що перехідний процес у каналі зв'язку загасає до появи наступного імпульсу.

Ефективність імпульсного збурення на сигнал визначається відношенням тривалості збурення (τ_3) і сигналу (τ_C). Якщо відношення (τ_3/τ_C) значно менше 1, імпульсні перешкоди можна ефективно усунути за допомогою інерційної ланки (дроселя) на вході приймача.

Тривалість нестационарних процесів (τ) у телеметричних системах обернено пропорційна смузі пропускання ΔF .

$$\tau = k/\Delta F.$$

Властивості завад визначаються шириною смуги пропускання ΔF системи зв'язку та тривалістю нестационарного процесу в цій системі. Згідно з цим, завади, які виникають внаслідок однакових джерел, можуть мати імпульсний або флуктуаційний характер.

Джерелами імпульсних завад є атмосферні розряди, електрозварювання, комутаційні перемикання в електромережі та інші подібні явища.

Флуктуаційні завади характеризуються тим, що крива напруги завад є безперервною в часі t і представляє собою випадкову величину з необмеженим спектром частот, відомим як "білий шум". "Білий шум" описується нормальним законом розподілу миттєвих значень напруги завад (u_3), де $U_{3.СК}$ – середньоквадратична напруга завад.

Ці характеристики визначають вплив завад на систему зв'язку та важливі для розробки ефективних методів боротьби зі завадами в рамках цієї системи.

									Лист
									30
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат					

$$\omega(u_3) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}U_{3.СК}} \cdot e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{u_3}{U_{3.СК}}\right)^2},$$

де $U_{3.СК}$ – середньоквадратична напруга завад.

Флуктуаційні завади характеризують величини: - питома напруга завади, це ефективна напруга завади на одиницю частотної смуги приймального фільтра

$$n_0 = \frac{U_{3.СК}}{\sqrt{\Delta F}};$$

- питома потужність завади – n_0^2 ;
- відношення амплітуд сигнал/завада

$$a = \frac{U_m}{\sqrt{2}U_{3.СК}};$$

- енергетичний параметр завади – відношення енергії сигналу до питомої потужності завади

$$a_0^2 = \frac{1}{n_0^2} \int_0^\tau U_c^2(t) dt;$$

- тривалість τ сигналу ("0" чи "1"). Завадостійкість сигналу підвищують способом приймання та принципом будови приймача.[1]

2.3 Критерії оцінки завадостійкості

1. Достовірність повідомлення визначається за ймовірністю виявлення помилок або ймовірністю приймання невірних повідомлень.

2. Швидкість передавання повідомлень та припустимі затримки під час їхнього передавання визначають режим реального часу в телемеханічних системах.

3. Мінімальний об'єм каналу зв'язку $V_{КЗ}$:

$$V_{КЗ} = \Delta f_K \cdot T_K \cdot \lg \frac{P_C}{P_3},$$

Де Δf_K – частотна смуга каналу; T_K – тривалість зайнятості каналу; P_C / P_3 – відношення потужностей рівнів сигнал/завада.

4. Висока інформативність повідомлення, тобто кожне повідомлення має містити нові відомості.

5. Ймовірність невиявлення помилок: вимірює, наскільки добре система може виявити наявні помилки. Зазвичай виражається у відсотках або у

вигляді частки. Чим вище ймовірність невиявлення помилок, тим краще система витримує вплив шумів або завад.

Для оцінки ймовірності $P_{н.і}(f, A)$ невиявлення помилок та визначення втрат інформації під час передачі даних у каналі зв'язку формується канална матриця $P(b_j/a_i)$ [3] для системи передачі інформації з вирішальним зворотнім зв'язком. Значення у кожній клітинці (крім тих, які знаходяться на головній діагоналі) визначаються відповідно до специфікованої формули.

$$P(b_j/a_i) = p_a^{d_{ij}}(1-p_e)^{n-d_{ij}}, i \neq j$$

де n – довжина кодової комбінації;

d_{ij} – кодова відстань, що відповідає кодовим комбінаціям a_i і b_j .

Значення в комірках головної діагоналі визначаються за формулою

$$P(b_j/a_i) = 1 - \sum_{j=1, j \neq i}^{|A|} P(b_j/a_i)$$

Ймовірність $P_{н.і}(f, A)$ не виявлення помилок для синтезо-ваного кодового відображення визначається за виразом [5]:

$$P_{н.і}(f, A) = \sum_{i=1}^{|A|} P(a_i) P_{н.і}(a_i)$$

де

$$P_{н.і}(a_i) = \sum_{j=1, j \neq i}^{|A|} P(b_j/a_i)$$

6. Мінімальна кодова відстань: вимірює мінімальну кількість змін, які потрібно внести в передавані дані, щоб отримати код, який може бути ідентифікований як інший дійсний код. Чим більше мінімальна кодова відстань, тим краще можливість виявлення і виправлення помилок.

Кодова відстань d – характеризує на скільки одна робоча комбінація віддалена від іншої, вона дорівнює числу одноіменних розрядів з відмінними символами.

Наприклад, для двійкових кодів d визначають вагою (числом "1") суми за модулем "2" (логічна операція виключного "або") двох кодових комбінацій: наприклад, d між комбінаціями 0110111 та 1101010 ($\sum_{|2|} = 1011101$) дорівнює 5 (п'ять одиниць).

Чим більша d , тим важче завадам спотворити одну робочу комбінацію в іншу. Завади характеризують кратністю k_Z – числом символів коду, які завада

здатна спотворити ($0 \rightarrow 1$ і навпаки). d_{\min} характеризує мінімальну кратність завади, якої достатньо аби призвести до невиявлення помилок. Наприклад, для $d_{\min} = 1$ вже однократна похибка, що спотворює 1 біт у кодовій комбінації призводить до хибного повідомлення. Для виявлення всіх помилок кратністю до k_Z має бути:

$$d_{\min} = k_Z + 1.$$

У такому разі жодна завада кратністю до k_Z не зможе створити хибне повідомлення, оскільки приймач забороняє їх виконання. За необхідності не лише виявляти помилки, але і відтворювати (виправляти) спотворені кодові комбінації слід збільшити d_{\min} до значення:

$$d_{\min} \geq 2s + 1,$$

де s – кратність помилки. Отриману кодову комбінацію з помилками кратністю до s визнають як найближчу до неї робочу, розміщену на відстані $\leq s$. Для виявлення k_Z -кратних помилок та виправлення s -кратних необхідно, аби:

$$d_{\min} \geq k_Z + s + 1, \text{ причому } k_Z \geq s.$$

2.4 Вимоги до завадостійкості при передачі різних видів телемеханічної інформації

Стандарт МЕК визначає три рівні достовірності передачі даних, позначені як I1, I2 і I3. Вибір конкретного класу визначає значущість повідомлення.

На рис. 2.4.1 показано, як змінюється верхня межа ймовірності помилкових повідомлень R в залежності від ймовірності помилкового прийому біта P (R та P в логарифмічному масштабі). Значення $P = 0,5$ вказує на прийом випадкового шуму (без наявності сигналу).

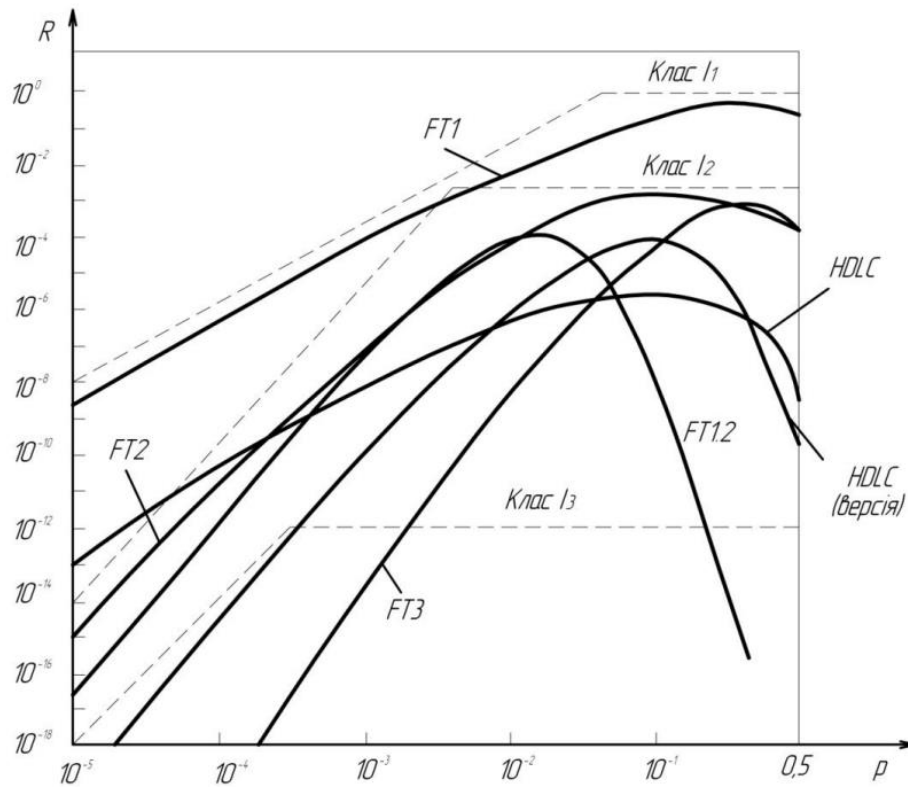


Рисунок 2.2 – Залежність верхніх меж вірогідності хибних повідомлень R від ймовірності помилкового прийому біт P

Межові характеристики $R(P)$ (зображені пунктиром) для класів достовірності $I_1 - I_3$ задають так: горизонталь, що обмежує допустиме значення R , проводять на рівні $R = R_{\text{ГПР}}$. Значення $P = 10^{-4}$ відповідає задовільній якості каналу передачі. При $P = 10^{-4}$ для класу I_1 $R_{\text{ГПР}} = 2^{-1}$, для класу I_2 $R_{\text{ГПР}} = 2^{-8}$, для I_3 — $R_{\text{ГПР}} = 10^{-12}$

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат

Це означає, що при будь-якій ймовірності помилки на біт значення R не повинно перевищувати оговорених значень $R_{\text{пр}}$.

Для $P = 0,5$ $I_1 \rightarrow R_1 = 10^{-6}$;

$I_2 \rightarrow R_2 = 10^{-10}$;

$I_3 \rightarrow R_3 = 10^{-14}$;

Нахил граничних характеристик до осі абсцис визначають за кодовою відстанню d : для класу I_1 $d=2$, для класів I_2 та I_3 $d=4$. Це означає, що в класі I_1 повинні виявлятися всі однократні помилки, а в класах I_2 та I_3 – всі помилки кратністю не більше 3.

З огляду на те, що при значенні $P = 0,5$ захисні біти, які мають однакову ймовірність, можуть приймати будь-які значення, ймовірність невірної комбінації контрольних біт (іншими словами, ймовірність неправильного прийому повідомлень)

2.5. Завадостійке кодування

Запобіжні коди вважаються одним із найефективніших засобів забезпечення високої точності як при зберіганні, так і при передачі дискретної інформації. Останнім часом була розроблена спеціальна теорія кодування, спрямована на підвищення завадостійкості, і вона активно розвивається.

Завадостійке кодування, відоме також як кодування з помилковим виявленням або коригуванням помилок, є методом кодування інформації так, щоб його можна було відновити або скоригувати у разі пошкодження під час передачі чи зберігання. Одним із прикладів завадостійкого кодування є код Хемінга, який використовує контроль по четності для виявлення та корекції помилок.

Кодування Хемінга

Код Хемінга представляє собою систематичні коди, в яких з n символів, утворюючи комбінацію, p символів є інформаційними, а решта $k = n - p$ символів використовуються як надлишкові (контрольні) для здійснення перевірки (контрольні символи в кожній комбінації займають однакові позиції). Коди Хемінга дозволяють виправляти одиночні помилки (при кодовій відстані $d=3$) та визначати подвійні помилки (при $d=4$), але не можуть їх виправити.[4]

Зв'язок між кількістю інформаційних та контрольних символів в коді Хемінга визначається на основі наступних розсуджень. При передачі комбінації через канал із шумами може статися спотворення будь-якого з p символів коду, або комбінація може бути передана без спотворень. Таким чином, існує $p + 1$ варіантів спотворення (включаючи випадок передачі без спотворень).

										Лист
										35
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат						

Використовуюючи контрольні символи, необхідно перевірити всі $p + 1$ варіантів. За допомогою контрольних символів k можна описати 2^k подій. Для забезпечення ефективної перевірки всіх варіантів, необхідно встановити умову:

$$2^k \geq n + 1 = n_0 + k + 1 \quad (2.1)$$

Розміщення контрольних символів в комбінаціях коду Хемінга

n_0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
k	2	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5

1. Кількість інформаційних бітів (m): $m = 2^r - r - 1$, де r - кількість контрольних бітів.
2. Кількість загальних бітів (n): $n = m + r$.
3. Позначення контрольних бітів як P_i , де i - номер біта контролю.
4. Інформаційні біти позначаються D_j , де j - номер інформаційного біта.
5. Кожен біт контролю P_i відповідає за певні інформаційні біти, і його значення визначається так, щоб забезпечити парність (чи не парність) кількості "1" у відповідному наборі бітів.

Циклічні коди

Циклічні коди широко використовуються завдяки їх ефективності у виявленні та виправленні помилок. Схема пристроїв кодування і декодування цих кодів дуже проста і заснована на звичайних регістрах зсуву.

Назви цих кодів походять від їх властивості, що кожна комбінація кодів може бути отримана шляхом циклічної перестановки символів комбінацій, що містяться в тому самому коді. Іншими словами, наприклад, якщо комбінація $a_0a_1a_2...a_{p-1}$ прийнятна для циклічного коду, то комбінація $a_{p-1}a_0a_1a_2...a_{p-2}$ також буде відповідати цьому коду.

Циклічні коди зручно розглядати, подаючи комбінацію двійкового коду не у вигляді послідовностей нулів і одиниць, а у вигляді полінома від фіктивної змінної x

$$G(x) = a_{n-1}x^{n-1} + a_{n-2}x^{n-2} + \dots + a_1x + a_0 \quad (2.2)$$

де a_i – цифри даної системи числення (у двійковій системі 0 і 1).

Найбільший степінь x з ненульовим коефіцієнтом a називається степенем полінома.

Представлення кодових комбінацій у поліноміальній формі спрощує їхні операції, зводячи їх до операцій над поліномами. При цьому додавання

двійкових поліномів спрощується до модульного додавання двох коефіцієнтів однакового степеня змінної x . Множення і ділення виконуються за звичайними правилами множення і ділення логічних функцій. Під час цих операцій ідемпотентні коефіцієнти змінної x підсумовуються за модулем 2.

Подання комбінацій за формулою (2.5.2) зручно ще і тим, що згадана раніше циклічна перестановка є результат простого множення даного полінома на x . Дійсно, якщо одна з кодових комбінацій виражається поліномом

$$V(x) = a_0 + a_1x + a_2x^2 + \dots + a_{n-1}x^{n-1},$$

то нова комбінація за рахунок циклічного зсуву буде

$$x \cdot V(x) = a_0x + a_1x^2 + a_2x^3 + \dots + a_{n-2}x^{n-1} + a_{n-1}x^n. [4]$$

2.6 Порівняльний аналіз завадостійких кодів

Аналіз залежності ймовірності помилки, що не виявляється, від ймовірності переходу 1 в 0 при рівній довжині кодової комбінації і постійному значенні ймовірності переходу 0 в 1.

Дослідженню підлягає залежність ймовірності помилки, що не виявляється, від ймовірності переходу 1 в 0 при рівній довжині кодової комбінації і постійному значенні ймовірності переходу 0 в 1 для всіх кодів. Візьмемо кодову комбінацію довжиною $n=9$ біт, і можливість переходу 0 один $P_{10} = 0,01$.

Рівноважний код має такі параметри: $n=9$, $k=6$. За допомогою цього коду можна закодувати $N=84$ символи. [3]

Формула ймовірності помилки, що не виявляється, для рівноважного коду для асиметричного каналу зв'язку має вигляд:

$$P_{no} = \sum_{r=1}^k C_k^r C_{n-k}^r P_{01}^r P_{10}^r P_{11}^{k-r} P_{00}^{n-k-r}, \quad (2.3)$$

де n – кількість розрядів кодової комбінації;

k – кількість одиничних розрядів;

r – кількість помилкових переходів;

P_{00} - ймовірність переходу 0 в 0;

P_{01} - ймовірність переходу 0 в 1;

P_{10} - можливість переходу 1 в 0;

P_{11} - можливість переходу 1 в 1.

Біноміальний код має такі параметри: $n=10$, $k=6$. Потужність алфавіту, який можна закодувати, дорівнює $N = 210$.

Формула ймовірності невиявленої помилки для біноміального коду для асиметричного каналу зв'язку має вигляд:

$$\begin{aligned}
 P_{no} = & \sum_{qi=0}^k \left(\sum_{qw=qi+1}^k \sum_{c=1}^{C_{n-k-1=qi}^{qt}} P_{сообщц}(qi, c) \sum_{t=0}^{G1} C_{qi}^t C_{n-k-1+qw-qi}^{qw-qi+t} P_{00}^{n-qw-t-1} P_{01}^{qw-qi+t} P_{10}^t P_{11}^{qi-t} + \right. \\
 & + \sum_{c=1}^{C_{n-k-2=qi}^{qi}} P_{сообщц}(qi, c) \sum_{t=1}^{G2} C_{qi}^t C_{n-k-1}^t P_{00}^{n-qi-t-1} P_{01}^t P_{10}^t P_{11}^{qi-t} + \sum_{qw=0}^{qi-1} \sum_{t=q-qi}^{\min} \sum_{z=1}^{C_{qi-qi}^t} \sum_{s=1}^{C_{n-k-1=qw}^{qi-t}} P_{сообщц}(qi, s, z) \times \\
 & \left. \times \sum_{f=qi-qw-t}^{q \max} C_{qi-t}^{qi-t-f} C_{n-k-1-(qi-qw-t)}^{qw-(qi-t-f)} P_{00}^{n-qw-t-f-1} P_{01}^{qw-(qi-t-f)} P_{10}^{t+f} P_{11}^{qi-t-f} \right), \tag{2.4}
 \end{aligned}$$

де P00 - можливість переходу 0 в 0;

P01 - ймовірність переходу 0 в 1;

P10 – ймовірність переходу 1 0;

P11 – ймовірність переходу 1 до 1;

n - параметр системи числення;

k – максимальна кількість одиниць у біноміальному числі;

q – число одиниць біноміальної кодової комбінації;

t – переходи одиниць, що не виявляються, в нулі, тоді (t+qw-qi) – переходи, що не виявляються, нулів у одиниці;

G – максимальна кількість невиявлених переходів одиниць у нулі;

Rповідом - ймовірність появи повідомлення.

Розглянутий циклічний код має такі параметри: n=9, r=4, k=5, dmin=3.

Потужність алфавіту, який можна закодувати за допомогою коду, що має такі параметри, дорівнює N = 32.

Код з контролем парності має параметри: n=9, r=1, k=8, dmin=1.

Потужність алфавіту, який можна закодувати за допомогою коду N= 256.

Для симетричного каналу зв'язку відомі такі формули для визначення ймовірності помилок, що не виявляються:

- для циклічного коду:

$$D_{\bar{n}} = \frac{1}{2^r} \cdot \sum_{i=\sigma+1}^n C_n^i P_y^i (1 - P_y)^{n-i} \tag{2.5}$$

де Pно - ймовірність невиявленої помилки;

Pe – ймовірність спотворення елемента кодової комбінації

σ – кратність помилки.

- для коду з контролем на парність:

$$P_{\text{но}} \approx C_n^2 P_3^2 (1 - P_3)^{n-2} \quad (2.6)$$

де $P_{\text{но}}$ - ймовірність невиявленої помилки;

P_3 - ймовірність спотворення елемента кодової комбінації.

Але для асиметричного каналу зв'язку неможливо скористатися формулами (2.3 та 2.4), тому необхідно зробити розрахунок з використанням універсальної методики для циклічного коду та коду з контролем парності. Для цього будемо використовувати такий алгоритм дій:

1. Синтезувати код.
2. Побудувати матрицю кодових відстаней.
3. Розрахувати каналну матрицю $P(b_j/a_i)$.
4. Визначити ймовірність невиявленої помилки під час передачі a_i символу. Для цього скористаємося таким виразом:

$$P_{\text{но}}(a_i) = \sum_{j=1, j \neq i}^{|B|} P(b_j / a_i), \quad (2.7)$$

де $P(b_j/a_i)$ – вероятность появления на выходе канала связи b_j символа, если известно, что послан a_i символ.

Розрахувати ймовірність невиявленої помилки всього алфавіту:

$$P_{\text{но}} = \sum_{i=1}^{|A|} P(a_i) P_{\text{но}}(a_i), \quad (2.8)$$

де $P(a_i)$ - ймовірність появи на вході каналу a_i символу;

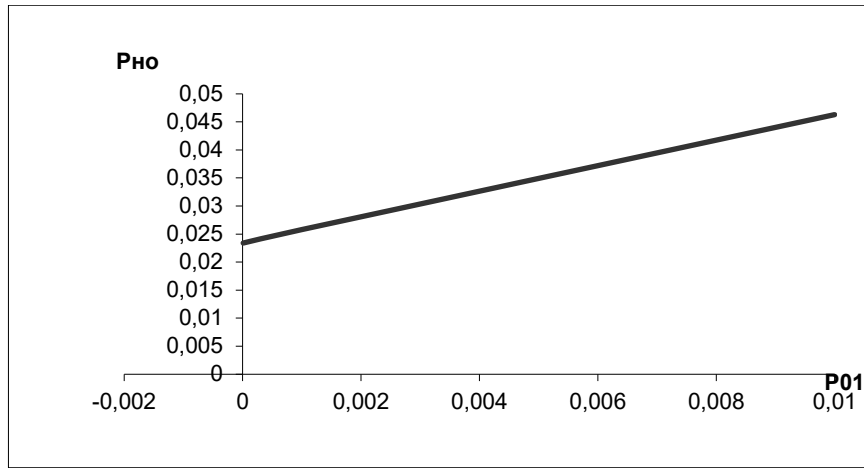
$P_{\text{но}}(a_i)$ – ймовірність невиявленої помилки під час передачі a_i символу.[4]

Використовуючи формули (2.1, 2.2, 2.5, 2.6) і параметри досліджуваних кодів, були отримані ймовірності помилки, що не виявляється, для асиметричного каналу зв'язку; всі дані зведені у таблиці 2.1 та проілюстровані на малюнках 2.1 та 2.2.

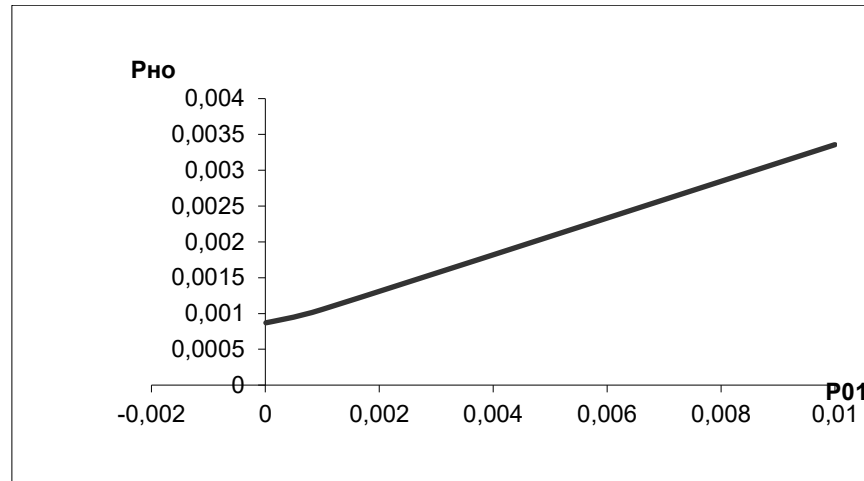
Таблиця 2.1 - Залежність ймовірності невиявленої помилки $P_{\text{но}}$ від ймовірності переходу 1 до 0 P_{01}

P_{01}	Біноміальний код	Код з контролем на парність	Рівноважний код	Циклічний код
0,00001	0,0234	0,00087	0	0,00000002
0,001	0,0258	0,001057	0,00018	0,00000099
0,01	0,0463	0,003357	0,001678	0,00000574

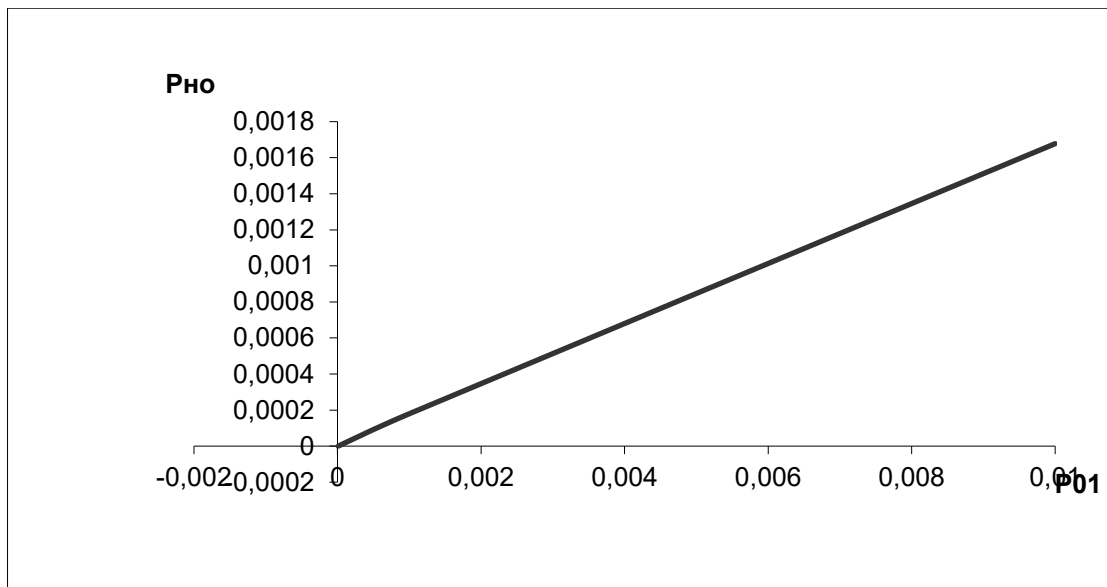
Графіки, що відображають залежність ймовірності помилки, що не виявляється, від ймовірності переходу 1 в 0 для різних кодів відображені далі.



а)



б)



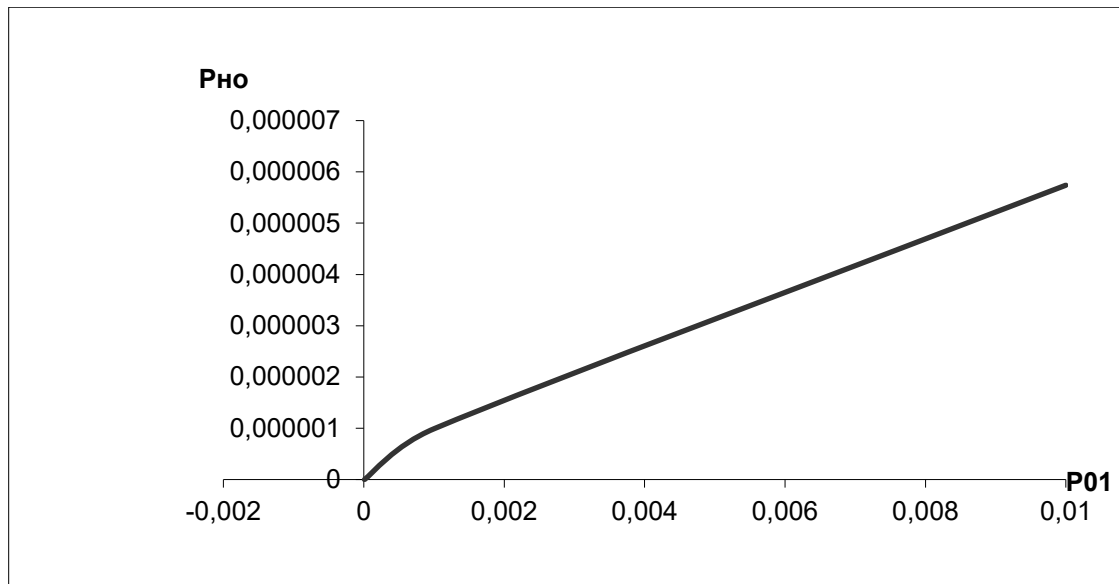
в)

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат

ЕлИТ 8.171.00.10.514 ПЗ

Лист

40



г)

Рисунок 2.3 - Залежність ймовірності помилки, що не виявляється, від ймовірності переходу 1 в 0 для досліджуваних кодів: а) біноміальний код; б) код із контролем по парності; в) рівноважний код; г) циклічний код

Узагальнений графік залежності ймовірності помилки, що не виявляється, від ймовірності помилкового переходу 1 в 0 для всіх кодів відображений на рис. 2.4

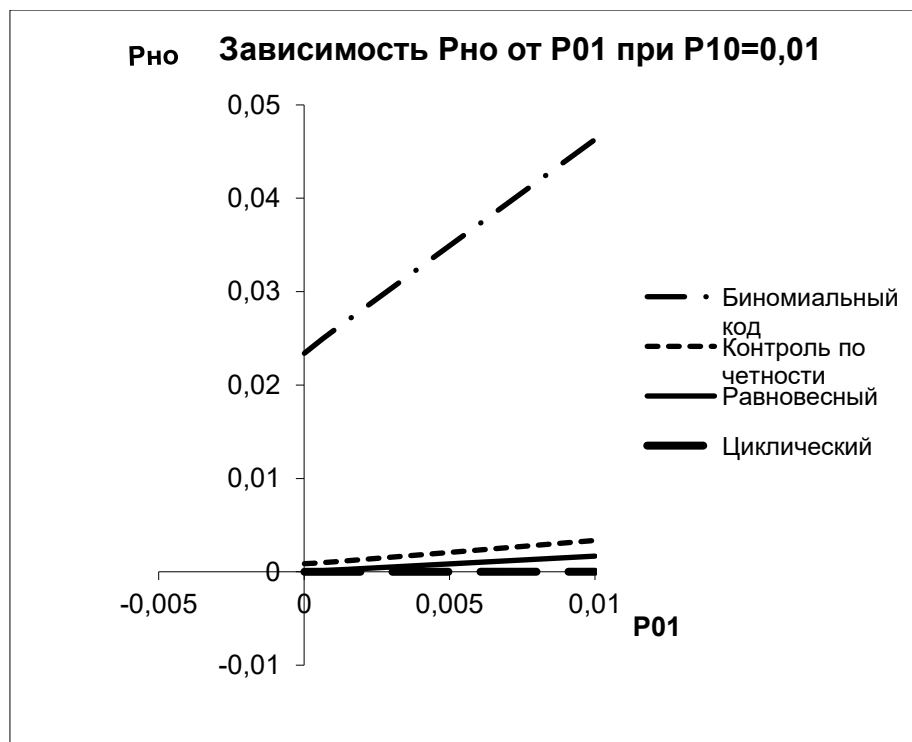


Рисунок 2.4 – Залежності Pно для всіх досліджуваних кодів

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат

Висновок: у розділі 2.1 був проведений аналіз залежності ймовірності невиявленої помилки різних кодів від ймовірності помилкового переходу 1 в 0 при незмінній ймовірності переходу 0 в 1 і дорівнює довжині кодової комбінації. В результаті було отримано узагальнений графік цих залежностей. По ньому можна сказати, що в симетричних та асиметричних каналах зв'язку найбільш доцільним є застосування циклічного коду. Винятком може бути випадком повної асиметрії, коли має місце спотворення лише одиничних (або тільки нульових) розрядів кодової комбінації. У цьому випадку найбільш ефективним є застосування рівноважного коду.

2.7 Рекомендації до застосування завадостійких кодів

Вибір конкретного кодування в телемеханічній системі передачі даних залежить від різних факторів, таких як характеристики каналу передачі, типи помилок, ефективність, види телемеханічної інформації, складність реалізації та вартість.

Достовірність передачі телемеханічних даних визначаються класами І1, І2 і І3, які визначають кількісні вимоги до точності передачі даних. Ймовірність невиявлених спотворень інформації, що передається, залежить від ймовірності викривлення одного біта інформації. Для кожного з цих класів існує певна залежність між ймовірністю невиявленого спотворення та ймовірністю спотворення одного біта інформації, яка представлена на рисунку 2.7.1.

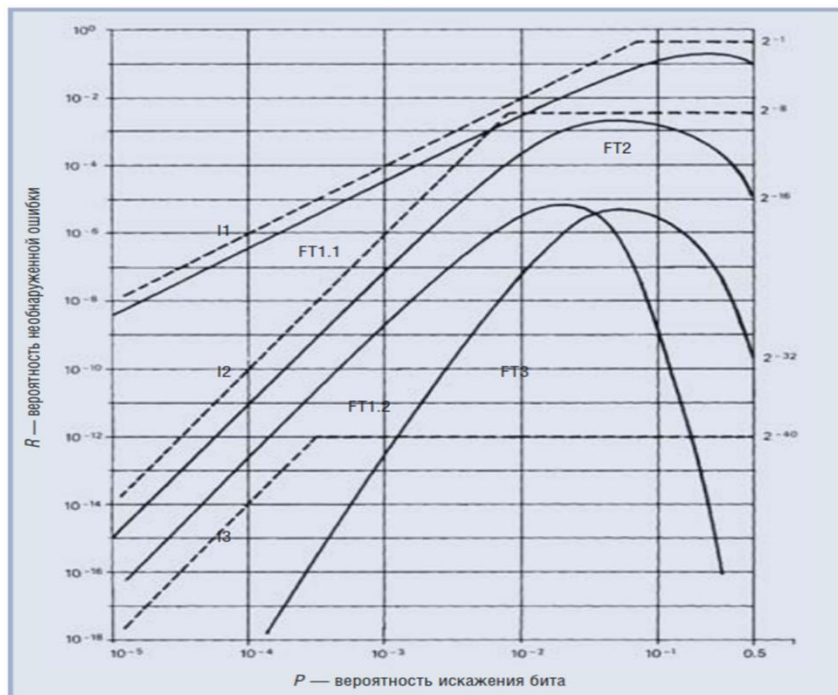


Рисунок 2.5 Класи достовірності та ймовірність появи невиявлених помилок для форматів FT1.1, FT1.2, FT2, FT3.

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат

Залежно від класу достовірності застосовуються різні методи кодування з різними значеннями так званої кодової відстані. Наприклад, для класу І1 використовується завадостійкі коди, які забезпечують мінімальну кодову відстань 2, а для класів І2 і І3 використовуються коди з кодовою відстанню 4 і більше.

Ці криві дозволяють системним інтеграторам вибрати формат передачі з урахуванням довідкових даних нормативного документа з урахуванням вимог достовірності передачі телемеханічних повідомлень для кожного типу телемеханічної інформації.

Так, наприклад, при передачі результатів телевимірювання **достатньо використання завадостійких кодів з контролем на парність**, що забезпечують мінімальну кодову відстань 2, що відповідає вимогам класу достовірності І1 та забезпечує ймовірність невиявлених помилок на рівні 10^{-6} при частоті появи спотворень одного біта на рівні $P=10^{-4}$.

Для передачі даних про стан комутаційних апаратів за допомогою телесигналів та для забезпечення дистанційно керування цими апаратами **необхідно використання завадостійких циклічних кодів**, що забезпечують мінімальну кодову відстань більше 4, що відповідає вимогам класу достовірності І2 та І3, що забезпечує ймовірність невиявлених помилок на рівні від 10^{-9} до 10^{-12} при частоті появи спотворень одного біта на рівні $P=10^{-3}$.

При частоті появи спотворень одного біта $P=10^{-4}$ середня ймовірність між невиявленими помилками становить класу І1 – 1 день, для І2 – 26 років, для І3 – 260000 років, що достатньо викристання телеуправління та телеавтоматики.

Загальною рекомендацією є те, що вибір конкретного типу завадостійкого коду повинен ґрунтуватися на вимогах конкретного застосування, обсязі передаваних даних, ресурсах системи та рівні надійності, який потрібно досягти. Тестування та моделювання в умовах реального використання може допомогти підтвердити вибір оптимального методу.

3 РОЗРОБЛЕННЯ СИСТЕМИ ТЕЛЕМЕХАНІКИ ДЛЯ КЕРУВАННЯ ОБ'ЄКТАМИ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКИ З ВИКОРИСТАННЯМ ОТРИМАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1 Обґрунтування алгоритму функціонування та структурної схеми системи телемеханіки

Розробка системи телемеханіки для керування об'єктами електроенергетики

Огляд проекту:

Створення комплексу програмно-технічних засобів для АСДУ, який буде багатоуровневим, ґрунтуватися на ієрархічному принципі та включати два рівні (нижній і середній), зокрема для вимірювальної, обчислювальної, комунікаційної та інформаційної підсистем.[17]

Мета проекту:

Розробити АСДУ забезпечивши ефективне диспетчерське управління та моніторинг електроенергетичних систем.

Завдання проекту:

Вимірювальна підсистема нижнього рівня:

Розробити специфікації та вибрати необхідне обладнання для вимірювальних трансформаторів напруги (ТН) та трансформаторів струму (ТТ).

Розробити електронні лічильники електроенергії (NP-03) для вимірювання та обліку електроенергії.

Створити контролерні прилади для збору даних, дискретних сигналів телесигналізації та управління комутаційним обладнанням.

Середній рівень АСДУ:

Розробити сервер/робоче місце диспетчера(АРМ).

Розробити комунікаційне обладнання для системи передачі даних для автоматизованого збору, передачі, обробки та накопичення даних щодо потоків електроенергії та потужності.

Інформаційний обмін:

Забезпечити організацію інформаційного обміну між диспетчерським пунктом АСДУ та підстанціями через радіоканали із використанням радіомодемів MDS4710 (Integra TR).

Забезпечити взаємодію між диспетчерськими пунктами за допомогою відведеного каналу в корпоративній мережі.

Безперебійне живлення:

										Лист
										44
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат						

Встановити засоби резервного безперебійного живлення для забезпечення неперервної роботи системи передачі даних протягом не менше 2 годин.

Тестування та впровадження:

Провести тестування системи на різних етапах розробки та інтеграції.

Завершення проекту:

Після успішної імплементації системи визначити план подальшого технічного розвитку, оновлення та підтримки АСДУ для забезпечення його ефективності та сумісності з майбутніми вимогами.

Система телемеханіки для керування об'єктами електроенергетики є комплексом програмно-технічних засобів, багаторівневою, зведеною за ієрархічним принципом і складається з двох рівнів (нижнього і середнього відносно АСДУ)[17]

Вимірювальна підсистема нижнього рівня АСДУ включає:

— вимірювальні трансформатори напруги (ТН), призначені для перетворення первинних напруг по кожній фазі секційних шин підстанцій во вторинні напруги, які вимірюються електронними лічильниками NP-03 для кожного приєднання;

— вимірювальні трансформатори струму (ТТ), призначені для перетворення первинних струмів по кожній фазі приєднання во вторинні струми, які вимірюються електронними лічильниками NP-03;

— електронні лічильники електроенергії NP-03 для споживання/виробництва електроенергії по приєднаннях та обліку споживання для власних потреб підстанцій, а також для контролю параметрів електроспоживання (струм, напруга, потужність);

— контролерні пристрої розроблені в дипломному проекті, призначені для збору даних з електронних лічильників NP-03, збору дискретних сигналів телесигналізації, видачі сигналів телеуправління комутаційним обладнанням та сигналів телерегулювання технологічного обладнання підстанцій, а також для підключення до системи передачі даних для обміну інформацією з АСДУ.

Вирахувальна, комунікаційна та інформаційна підсистема середнього рівня АСДУ включає:

— Сервер/РМ диспетчера АСДУ

— Комунікаційне обладнання системи передачі даних, яке забезпечує автоматизований збір, передачу, обробку та накопичення даних про параметри потоків електроенергії та потужності.

									Лист
									45
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат					

— Інформаційний обмін між диспетчерським пунктом АСДУ та підстанціями організовується по радіоканалах з використанням радіомодемів MDS4710 (Integra TR).

— Інформаційний обмін між диспетчерськими пунктами за допомогою відведеного каналу в корпоративній мережі

Для забезпечення безперервного живлення обладнання системи передачі даних передбачені засоби резервного безперебійного живлення, які забезпечують час безперервної роботи обладнання не менше 2 годин.

3.1.1 Розроблення структурної схеми системи телемеханіки та комплексу технічних засобів системи

Система телемеханіки в керуванні електроенергетичним об'єктом використовується для забезпечення ефективного та безпечного функціонування електроенергетичної системи. Мета цієї системи полягає у виконанні ряду завдань та функцій для оптимізації, контролю та забезпечення надійності електропостачання. Основні аспекти системи телемеханіки в контексті електроенергетичного об'єкта включають:

Збір та моніторинг даних: Система телемеханіки забезпечує збір інформації про роботу обладнання та стан електромережі. Це може включати в себе вимірювання напруги, струму, частоти, потужності, температури, стану вимикачів та інших параметрів.

Дистанційне управління: Можливість вдалого управління електрообладнанням та вимикачами з використанням телемеханічних засобів. Це може включати віддалене включення або вимкнення елементів мережі, регулювання параметрів та інші команди.

Діагностика та прогнозування: Система може виявляти аномалії та несправності в роботі обладнання, надаючи операторам можливість реагувати на потенційні проблеми перед виникненням аварій. Також, можливість прогнозувати навантаження та інші параметри для оптимізації роботи системи.

Автоматизована обробка даних: Обробка отриманих даних для отримання корисної інформації, виконання розрахунків та аналізу параметрів системи.

Забезпечення безпеки: Моніторинг стану обладнання та автоматизоване виявлення небезпечних ситуацій для негайного реагування і попередження аварій.

Керування резервуванням та відновленням послуг: Система може автоматично перемикає на резервні джерела живлення або відновлювати роботу після відключення.

Керування витратами електроенергії: Оптимізація режимів роботи для зменшення витрат та підвищення ефективності електропостачання.

Структурна схема системи телемеханіки включає в себе сенсори, засоби збору даних, засоби передачі даних, блоки обробки та аналізу інформації, інтерфейси для дистанційного управління та моніторингу, а також елементи керування і діагностики. Основною метою структурної схеми є забезпечення ефективного взаємодії всіх компонентів для досягнення поставлених завдань та мети.

Уточнений перелік основних технологічних задач та видів телемеханічної інформації для системи телемеханіки в керуванні електроенергетичним об'єктом може включати наступне:

Основні технологічні задачі:

1. Моніторинг електромережі:

- Стан напруги та струму.
- Частота мережі.
- Потужність та енергоспоживання.

2. Дистанційне керування:

- Віддалене включення/вимкнення обладнання.
- Дистанційне регулювання параметрів системи.

3. Діагностика та прогнозування:

- Виявлення аномалій та несправностей.
- Прогнозування можливих витоків чи проблем.

4. Керування резервуванням:

- Автоматичне перемикає на резервні джерела живлення.

5. Безпека та аварійне реагування:

- Виявлення небезпечних станів.
- Автоматичне відключення у разі аварій.

6. Витрати електроенергії та оптимізація:

- Моніторинг витрат та вивчення можливостей оптимізації.
- Визначення ефективних режимів роботи.

Види телемеханічної інформації:

1. **Дані з сенсорів:**
 - Напруга, струм, температура, вологість тощо.
2. **Стан обладнання:**
 - Вимикачі, трансформатори, генератори, реле.
3. **Статистика витрат:**
 - Споживана потужність.
 - Енергозатрати за період часу.
4. **Інформація про аварії та невідповідності:**
 - Сигнали аварій та тривоги.
 - Індикація проблем в роботі обладнання.
5. **Дистанційні команди та відповіді:**
 - Команди на включення/вимкнення.
 - Підтвердження виконання команд.
6. **Прогнозні дані:**
 - Прогнозування навантаження.
 - Прогнозування стану системи на майбутнє.
7. **Історичні дані:**
 - Архів інформації для аналізу та звітності.
 - Запис подій та змін параметрів у часі.

3.1.2 Розроблення алгоритму функціонування системи та контролера телемеханіки

Опис алгоритму та структурної схеми для керування технологічним процесом в електроенергетиці:

Зчитування вхідних даних:

В першому етапі алгоритму зчитування вхідних даних, система отримує інформацію про різні параметри електроенергетичної системи. Ця інформація включає в себе різноманітні вимірювання, які отримуються з різних джерел, таких як датчики, вимірювальні пристрої, або системи збору даних. Деякі з основних параметрів, які можуть зчитуватися, включають:

1. **Напруга (Voltage):**
 - Зчитування значень напруги в різних частинах електричної системи.
2. **Струм (Current):**

					<i>ЕлІТ 8.171.00.10.514 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дат</i>		48

- Вимірювання значень струму, що протікає через різні відділи системи.
- 3. Потужність (Power):
 - Отримання даних про активну та реактивну потужність.
- 4. Частота (Frequency):
 - Визначення частоти електричного струму в системі.
- 5. Фазові параметри (Phase Parameters):
 - Зчитування фазових параметрів, таких як фазовий кут і зсув фаз.
- 6. Інші величини (Other Measurements):

Врахування додаткових вимірювань, наприклад, температури, вологості, або інших параметрів, які можуть впливати на роботу системи.

Зчитані дані вважаються вхідними для алгоритму та становлять основу для подальших операцій аналізу, управління та моніторингу електроенергетичної системи. Правильне та точне зчитування цих даних є важливою першою кроком для забезпечення ефективності та стабільності роботи системи управління електроенергетичним процесом.

Обробка та фільтрація даних:

Другий етап алгоритму передбачає обробку та фільтрацію вхідних даних для забезпечення їхньої акуратності та виключення шуму чи випадкових відхилень, які можуть виникнути внаслідок різних факторів. Даний етап спрямований на покращення якості вхідних даних та забезпечення стійкості роботи системи. Деталізуємо кожен з компонентів цього етапу:

- Калібрування (Calibration):

Перевірка та, за необхідності, коригування зчитаних значень для компенсації будь-яких відхилень або невірностей датчиків.

- Фільтрація шуму (Noise Filtering):

Використання фільтрів для вилучення шуму зі зчитаних даних, що може виникнути внаслідок електромагнітного впливу, перешкод чи інших факторів.

- Виявлення та виправлення відхилень (Outlier Detection and Correction):

Виявлення та корекція аномалій або відхилень, що можуть виникнути в результаті випадкових або систематичних помилок в зчитаних даних.

- Нормалізація (Normalization):

Приведення вхідних даних до стандартної форми або діапазону для однакового їхнього оброблення та порівняння.

– Генерація подій (Event Generation):

Визначення та генерація подій на основі виявлених аномалій або критичних станів системи.

– Інтеграція з іншими системами (Integration with Other Systems):

Передача оброблених даних до інших компонентів системи для спільної роботи та забезпечення взаємодії між різними частинами системи управління.

Обробка та фільтрація даних грає ключову роль у забезпеченні точності та надійності вхідних інформаційних потоків. Цей етап створює основу для подальших аналітичних операцій та ефективного функціонування системи керування електроенергетичним процесом.

Аналіз стану системи:

Третій етап алгоритму передбачає проведення аналізу стану електроенергетичної системи на основі оброблених та фільтрованих вхідних даних. Цей аналіз дозволяє визначити поточний стан системи та виявити можливі відхилення від нормального режиму роботи. Деталізуємо кожен етап цього процесу:

– Становлення Початкового Стану (Initial State Establishment):

Визначення початкового стану системи перед входженням в робочий режим. Це включає в себе установку початкових значень параметрів та визначення стартового позначення для аналізу.

– Моделювання Поведінки (Behavior Modeling):

Використання математичних моделей або емпіричних знань для відтворення поведінки системи в різних умовах роботи та для прогнозування її динаміки.

– Аналіз Параметрів (Parameter Analysis):

Вивчення важливих параметрів системи, таких як напруга, струм, потужність та їхні взаємозв'язки для визначення основних характеристик стану системи.

– Виявлення Відхилень та Порухень (Deviation and Anomaly Detection):

Використання аналітичних методів для виявлення відхилень від нормального режиму роботи та ідентифікації можливих порушень.

– Генерація Сигналів Аварій (Alarm Signal Generation):

У випадку виявлення аномалій чи критичних станів системи, генерування сигналів або повідомлень про аварійні ситуації для подальшого втручання операторів.

– Оцінка Навантаження (Load Assessment):

										Лист
										50
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат						

Визначення рівня навантаження на систему та оцінка, чи може вона витримати поточні електричні навантаження.

– Прогнозування Стану (State Forecasting):

Використання інтелектуальних методів та аналізу для прогнозування майбутнього стану системи та виявлення тенденцій розвитку.

Аналіз стану системи є важливим етапом для забезпечення ефективного управління та попередження можливих проблем. Він дозволяє операторам отримувати повний обсяг інформації про поточний стан електроенергетичної системи та вчасно реагувати на будь-які зміни чи аварії.

Визначення цільового значення:

Четвертий етап алгоритму передбачає визначення цільового значення, яке система телемеханіки та телеуправління прагне досягти для забезпечення оптимальної роботи електроенергетичної системи. Визначення цільового значення може бути пов'язане з різними параметрами, такими як напруга, струм, частота або інші характеристики системи. Давайте розглянемо деталі цього процесу:

– Вибір Регульованого Параметра:

Визначення конкретного параметра чи параметрів, які підлягатимуть регулюванню для досягнення оптимальної роботи системи.

– Створення Цільового Профілю:

Визначення профілю зміни цільового параметра з часом, який відображає очікувані зміни та транзиції в системі.

– Адаптація до Змінних Умов:

Розробка алгоритмів адаптації, які дозволяють системі автоматично реагувати на зміни умов експлуатації та забезпечувати стабільність роботи.

– Урахування Енергозбереження та Вартості:

Врахування принципів енергозбереження та вартості електроенергії при визначенні цільового значення для оптимізації витрат.

– Взаємодія з Алгоритмом Управління:

Забезпечення взаємодії визначеного цільового значення з алгоритмами управління, щоб досягти його в режимі реального часу.

– Моделювання Сценаріїв:

Врахування різних сценаріїв та умов для визначення оптимального цільового значення в різних ситуаціях.

– Визначення Параметрів Безпеки:

										Лист
										51
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат						

Алгоритм управління в електроенергетиці:

Шостий етап алгоритму - це використання конкретного алгоритму управління для генерації керуючого сигналу, який буде впливати на параметри системи телемеханіки та телеуправління деталі цього процесу:

– Вибір Алгоритму Управління:

Визначення конкретного алгоритму, який буде використовуватися для корекції стану системи. Це може бути, наприклад, PID-регулятор (Пропорційний, Інтегральний, Диференціальний), адаптивний алгоритм, нечіткий логічний контролер чи інші.

– Налаштування Параметрів Алгоритму:

Встановлення оптимальних значень параметрів для обраного алгоритму управління. Це може включати в себе налаштування коефіцієнтів PID, чутливості нечіткої логіки, або інших налаштувань.

– Генерація Керуючого Сигналу:

Використання визначеного алгоритму для обчислення керуючого сигналу, який вказує на те, як потрібно змінити параметри системи для коригування виявлених відхилень.

– Адаптація до Режиму Реального Часу:

Забезпечення того, що алгоритм управління може працювати в режимі реального часу, швидко реагуючи на зміни у вихідних даних та постійно коригуючи керуючий сигнал.

– Застосування Керуючого Сигналу:

Передача сформованого керуючого сигналу до відповідних актуаторів, які впливають на параметри системи (наприклад, регулятори напруги, потужності тощо).

– Моніторинг Ефективності:

Постійний моніторинг реакції системи на зміни та оцінка ефективності алгоритму управління.

– Регулювання Параметрів:

При необхідності вноситься корекція параметрів алгоритму для оптимізації його роботи в конкретних умовах експлуатації.

– Відстеження Змін:

Відстеження динаміки змін керуючого сигналу та його впливу на параметри системи для виявлення потенційних проблем та оптимізації роботи.

Використання алгоритму управління є критично важливим для підтримки стабільності та оптимальної роботи електроенергетичної системи в умовах

										Лист
										53
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат						

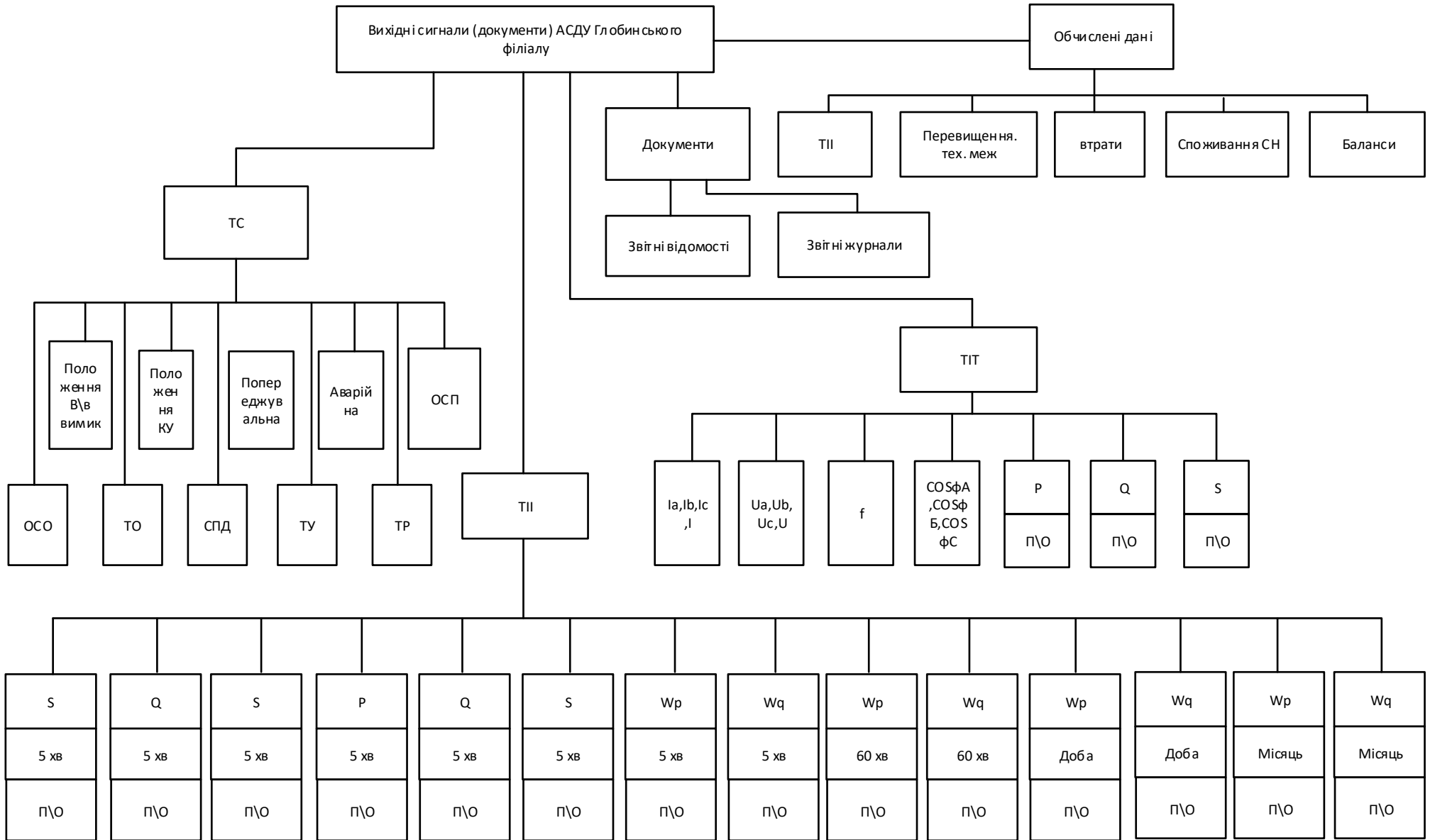


Рисунок 3.1 Схема алгоритму системи телемеханіки

Зміст	
Лист	
№ докум.	
Тіп	
Дата	

ЕлПТ 8.171.00.10.514 ПЗ

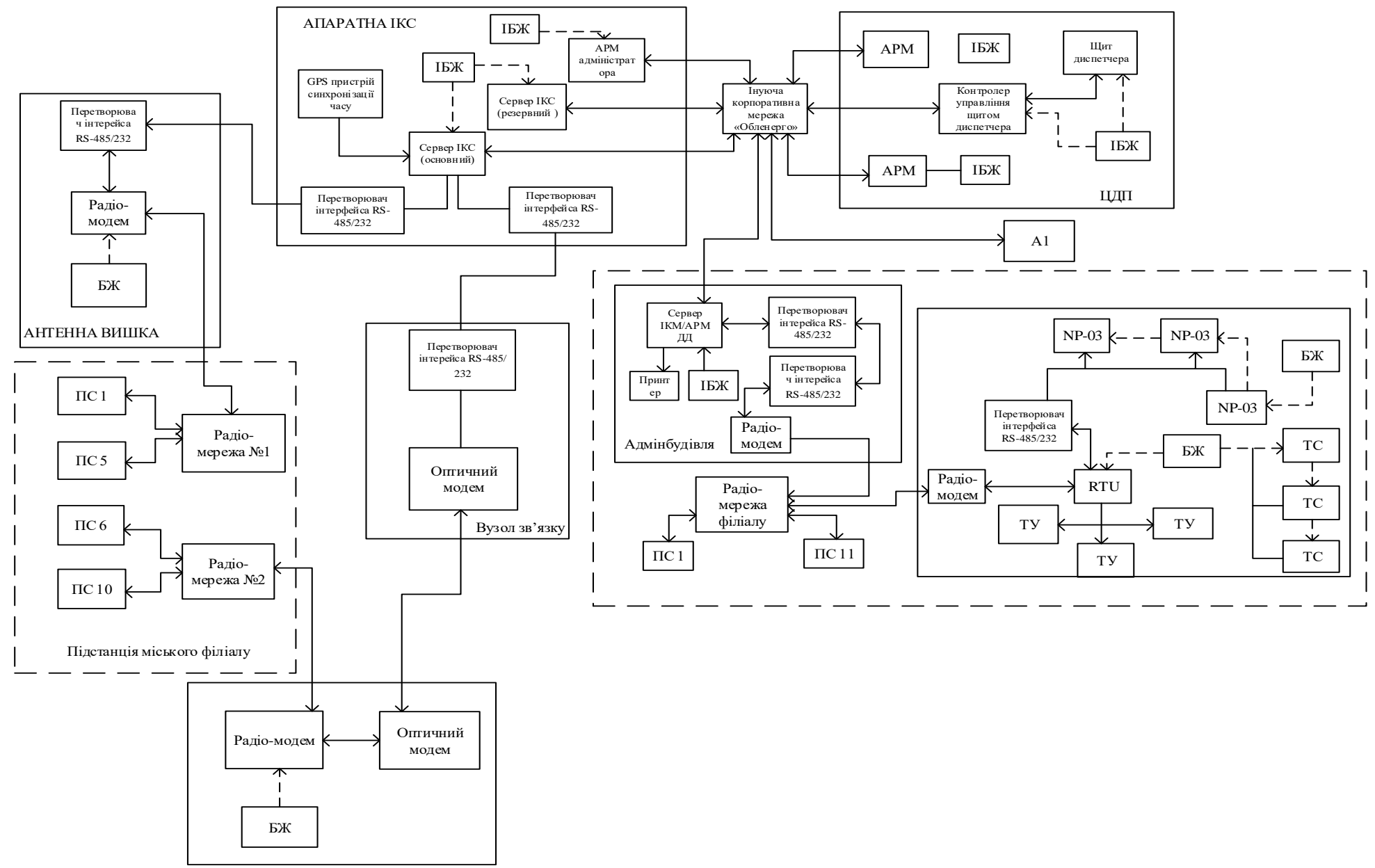


Рисунок 3.2. Структурна схема системи телемеханіки

Алгоритм контролера

Початок:

Подача живлення на контролер.

Рестарт контролера:

Здійснюється рестарт контролера. Якщо ні, переходимо до наступного етапу.

Контроль наявності команди «Стоп»:

Якщо є команда "Стоп", виконується зупинка процесу.

Якщо немає команди "Стоп", переходимо до наступного етапу.

Контроль наявності запиту від сервера:

Якщо немає запиту, виконується опитування стану сигналів ТС.

Опитування стану сигналів ТС:

Якщо стан сигналів ТС відрізняється від попереднього стану, виконується запис інформації в пам'ять.

Якщо минуло більше 0,1 секунди з початку опитування, повторюється опитування стану сигналів ТС.

Запит надійшов:

Якщо є запит, виконується аналіз запиту.

Якщо формується сигнал ТУ, дані записуються в RG2.

Якщо не формується сигнал ТУ, виконується надання інформації про ТС або ТВ.

Спочатку аналізу минуло більше 1 секунди:

Якщо минуло більше 1 секунди з моменту початку аналізу, перевіряється наявність команди "Стоп".

Якщо немає команди "Стоп", виконується знову опитування стану сигналів ТС.

Контроль наявності команди «Стоп»:

Якщо є команда "Стоп", виконується зупинка процесу.

Якщо немає команди "Стоп", повертаємося до опитування стану сигналів ТС.

					<i>ЕЛІТ 8.171.00.10.514 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дат</i>		56

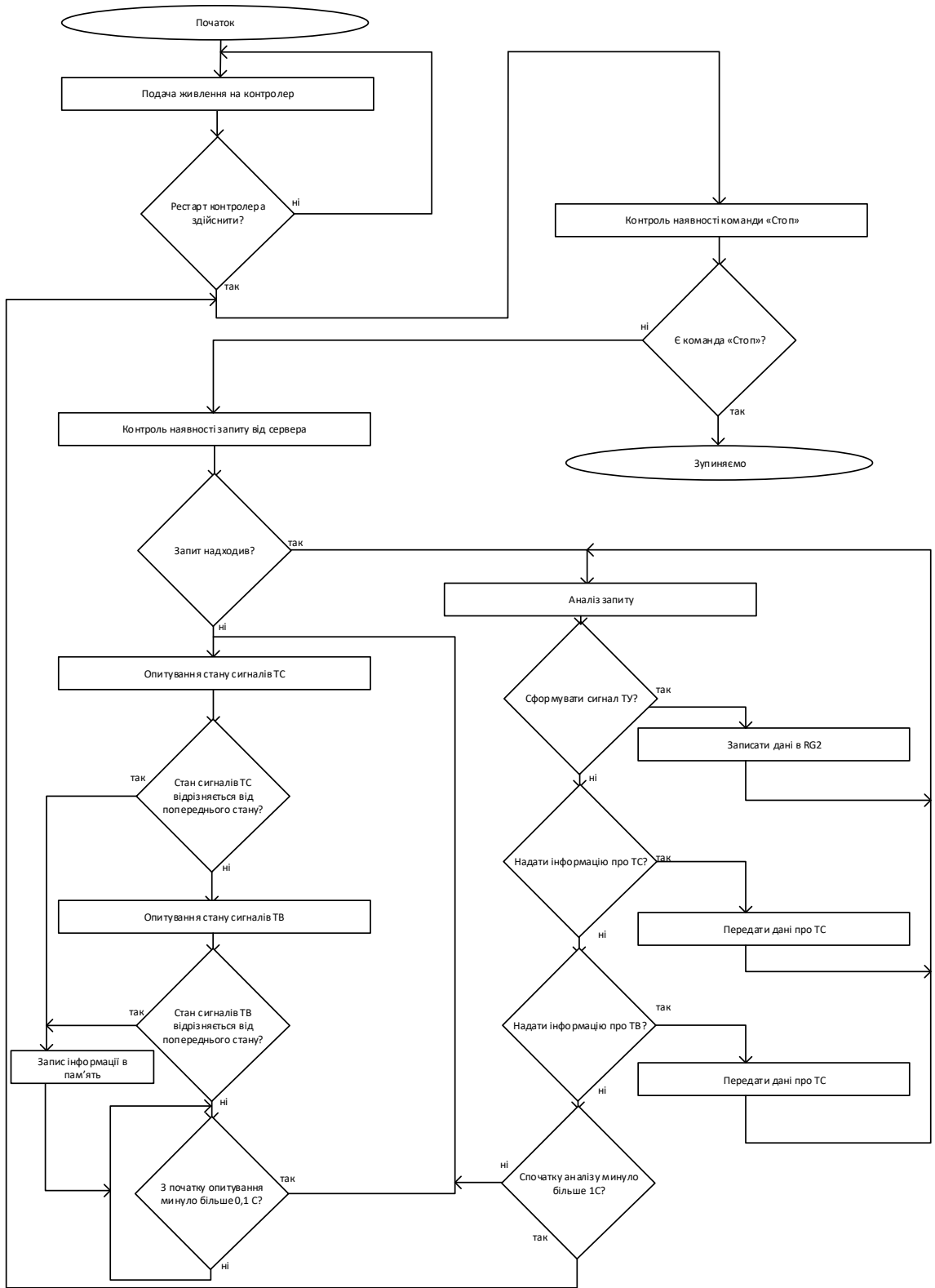


Рисунок 3.3 Схема алгоритму контролера

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат

3.2 Розроблення функціональної схеми багатофункціонального телемеханічного контролеру

3.2.1 Перелік функцій телемеханічного контролеру

На підставі аналізу сучасних викликів та потреб у галузі телемеханіки, а також з метою підвищення ефективності контролю та управління енергетичними об'єктами, прийнято рішення про створення телемеханічного приладу на базі мікроконтролерів.

Причини:

1. Підвищення енергоефективності: Розробка приладу має на меті створення ефективних рішень для моніторингу та управління енергозберігаючими технологіями та ресурсами.

2. Оптимізація виробничих процесів: Прилад буде використовуватися для автоматизації та оптимізації виробничих процесів, що призведе до підвищення продуктивності та зменшення витрат.

3. Покращення безпеки та контролю: Розробка системи телемеханіки дозволить підвищити рівень безпеки та ефективність контролю над об'єктами енергетики.

4. Використання передових технологій: Використання мікроконтролерів ATmega8535 та передових технологій дозволить створити гнучку та ефективну систему.

Мета:

Створення телемеханічного приладу забезпечить:

1. Ефективний моніторинг та управління: Доступ до реального часу для моніторингу та управління енергетичними об'єктами.

2. Оптимізацію використання ресурсів: Зниження витрат та оптимізація використання енергії за допомогою системи автоматизованого контролю.

3. Забезпечення стійкості та безпеки: Підвищення стійкості та безпеки роботи енергетичних об'єктів через системи автоматизації та контролю.

4. Впровадження новітніх технологій: Використання передових технологій для забезпечення конкурентоспроможності та актуальності приладу.

Враховуючи вищевказані причини та мету, вирішено розпочати розробку та створення телемеханічного приладу, який відповідає сучасним вимогам та сприятиме покращенню управління та контролю в енергетичних системах.

										Лист
										58
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат						

ЕЛІТ 8.171.00.10.514 ПЗ

Рішення з переліком елементів та їх описами для розробки телемеханічного приладу

Головна задача контролера приєднання та контролю електромережі полягає в управлінні та моніторингу електромережі для забезпечення ефективного та безперебійного функціонування. Контролер використовує мікроконтролер, цифрові та аналогові входи, а також інтерфейс RS232 для забезпечення взаємодії зі старшими приладами. Його завдання включає збір та обробку даних від аналогових датчиків, керування індикаторами для візуалізації параметрів електромережі, а також взаємодію з іншими системами для оптимального управління та обміну інформацією. Контролер спрямований на забезпечення надійності та ефективності електропостачання, забезпечуючи контроль, моніторинг та взаємодію з іншими пристроями в електромережі.

Мікроконтролер в цій схемі виступає головним блоком, відповідальним за управління та координацію роботи всієї системи. Схема включає його як центральний елемент, який взаємодіє з іншими компонентами для забезпечення роботи контролера приєднання та контролю електромережі.

3.2.2 Перелік функціональних елементів та розробка функціональної схеми контролеру

1. Центральний процесор (CPU)

Центральний процесор (CPU) в системі телемеханіки виконує ключові завдання зчитування, обробки та керування сигналами, а також може використовувати зовнішню пам'ять для збереження цих сигналів або виконання операцій. Ось опис функцій CPU в цьому контексті

Зчитування Сигналів:

CPU систематично зчитує вхідні сигнали від датчиків, телевимірювачів та інших пристроїв, які вимірюють параметри об'єкта або системи.

Обробка Сигналів:

CPU виконує обчислення, логічні операції та інші операції для аналізу та обробки отриманих сигналів. Це включає в себе застосування алгоритмів для визначення стану системи.

Керування Сигналами:

CPU приймає рішення на основі обробки сигналів, визначає необхідні керуючі дії та виконує їх. Це може включати активацію або вимкнення пристроїв, регулювання параметрів та інші керуючі функції.

Запис Сигналів на Зовнішню Пам'ять:

					<i>ЕлІТ 8.171.00.10.514 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дат</i>		59

CPU записує важливі дані або результати обробки сигналів на зовнішню пам'ять для збереження історії подій, аналізу чи подальшого використання.

Виконання Логіки та Алгоритмів:

CPU виконує програмний код, що містить логіку та алгоритми для реалізації конкретних функцій та завдань системи телемеханіки.

Керування Пам'яттю:

CPU керує доступом до пам'яті, включаючи зовнішню пам'ять визначає, коли і які дані записуються чи зчитуються з пам'яті, щоб забезпечити ефективне використання ресурсів.

Отже, CPU виконує конкретні функції зчитування, обробки, керування та запису сигналів у системі телемеханіки.

2. Регістри(RG)

Регістр у контексті електронних систем - це невеликий елемент пам'яті, призначений для зберігання та швидкого доступу до конкретної інформації. Його головна функція - збереження стану та даних, які визначають різні параметри системи, і забезпечення їх доступності для обробки та використання програмами чи апаратними компонентами.

Опис регістрів в системі телемеханіки

Реєстрація дискретних телесигналів:

Регістр дискретних телесигналів функціонує як механізм для збереження стану дискретних сигналів від датчиків або інших пристроїв. Він фіксує та зберігає конкретний стан, що може вказувати на наявність або відсутність певного умовного події.

Реєстрація результатів поточних телевимірювань:

Регістр результатів поточних телевимірювань служить для збереження числових даних, отриманих в результаті вимірювань з різних датчиків чи пристроїв. Його завдання - зберігати та використовувати ці дані для подальших обчислень чи відображення.

Блок пам'яті:

Блок пам'яті є місцем для зберігання різноманітних даних, включаючи стан системи, конфігураційні параметри, архівні дані та інші важливі відомості. Регістри в цьому блоку відповідають за зберігання та доступ до конкретних даних.

Блок керування та обробки даних:

Регістри у блоку керування та обробки даних використовуються для зберігання стану та параметрів, необхідних для ефективної роботи системи. Вони фіксують

										Лист
										60
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат						

конфігурації, різноманітні налаштування та інші параметри, які визначають логіку функціонування системи.

Регістр сигналів телеуправління:

Регістр сигналів телеуправління зберігає команди та сигнали, що надходять від систем телеуправління. Ці дані використовуються для визначення дій та реакцій системи на вхідні команди.

Отже, реєстри в системі телемеханіки виконують конкретні функції зберігання та управління різними видами інформації, визначаючи стан системи та її реакції на вхідні дані.

3. Індикатори НГ

Індикатори в системі телемеханіки - це візуальні або світлові елементи, які призначені для відображення важливої інформації про стан системи або результатів вимірювань. Їхнє завдання полягає в тому, щоб забезпечити операторам або користувачам швидкий та зрозумілий доступ до ключових даних. Індикатори можуть використовувати різні кольори, світлодіоди, цифрові чи аналогові дисплеї для відображення інформації про роботу системи, стан обладнання або результати вимірювань. Вони грають важливу роль у полегшенні моніторингу та керуванні системою, забезпечуючи оперативне сприйняття ключової інформації.

4. Мікросхема DD1

Блок зв'язку системи зі зовнішніми приладами, наділений інтерфейсом RS-232, виконує ключову роль у забезпеченні взаємодії та обміну даними між системою телемеханіки та зовнішніми пристроями. В основному, його функції можна описати наступним чином

Збір та Відправка Даних:

Блок зчитує дані від датчиків, телевимірювачів та інших джерел в системі, а також передає ці дані до зовнішніх приладів через інтерфейс RS-232.

Обробка та Перетворення Даних:

Забезпечує обробку та перетворення сигналів зі стандартів системи у формат, зрозумілий для зовнішніх пристроїв, та навпаки.

Управління Потокотом та Протоколами:

Здійснює керування потоком даних та використовує відповідні протоколи для надійної передачі та прийому інформації.

Взаємодія зі Старшими Приладами:

										Лист
										61
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат						

Забезпечує сумісність інтерфейсу зі старішими пристроями, використовуючи стандарт RS-232, який часто був попереднім для багатьох електронних систем.

Керування Логікою зв'язку:

Виконує функції управління та координації обміну даними між системою та зовнішніми пристроями.

Надійність та Стабільність:

Розроблений з урахуванням надійності та стабільності для забезпечення стійкої та ефективної роботи в умовах взаємодії з різноманітними пристроями.

Отже, цей блок не лише організовує зв'язок між системою телемеханіки та зовнішніми пристроями через RS-232, але також забезпечує оптимізовану обробку та надійний обмін даними для взаємодії з різноманітними приладами.

5. Клемники X1-X4

Клемники використовуються для розключення всієї системи, а саме підключення всіх вхідних та вихідних сигналів

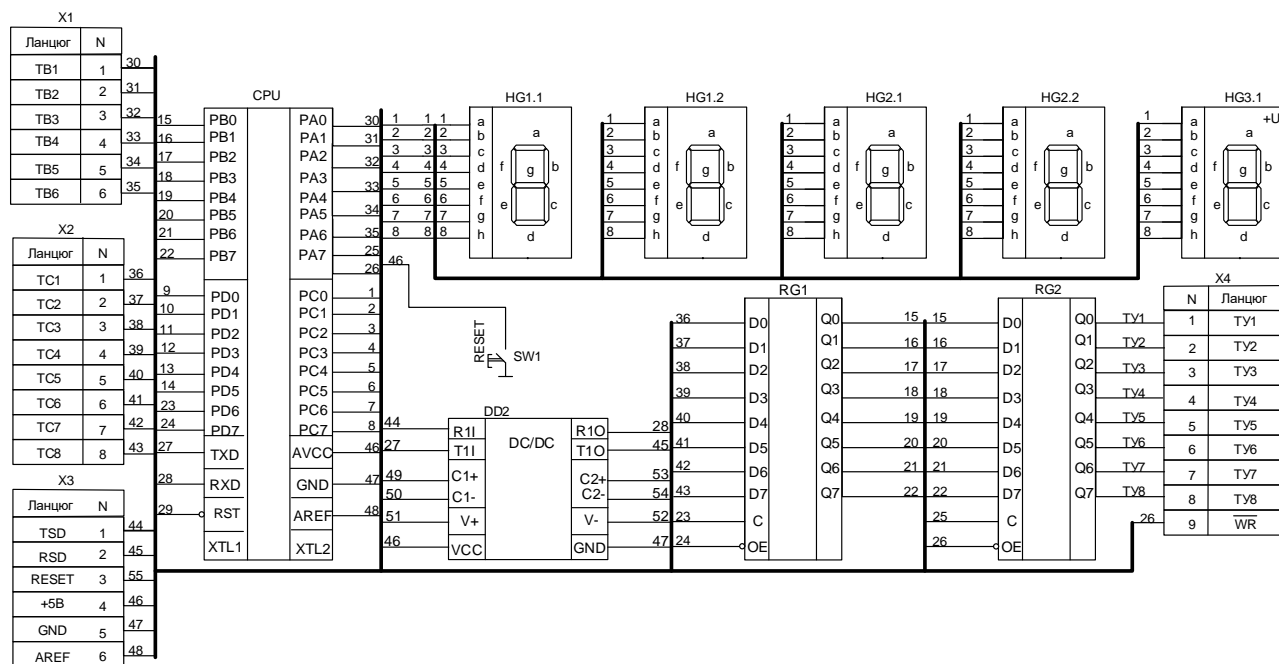


Рисунок 3.4 Функціональна схема мультифункціонального контролера

3.3 Розроблення та розрахунок принципової електричної схеми багатofункціонального телемеханічного контролера

3.3.1 Вибір типу архітектури та типу контролера

Вибір архітектури та типу контролера відбувається за наступними характеристиками

Архітектура AVR:

Простота програмування: Інструкції AVR мають простий набір команд, що полегшує програмування та налагодження.

Наявність периферійних пристроїв:

АЦП (аналогово-цифровий перетворювач): Дозволяє зчитувати аналогові сигнали, що може бути корисним для багатьох додатків, таких як вимірювання сенсорів чи управління аналоговими пристроями.

UART (універсальний асинхронний приймач-передавач): Забезпечує можливість обміну даними з іншими пристроями.

Низьке споживання енергії:

Ефективне управління енергією: AVR-контролери зазвичай відомі своєю ефективністю в споживанні енергії, що може бути важливим для пристроїв з обмеженим живленням або ж у тих випадках, коли важлива тривалість роботи від батареї.

Розширені можливості введення/виведення:

Багато виводів GPIO: Має достатньо виводів для підключення різних пристроїв та сенсорів.

Наявність таймерів:

Таймери та лічильники: Можуть бути використані для генерації таймінгових подій, обчислення часу тощо.

Доступна ціна та широкий розповсюдження:

Доступність та вартість: ATmega8535 є популярним та доступним мікроконтролером, що може бути важливим чинником, особливо для промислових або великих виробничих проектів.

3.3.2 8-бітний AVR мікроконтролер AT Mega 8535

Давайте розглянемо мікроконтролер ATmega8535 в контексті різних аспектів, таких як введення/виведення (I/O), архітектура, швидкодія та енергоспоживання, а також вартість, які можуть бути важливими для конкретної задачі.[7]

Введення/виведення (I/O):

ATmega8535 має 32 цифрових виведення/введення, що надає широкі можливості для підключення до різних зовнішніх пристроїв. Крім того, він також має 8 аналогових введень, що дозволяє обробляти аналогові сигнали.

Архітектура:

ATmega8535 використовує удосконалену AVR архітектуру, яка відома своєю ефективністю та швидкістю виконання інструкцій.

										Лист
										63
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат						

Швидкодія:

Мікроконтролер працює на високій тактовій частоті, що дозволяє досягти високої швидкодії виконання програм. Це важливо для завдань, які вимагають обробки даних у реальному часі або швидкої реакції на події.

Енергоспоживання:

АТmega8535 має низьке енергоспоживання, що робить його підходящим для застосувань, де важливо максимізувати час роботи від живлення або використовувати акумулятори.

Вартість:

Однією з переваг АТmega8535 є його доступність та відносно невелика вартість порівняно з іншими мікроконтролерами з подібними можливостями.

Аргументація вибору:

Якщо завдання передбачає потребу великої кількості введення/виведення для підключення до різних сенсорів чи пристроїв, а також вимагає обробки сигналів в реальному часі та ефективності витрат енергії, АТmega8535 стає привабливим вибором. Його висока швидкодія і доступність ресурсів дозволяють ефективно вирішувати завдання, а низьке енергоспоживання робить його ідеальним для пристроїв з обмеженим живленням.

Додатково, вартість АТmega8535 робить його бюджетно доступним для проектів з обмеженим бюджетом, що також може бути важливим фактором при виборі мікроконтролера для конкретної задачі.

Основні характеристики та функції АТМЕГА8535:

Контролер в електронній схемі виконує ключову роль у керуванні та координації роботи інших компонентів. Головною функцією контролера є обробка і керування вхідними та вихідними сигналами, виконання необхідних операцій, а також прийняття рішень на основі програмного коду, який виконується на ньому.

Виступаючи в ролі мозкового центру схеми, контролер може включати в себе процесор, пам'ять для зберігання програмного коду та даних, а також різноманітні вхідні та вихідні порти для комунікації з іншими пристроями чи елементами схеми. Він обробляє вхідні дані, виконує програмний код та генерує вихідні сигнали, відповідно до встановлених в програмі правил та логіки.

Взаємодіє з усіма підключеними компонентами, використовуючи свої входи та виходи для передачі та отримання інформації.[7]

											<i>Лист</i>
											64
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дат</i>							

АТМЕГА8535 у схемі функціонує як мозаїка, що об'єднує всі компоненти в єдиний контрольований блок, забезпечуючи взаємодію та оптимальну роботу всієї системи контролю електромережі.

Мікроконтролер АТМЕГА8535:

Центральний інтегральна мікросхема, що виконує обчислення та управління всією системою.

Аналогові та цифрові входи:

Використовуються для отримання даних від аналогових датчиків, цифрових входів та взаємодії з різними пристроями.

АЦП (Аналого-Цифровий Перетворювач):

Використовується для зчитування аналогових сигналів, таких як напруга чи струм, з аналогових входів.

Інтерфейс RS232 через MAX232:

Забезпечує зв'язок зі старшими приладами через інтерфейс RS232, використовуючи MAX232 для конвертації рівнів напруги.

Управління регістрами 74ALS374:

Керує передачею та зберіганням цифрових даних за допомогою регістрів 74ALS374.

Забезпечення комунікацій між компонентами:

Взаємодіє з усіма підключеними компонентами, використовуючи свої входи та виходи для передачі та отримання інформації.

АТМЕГА8535 у схемі функціонує як мозаїка, що об'єднує всі компоненти в єдиний контрольований блок, забезпечуючи взаємодію та оптимальну роботу всієї системи контролю електромережі.

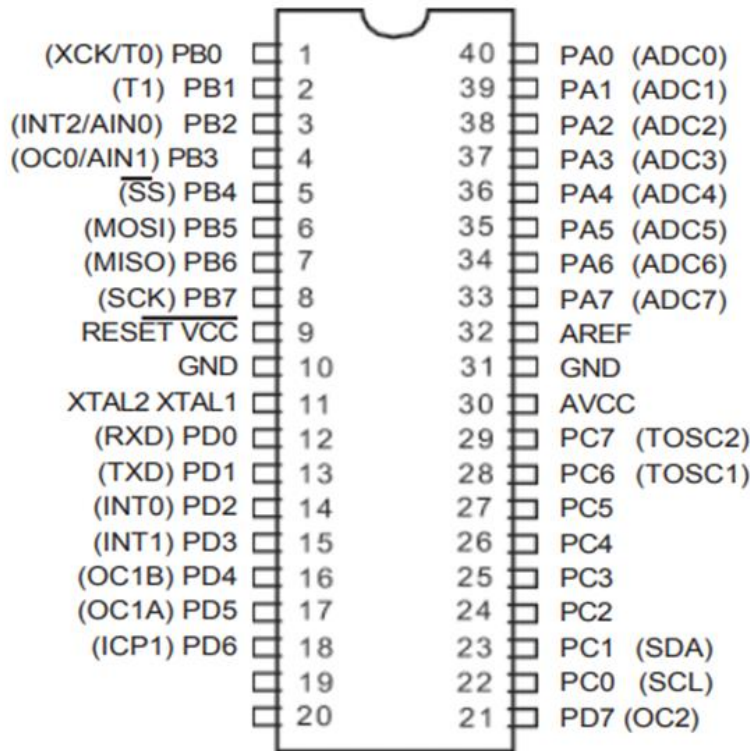
Загальна інформація

АТмега8535 - це низькопотужний КМОП 8-розрядний мікроконтролер на основі покращеної архітектури RISC AVR. Виконуючи інструкції за один тактовий цикл, АТмега8535 досягає пропускну здатності, що наближається до 1 MIPS за МГц, що дозволяє розробнику системи оптимізувати споживану потужність в порівнянні зі швидкістю обробки.

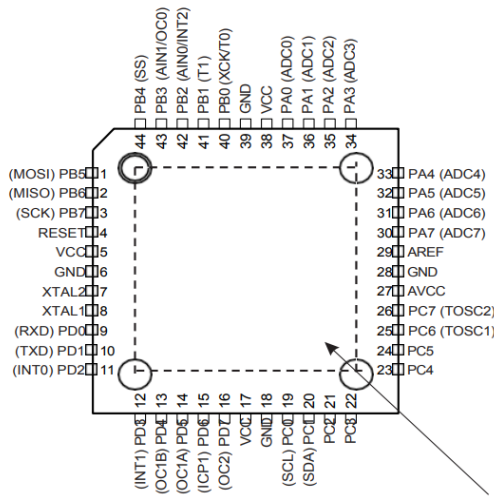
									Лист
									65
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат					

ЕЛІТ 8.171.00.10.514 ПЗ

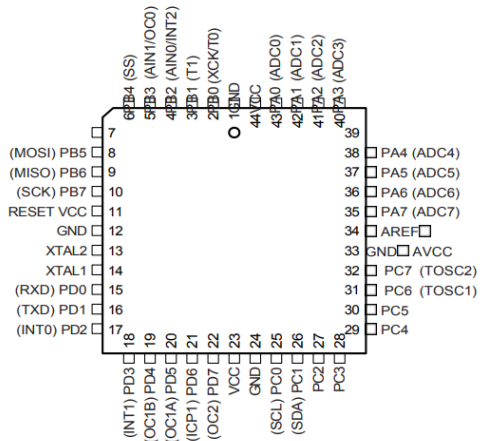
PDIP



TQFP/MLF



PLCC



ПРИМІТКА: Нижню контактну площадку MLF слід припаяти до землі.

Рисунок 3.5 Схематичний вигляд АТМЕГА 8535

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат
-----	------	----------	--------	-----

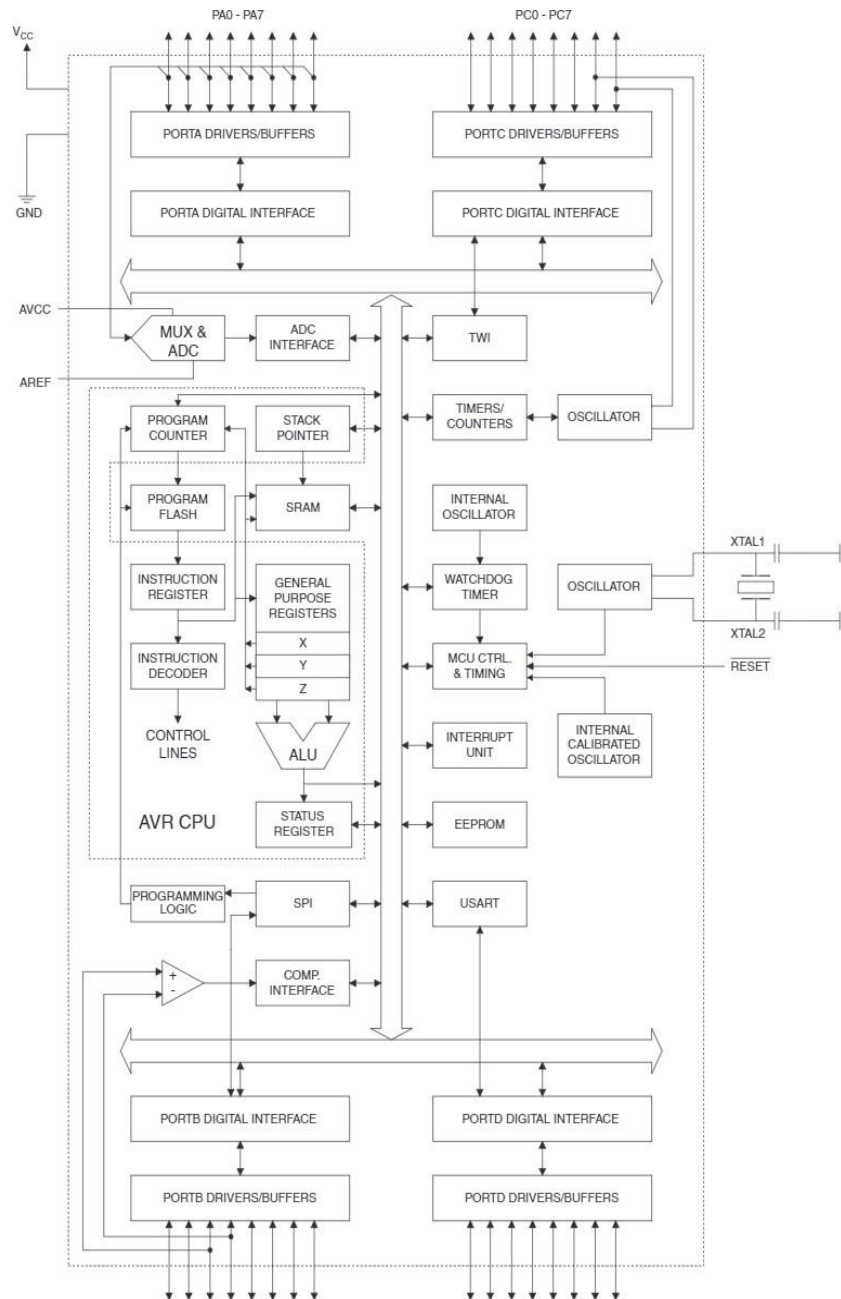


Рисунок 3.6 Архітектура мікроконтролера ATMEGA 8535

- Високопродуктивний, енергоефективний 8-розрядний мікроконтролер AVR®
- Покращена архітектура RISC
- 130 потужних інструкцій - Більшість виконується за один тактовий цикл
- 32 x 8 регістрів загального призначення
- Повна статична робота
- До 16 MIPS пропускна здатність при 16 МГц
- Вбудований множник 2 цикли
- Неволатильні програмні та даних пам'яті
- 8 КБ вбудованої флеш-пам'яті, яку можна програмувати в системі
- Термін служби: 10 000 циклів запису/стирання
- Необов'язковий розділ коду завантаження з незалежними бітами блокування

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат

ЕЛІТ 8.171.00.10.514 ПЗ

Лист

67

Програмування в системі за допомогою вбудованої програми завантаження

Реальна читання-під час-запису операція

- 512 байт EEPROM

Термін служби: 100 000 циклів запису/стирання

- 512 байт внутрішньої SRAM

- Блокування програмування для захисту програмного забезпечення

- Периферійні особливості

- Два 8-бітних таймера/лічильника з окремими прескалерами та режимами порівняння

- Один 16-бітний таймер/лічильник з окремим прескалером, режимом порівняння та захоплення

- Лічильник реального часу з окремим осцилятором

- Чотири канали ШІМ

- 8-канальний, 10-бітний ADC

8 Одиночних каналів

7 Диференційних каналів лише для корпусу TQFP

2 Диференційні канали із програмованим посиленням на 1x, 10x або 200x лише для корпусу TQFP

- Байт-орієнтований двоканальний послідовний інтерфейс

- Програмований послідовний USART

- Майстер/раб SPI послідовний інтерфейс

- Програмований таймер сторожового таймера з окремим вбудованим осцилятором

- Вбудований аналоговий компаратор

- Спеціальні функції мікроконтролера

- Включення живлення та програмована відмова від роботи через коричневий витік

- Внутрішній калібрований RC-генератор

- Зовнішні та внутрішні джерела переривань

- Шість режимів сну: Ідл, Зменшення шуму АЦП, Збереження енергії, Вимкнення, Стендбай та Розширений стендбай

- Введення/виведення та корпуси

- 32 програмовані лінії введення/виведення

- 40-контактний PDIP, 44-контактний TQFP, 44-контактний PLCC та 44-контактний QFN/MLF

- Робочі напруги

					<i>ЕЛІТ 8.171.00.10.514 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дат</i>		68

- 2,7 - 5,5 В для ATmega8535L
- 4,5 - 5,5 В для ATmega8535
- Швидкісні класи
- 0 - 8 МГц для ATmega8535L
- 0 - 16 МГц для ATmega8535

Мікроконтролери ATmega8535 виготовляються у корпусах з 44 виводами типу TQFP, MLF, PLCC, а також у корпусах з 40 виводами типу DIP з кількістю вхід-виходів, рівною 32.

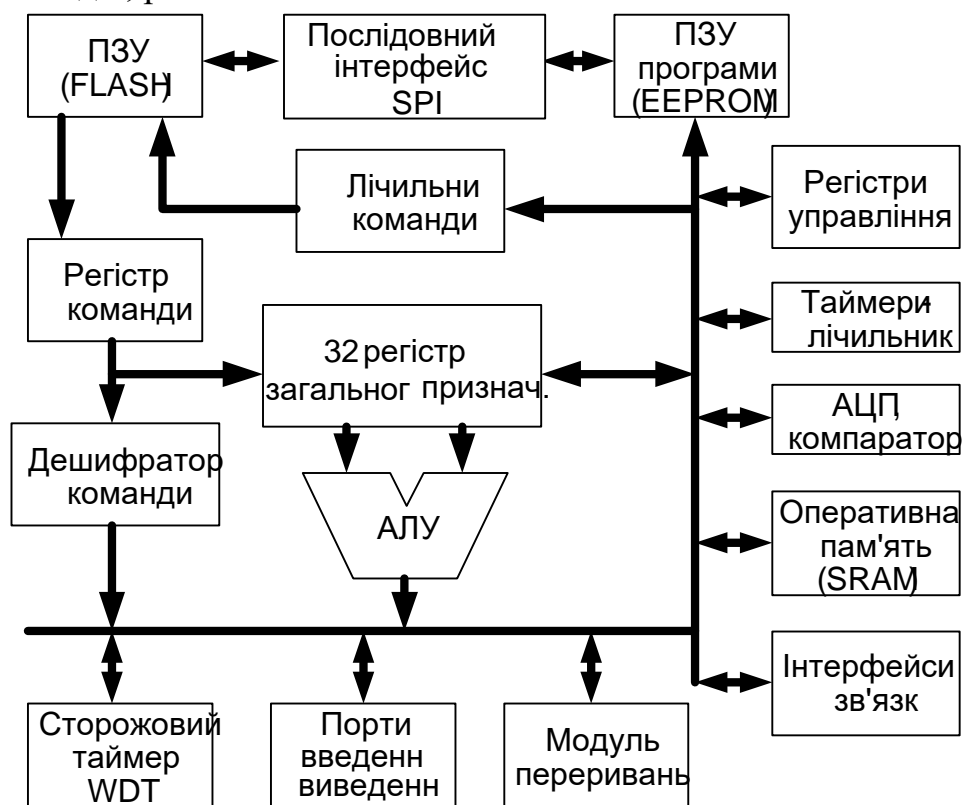


Рисунок 3.7 Архітектура мікроконтролера ATMEGA 8535

В мікроконтролерах AVR реалізована Гарвардська архітектура, що характеризується роздільною пам'яттю програм та даних, кожна з яких має власні шини доступу. Така організація дозволяє одночасно працювати як з пам'яттю програм, так і з пам'яттю даних. Розділення інформаційних шин дозволяє використовувати для кожного типу пам'яті шини різної розрядності, при цьому методи адресації та доступу до кожного типу пам'яті також різняться. У поєднанні з дворівневим конвеєром команд така архітектура дозволяє досягти продуктивності на рівні 1 Mips на кожних 1 МГц тактової частоти.[5]

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат

Позначення виходів

I — вхід; O — вихід; I/O — вхід-вихід; P — вивід живлення.

Таблиця 3.1 Призначення виводів мікроконтролера ATmega8535

Позначення	Номер виведення			Тип	Опис
	DIP	TQFP MLF	PLCC		
XTAL1	13	8	14	I	Вхід тактового генератора
XTAL2	12	7	13	O	Вихід тактового генератора
RESET	9	4	10	I	Вхід скидання
Виводи живлення					
AREF	32	29	35	P	Вхід опорної напруги для АЦП
AVCC	30	27	33	P	Виведення джерела живлення АЦП
VCC	10	5,17, 38	11,2 3, 44	P	Виведення джерела живлення
GND	11, 31	6,18, 28, 39	12, 24, 34,1	P	Загальний висновок
Порт А. 8-бітний двоспрямований порт введення-виведення з внутрішніми підтягувальними резисторами					
PA0 (ADC0)	40	37	43	I/O	0-й біт порту А. Вхід АЦП
PA1 (ADC1)	39	36	42	I/O	1-й біт порту А. Вхід АЦП
PA2 (ADC2)	38	35	41	I/O	2-й біт порту А. Вхід АЦП
PA3 (ADC3)	37	34	40	I/O	3-й біт порту А. Вхід АЦП
PA4 (ADC4)	36	33	39	I/O	4-й біт порту А. Вхід АЦП
PA5 (ADC5)	35	32	38	I/O	5-й біт порту А. Вхід АЦП
PA6 (ADC6)	34	31	37	I/O	6-й біт порту А. Вхід АЦП
PA7 (ADC7)	33	30	36	I/O	7-й біт порту А. Вхід АЦП
Порт В. 8-бітний двоспрямований порт введення-виведення з внутрішніми підтягувальними резисторами					
PB0(T0/XСК)	1	40	2	3	0-й біт порту В. Вхід зовнішнього тактового сигналу таймера/лічильника T0 Вхід/вихід зовнішнього тактового сигналу USART
PB1 (T1)	2	41	3	4	1-й біт порту В. Вхід зовнішнього тактового сигналу таймера/лічильника T1
PB2 (AIN0/INT2)	3	42	4	5	2-й біт порту В. Неінвертуючий вхід компаратора. Вхід зовнішнього переривання

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат

ЕлІТ 8.171.00.10.514 ПЗ

Лист

70

Позначення	Номер виведення			Тип	Опис
	DIP	TQFP MLF	PLCC		
PB3 (AIN1/OCO)	4	43	5	I/O	3-й біт порту В. Інвертуючий вхід компаратора Вихід таймера-лічильника T0
PB4 (SS)	5	44	6	I/O	4-й біт порту В. Вибір Slave-пристрою на шині SPI
PB5 (MOSI)	6	1	7	I/O	5-й біт порту В. Вихід (Master) або вхід (Slave) даних модуля SPI
PB6 (MISO)	7	2	8	I/O	6-й біт порту В. Вхід (Master) або вихід (Slave) даних модуля SPI
PB7 (SCK)	8	3	9	I/O	7-й біт порту В. Вихід (Master) або вхід (Slave) тактового сигналу модуля SPI
Порт С. 8-бітний двоспрямований порт введення-виведення з внутрішніми підтягувальними резисторами					
PC0 (SCL)	22	19	25	I/O	0-й біт порту С. Вхід/вихід тактового сигналу модуля TWI
PC1 (SDA)	23	20	26	I/O	1-й біт порту С. Вхід/вихід даних модуля TWI
PC2	24	21	27	I/O	2-й біт порту С
PC3	25	22	28	I/O	3-й біт порту С
PC4	26	23	29	I/O	4-й біт порту С
PC5	27	24	30	I/O	5-й біт порту С
PC6 (TOSC1)	28	25	31	I/O	6-й біт порту С Вивід для підключення резонатора до таймера/лічильника T2
PC7 (TOSC2)	29	26	32	I/O	7-й біт порту С Вивід для підключення резонатора до таймерлічильника T2
Порт D. 8-бітний двоспрямований порт введення-виведення з внутрішніми підтягувальними резисторами					
PDO(RXD)	14	9	15	I/O	0-й біт порту D. Вхід USART
PD1 (TXD)	15	10	16	I/O	1-й біт порту D. Вихід USART
PD2 (INT0)	16	11	17	I/O	2-й біт порту D. Вхід зовнішнього переривання
PD3(INT1)	17	12	18	I/O	3-й біт порту D. Вхід зовнішнього переривання
PD4(OC1B)	18	13	19	I/O	4-й біт порту D. Вихід В таймера-лічильника T1
PD5(OC1A)	19	14	20	I/O	5-й біт порту D. Вихід А таймера-лічильника T1
PD6(ICP1)	20	15	21	I/O	6-й біт порту D. Вхід захоплення таймера-лічильника T1
PD7 (OC2)	21	16	22	I/O	7-й біт порту D. Вихід таймера-лічильника T2

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат

ЕЛІТ 8.171.00.10.514 ПЗ

Лист

71

3.3.3 Асинхронний прийомопередавач MAX-232

Розглянемо аспекти вибору інтегральної схеми MAX-232

Кількість каналів:

MAX-232 має два незалежних канали для обробки даних (Tx та Rx), що робить його підходящим для двосторонньої комунікації за допомогою інтерфейсу RS-232.[9]

Споживана потужність:

Схема має низьке споживання потужності, що важливо для пристроїв з обмеженим живленням, таких як портативні або батарейні пристрої.

Швидкість передачі даних:

MAX-232 підтримує широкий діапазон швидкостей передачі даних, що дозволяє використовувати його в різноманітних додатках з різними вимогами до швидкості.

Вартість:

Вартість MAX-232 є відносно невеликою порівняно з іншими пристроями для конвертації рівнів RS-232/TTL, що робить його доступним для різних проектів.

Аргументація вибору:

Якщо проект вимагає комунікації через інтерфейс RS-232, використання MAX-232 може бути виправданим. Двоканальна структура і підтримка різних швидкостей передачі даних дозволяють адаптувати пристрій до різних умов застосування. Низьке споживання потужності робить його підходящим для пристроїв, які працюють в умовах з обмеженим живленням, а вартість забезпечує економію ресурсів для проекту з обмеженим бюджетом.

Основні характеристики та функції MAX-232: є інтегральною мікросхемою, яка використовується для забезпечення інтерфейсу між мікроконтролером та зовнішніми приладами через стандарт RS232. Ця мікросхема конвертує логічні рівні напруги мікроконтролера (зазвичай 0V і Vcc) в високовольтні RS232 рівні (+12V і -12V).

Процес взаємодії зовнішніх приладів через MAX-232 включає наступні етапи

Підключення до мікроконтролера:

Дві лінії підключені до мікроконтролера: T1IN, R1OUT.

T1IN і R1OUT - передавана та отримана інформація для першого каналу RS232.

Конвертація напругових рівнів:

					<i>ЕлІТ 8.171.00.10.514 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дат</i>		72

Логічні рівні 0V і Vcc мікроконтролера конвертуються в високовольтні RS-232 рівні (+12V і -12V) за допомогою внутрішніх логічних елементів MAX-232.

Це дозволяє використовувати RS232 для передачі даних на великі відстані та в умовах, де необхідна висока стійкість до перешкод.

Підключення до зовнішніх приладів:

Лінії T1OUT, R1IN підключаються до відповідних ліній передачі та отримання зовнішніх приладів.

Таким чином, контролер може надсилати дані на зовнішні пристрої та отримувати відповіді через інтерфейс RS232.

Налаштування параметрів RS232:

Додаткові компоненти можуть бути використані для встановлення швидкості передачі даних, формату кадру, контролю парності та інших параметрів зв'язку.

В результаті використання MAX232 дозволяє забезпечити правильний інтерфейс для обміну даними між мікроконтролером та зовнішніми пристроями, що підтримують стандарт RS232.

MAX232 — інтегральна схема, яка перетворює сигнали послідовного порту RS-232 в сигнали, придатні для використання в цифрових схемах на основі TTL- або КМОП-технологій. MAX232 діє як приймач-передавач і перетворює сигнали RX, TX, CTS та RTS.

Функціональність та розташування контактів мікросхеми стали стандартом де-факто, і її аналоги (з іншою маркуванням) випускаються численними виробниками напівпровідникових мікросхем.

Схема надає рівень вихідної напруги, який використовується в RS-232 (приблизно $\pm 7,5$ В), перетворюючи вхідну напругу +5 В за допомогою внутрішнього зарядового насоса на зовнішніх конденсаторах. Це спрощує реалізацію RS-232 в пристроях, що працюють при напругах від 0 до +5 В, оскільки немає потреби ускладнювати джерело живлення лише для використання RS-232.

Вхідна напруга від RS-232, яка може досягати ± 25 В, знижується до стандартних 5 В, використовуваних в транзисторно-транзисторній логіці. Входи мають середній поріг 1,3 В і середню гістерезис 0,5 В.

Модифікація MAX232A зворотно сумісна з MAX232, але може працювати на вищих швидкостях (див. бод), і використовувати зовнішні конденсатори меншого ємності — 0,1 μ F замість конденсаторів на 1,0 μ F, які використовуються з оригінальною схемою.

									Лист
									73
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат					

MAX232 - використовується для забезпечення інтерфейсу між мікроконтролерами або іншими логічними пристроями та пристроями, які використовують стандарт RS-232 для передачі даних. RS-232 є стандартом для передачі серійних даних, і його використання часто зустрічається в області зв'язку між різними пристроями, такими як комп'ютери, мікроконтролери, модеми, інші периферійні пристрої тощо.

Загальна інформація

Архітектура MAX-232

Основні характеристики MAX-232 включають:

Перетворення Рівнів Логіки: Однією з основних функцій MAX232 є перетворення рівнів логічних сигналів між рівнями RS-232 і рівнями логіки, які зручні для більшості мікроконтролерів та інших логічних пристроїв. RS-232 використовує високі рівні напруги для представлення логічного "0" і низькі рівні для "1", тоді як більшість сучасних мікроконтролерів працюють з меншими рівнями напруг.

Таблиця 3.2 Таблиця істинності MAX-232

Лог.Рівень	RS-232	TTL
1	-15В...-3В	+2В...+5В
0	+3В...+15В	0В...+0,8В

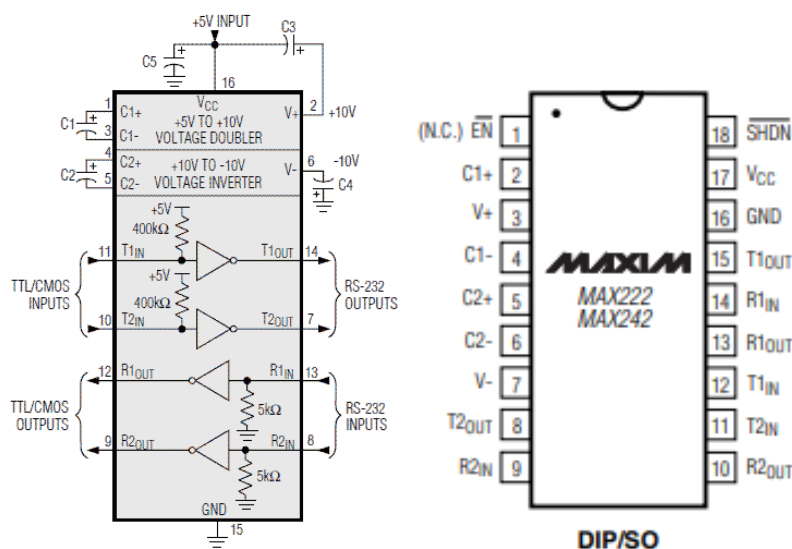


Рисунок 3.8 Схематичне зображення MAX-232

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат

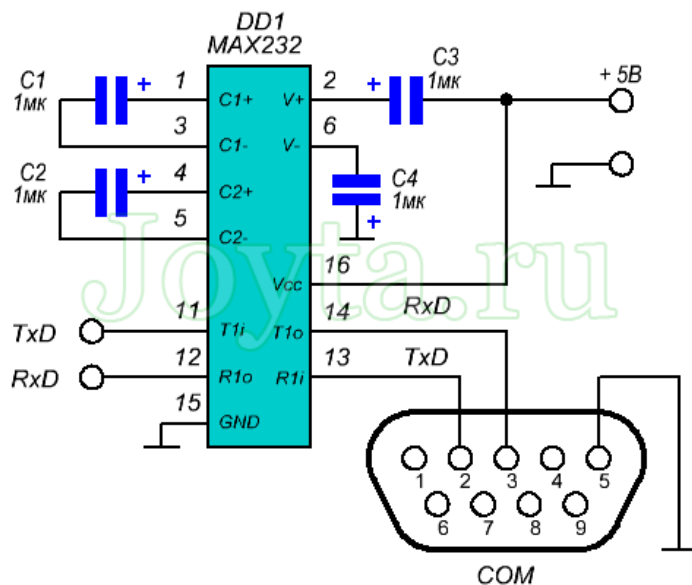


Рисунок 3.9 Схема підключення до RS-232

Ізоляція від Шумів:

MAX232 забезпечує гальванічну ізоляцію між RS-232 і логічними рівнями. Це корисно для уникнення взаємного впливу і шумів між різними частинами системи.

Вбудовані Засоби Завантаження/Вивантаження:

RS-232 використовує вольтажи, які можуть бути вищими, ніж логічні рівні мікроконтролера. MAX232 має вбудовані конденсатори для забезпечення інверсійного та неінверсійного збудження для розряду і заряду, щоб забезпечити відповідні рівні напруг.

Діапазон Робочих Температур:

MAX232 доступний в різних версіях і може працювати в різних температурних умовах, що робить його придатним для різних застосувань.

Назначення вхід/виходів мікросхеми

T1OUT та T1IN:

Ці виводи пов'язані з передачею даних (Tx) і прийомом даних (Rx) стандарту RS-232.

R1IN та R1OUT:

Ці виводи також пов'язані з прийомом даних (Rx) і передачею даних (Tx) стандарту RS-232.

+10V:

Цей вивід надає напругу +10V для підтримки високих рівнів напруги RS-232.

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат

-10V :

Цей вивід надає напругу -10V для підтримки низьких рівнів напруги RS-232.

SGND:

Цей вивід з'єднаний з загальною землею і використовується для забезпечення стабільної роботи схеми.

SHDN :

Цей вхід використовується для відключення (вимкнення) схеми.

V- :

Цей вивід з'єднаний з V- конденсаторів C1 і C2 для стабілізації напруги.

V+ :

Цей вивід з'єднаний з V+ конденсаторів C1 і C2 для стабілізації напруги.

Таблиця 3.3 Параметри MAX-232

ПАРАМЕТР	УМОВИ	MIN	ТИП	МАКС	ОДИНИЦЯ
ПЕРЕДАВАЧІ RS-232					
Коливання вихідної напруги	Всі виходи передавача навантажені 3 кОм на GND	±5	±8		V
Вхідний логічний поріг низький			1.4	0.8	V
Вхідний логічний поріг Високий	Всі пристрої, крім MAX220	2	1.4		V
	MAX220: VCC = 5.0V	2.4			
Логіка Pullup/Input Current	Всі, крім MAX220, працюють нормально		5	40	мкА
	SHDN = 0V, MAX222/MAX242, вимкнення, MAX220		±0.01	±1	
Вихідний струм витоку	VCC = 5.5V, SHDN = 0V, VOUT = ±15V, MAX222/MAX242		±0.01	±10	мкА
	VCC = SHDN = 0V	VOUT = ±15B	±0.01	±10	
		MAX220, VOUT = ±12V		±25	
Швидкість передачі даних			200	116	кбіт/с
Вихідний опір передавача	VCC = V+ = V- = 0V, VOUT = ±2V	300	10M		Ω
Вихідний струм короткого замикання	VOUT = 0V	VOUT = 0V	±7	±22	мА
		MAX220		±60	
ПРИЙМАЧІ RS-232					
Робочий діапазон вхідної напруги RS-232				±30	V
		MAX220		±25	
Поріг входу RS-232 Низький	VCC = 5B	Всі, крім MAX243 R2IN	0.8	1.3	V
		MAX243 R2 IN (Примітка 4)	-3		

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат

ЕлІТ 8.171.00.10.514 ПЗ

Лист

76

Поріг входу RS-232 Високий	VCC = 5B	Всі, крім MAX243 R2IN	1.8	2.4	V	
		MAX243 R2 IN (Примітка 4)	-0.5	-0.1		
ПАРАМЕТР	УМОВИ		MIN	ТИП	МАКС	ОДИНИЦЯ
Гістерезис входу RS-232	Всі, крім MAX220/MAX243, VCC = 5B, без гістерезису в SHDN		0.2	0.5	1.0	V
	MAX220		0.3			
	MAX243		1			
Вхідний опір RS- 232	TA = +25°C (MAX220)		3	5	7	KΩ
			3	5	7	
Вихідна напруга TTL/CMOS Низька	IOUT = 3.2 mA		0.2		0.4	V
	IOUT = 1.6 mA (MAX220)		0.4			
Вихідна напруга TTL/CMOS Висока	IOUT = -1.0 mA		3.5	VCC - 0.2		V
Струм короткого замикання виходу TTL/CMOS	Джерело живлення VOUT = GND		-2	-10		mA
	Усадка VOUT = VCC		10	30		
Струм витоку на виході TTL/CMOS	SHDN = VCC або EN = VCC (SHDN = 0V для MAX222), 0V ≤ VOUT ≤ VCC		±0.05		±10	μA
EN Вхідний поріг низький	MAX242		1.4	0.8		V
EN Вхідний поріг високий	MAX242		2.0	1.4		V
Робоча напруга живлення			4.5	5.5		V
Струм живлення VCC (SHDN = VCC), рис. 5, 6, 11, 19	Без вантажу	MAX220	0.5	2		μA
		MAX222/MAX232A/MAX233A/ MAX242/MAX243		4	10	
	Навантаження 3 кОм на обидва входи	MAX220	12			
		MAX222/MAX232A/MAX233A/ MAX242/MAX243		15		
Струм живлення при вимкненні	MAX222/ MAX242	TA = +25°C	0.1	10		μA
		TA = від 0°C до +70°C	2	50		
		TA = від -40°C до +85°C	2	50		
		TA = від -55°C до +125°C	35	100		
Струм витоку на вході SHDN	MAX222/MAX242		±1			μA
Поріг SHDN Низький	MAX222/MAX242		1.4	0.8		V
Поріг SHDN Високий	MAX222/MAX242		2.0	1.4		V

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат

ЕЛІТ 8.171.00.10.514 ПЗ

Лист

77

Швидкість перехідного процесу	CL = від 50 пФ до 2500 пФ, RL = від 3 кОм до 7 кОм, VCC = 5 В, TA = +25°C, вимірюється від +3 В до -3 В або -3 В	MAX222/MAX232A/MAX233/ MAX242/MAX243	6	12	30	В/мкс

Напруга живлення: $\pm 5V$ або $\pm 12V$ (зазвичай живиться від джерела змінної напруги, такого як RS-232 лінія)

Споживана потужність: Залежить від робочих умов та стану лінії зв'язку.

Ця інтегральна схема стала популярною у зв'язку зі своєю надійністю та здатністю забезпечити ефективний інтерфейс RS-232 для різних електронних пристроїв.[9]

3.3.4 Восьмирозрядний регістр 74ALS374

Вибір восьмирозрядного регістру для конкретного застосування може бути обгрунтованим через ряд вагомих аргументів, що визначають його переваги та важливість в контексті цифрових систем. Зазначимо ключові аспекти, які вплинули на мій вибір віддати перевагу восьмирозрядному регістру

Універсальність обробки даних:

Восьмирозрядні регістри є ідеальними для обробки байтової (8-бітної) інформації. Це робить їх універсальними та ефективними для представлення та опрацювання широкого спектру даних у різноманітних додатках.

Сумісність зі стандартами обміну даними:

Восьмирозрядні дані зазвичай відповідають стандартам обміну інформацією, таким як ASCII-кодування для текстової інформації. Це робить їх сумісними з багатьма іншими пристроями та програмним забезпеченням.

Ефективність вартості та ресурсів:

Восьмирозрядні регістри зазвичай є оптимальним варіантом, який ефективно використовує ресурси та є більш вартісним застосуванням у порівнянні з регістрами інших розрядностей, забезпечуючи при цьому ефективну роботу цифрових систем.

Швидкодія та зручність обробки даних:

Маніпуляція 8-бітними даними може бути швидше та зручніше для багатьох додатків, що вимагають ефективного обсягу обчислень та обробки інформації.

74ALS374 - це восьмирозрядний регістр з трійним керуванням на основі технології ALS (Advanced Low-Power Schottky). Ця інтегральна схема

										Лист
										78
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат						

використовується як восьмиразрядний буфер даних для зберігання та передавання цифрової інформації в електронних системах.[6]

Основні характеристики та функції 74ALS374:

Восьмиразрядний регістр:

Має вісім регістрів, кожен з яких може зберігати один біт інформації.

Три станові сигнали (S, R, E):

S (Set): Дозволяє встановлення (запис) значення в регістр.

R (Reset): Дозволяє скидання (очищення) значення в регістрі.

E (Enable): Дозволяє (або забороняє) передавання даних в виведення.

Тристановий вивід (Q):

Інформаційний вивід, через який можна зчитати вміст регістра.

Буферний режим:

Може використовуватися як буфер для зберігання даних та їх передавання на виведення.

Тристановий режим:

Має можливість перейти в режим "високоімпедансний" (тристановий), коли вивід неактивний.

Можливість каскадного з'єднання:

Деякі пристрої 74ALS374 можна каскадно з'єднати для розширення розрядності.

Широкий діапазон напруги живлення:

Працює при широкому діапазоні напруг живлення, що дозволяє використовувати його в різних електронних системах.

Основне використання 74ALS374 полягає в забезпеченні тимчасового зберігання та передавання цифрової інформації в електронних логічних схемах, де потрібно керування записом і скиданням значень.

Назначення виводів:

D0-D7 (входи даних): Вхідні біти даних, що встановлюють стан регістра при зміні такту.

G (вхід прозорості): Якщо цей сигнал увімкнено (зазвичай високий рівень), то дані на входах безпосередньо передаються на виводи без очікування тактового імпульсу.

CLK (вхід імпульсу такту): Тактовий імпульс, при якому дані вводяться або оновлюються.

CLR (вхід очищення): При високому рівні виконується очищення (сброс) регістра, установка виводів у стан "0".

Q0-Q7 (виводи даних): Виводи, на які виводяться відповідні біти даних після тактового імпульсу.

Q (вихід прозорості): Вивід, на який виводиться стан регістра при активації входу прозорості.

nQ (вивід імпульсу затримки): Комплементарний вивід до Q.

OE (вивід дозволу запису): Коли цей вивід активний, дані виводяться на виводи; коли неактивний, виводи встановлюються в стан високого імпедансу.

Мікросхема 74ALS374 зазвичай використовується в цифрових системах для забезпечення роботи з багатьма бітами інформації, і вона може бути частиною регістрів, лічильників та інших цифрових пристроїв.[6]

Архітектура 74ALS374

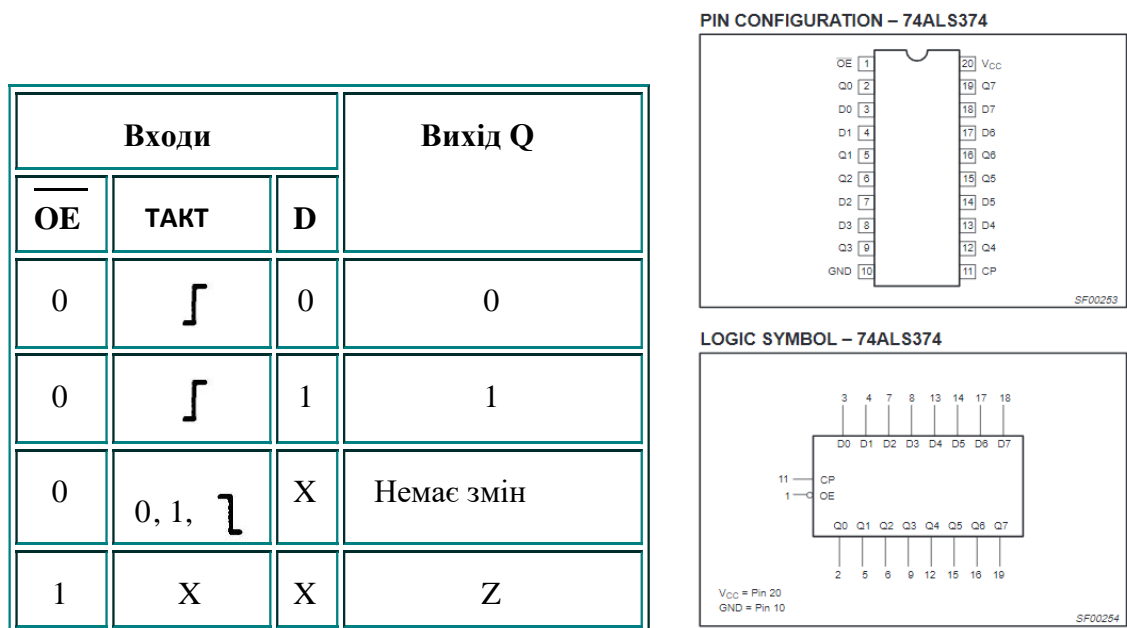


Рисунок 3.10 Логічна схема - 74ALS374

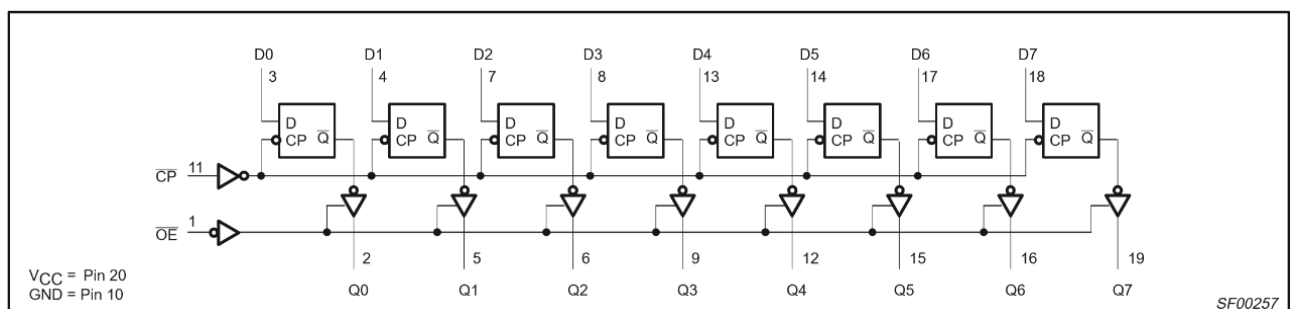


Рисунок 3.11 Архітектура 74ALS374

Таблиця 3.4 ТАБЛИЦЯ ФУНКЦІЙ - 74ALS374

ВХІДНІ ДАНІ			ВНУТРІШНІ РЕЄСТР	РЕЗУЛЬТАТИ	РЕЖИМ РОБОТИ
— OE	CP	Dn		Q0 - Q7	
L	↑	l	L	L	Завантаження та читання регістру
L	↑	h	H	H	
L	↑	X	NC	NC	Зачекай.
H	↑	X	NC	Z	Вимкнути виходи
H	↑	Dn	Dn	Z	

H = Рівень високої напруги

h = Високий стан повинен бути присутнім за один час налаштування до переходу тактового генератора з низького рівня на високий

L = Рівень низької напруги

l = Низький стан повинен бути присутнім за один час налаштування до переходу тактового генератора з низького рівня на високий

NC = Без змін

X = Мені байдуже

Z = Високоімпедансний "вимкнений" стан

↑ = Перехід від низької до високої тактової частоти

↑ = Не перехід від низького до високого рівня тактової частоти

Напруга живлення: 4.5V - 5.5V

Споживана потужність: Залежить від робочих умов та активності регістра.[4]

3.3.5 Світлодіодний сітчастий індикатор DA56-11GWA

При виборі світлодіодного сітчастого індикатора DA56-11GWA для нашого проекту було враховано кілька ключових факторів, що визначили його вигоди та придатність для наших потреб. Серед цих важливих аспектів можна відзначити

Яскравість та Чіткість:

Висока яскравість та чіткість відображення, що забезпечуються DA56-11GWA, визначають його відмінну видимість та легкість сприйняття сигналів.

Зелений Колір:

Зелений колір індикатора відповідає нашим вимогам щодо визначення стану пристрою та створення чітких візуальних позначень.

Сітчаста Конструкція:

Сітчаста конструкція індикатора додає естетичний ефект та візуальну привабливість, відповідаючи дизайнерським вимогам проекту.

Широкий Кут Огляду:

Широкий кут огляду є важливим аспектом для забезпечення видимості індикації з різних напрямків та кутів.

Енергоефективність:

Застосування енергоефективних світлодіодів відповідає нашим вимогам щодо оптимізації енергоспоживання та тривалості роботи.

Доступність та Вартість:

DA56-11GWA доступний на ринку та відзначається відносною бюджетністю, що важливо для наших обмежених фінансових ресурсів."

DA56-11GWA - це світлодіодний сітчастий індикатор, здатний відображати світло зеленого кольору. Нижче наведено загальні характеристики та опис індикатора DA56-11GWA:

Загальні характеристики:

Тип індикатора: 7-сегментний світлодіодний індикатор.

Колір світла: Зелений (GWA в назві вказує на зелений колір).

Кількість сегментів: 7 сегментів для відображення різних цифр та символів.

Опис виводів (приклад для загальної 7-сегментної конфігурації):

A, B, C, D, E, F, G : Виводи, які керують окремими сегментами для відображення чисел та символів.

DP (Decimal Point): Вивід для відображення десяткової коми або інших символів, які потребують окремого світлодіода.

Common Anode : Спільний анод (загальний анод) для всіх світлодіодів у сітці.

Common Cathode : Спільний катод (загальний катод) для всіх світлодіодів у сітці.

Застосування:

Індикатори DA56-11GWA часто використовуються в електронних пристроях та вимірювальних приладах для відображення чисел, букв та інших символів. Вони можуть бути використані для відображення інформації, такої як температура, час, або будь-які інші величини, які можна виразити у вигляді цифр.[10]

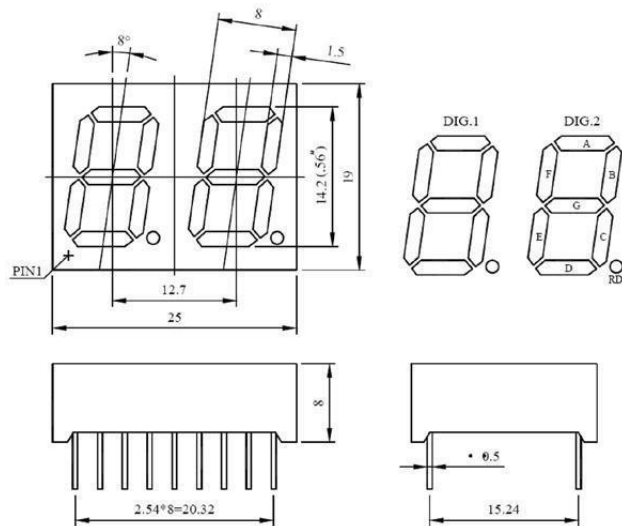


Рисунок 3.12 Схематичне зображення DA56-11GWA

Напруга живлення: 2.0V - 2.5V (зелені світлодіоди зазвичай працюють при низькій напрузі)

Споживана потужність: Залежить від інтенсивності світіння та робочого режиму.[10]

Сумарне споживання плати

Для порахунку сумарного споживання енергії можна використовувати середні значення споживаної потужності для кожного компонента.

Бо це за умови, що ці значення можуть варіюватися в залежності від конкретного режиму роботи та інших умов.

Припустимі середні значення споживаної потужності:

1. ATMEGA8535:

Середня потужність: Приблизно 5 мВт (залежить від робочого режиму).

2. MAX232:

Середня потужність: Приблизно 15 мВт (залежить від стану ліній зв'язку).

3. 74ALS374:

Середня потужність: Приблизно 20 мВт (залежить від робочого режиму).

4. DA56-11GWA (один світлодіод):

Середня потужність: Приблизно 20 мВт (залежить від яскравості та стану світлодіода).

Тепер порахуємо сумарну потужність для всієї схеми:

Сумарна потужність=(ATMEGA8535+MAX232+2×74ALS374+5×DA56-11GWA);Сумарна потужність=(5+15+2×20+5×20)мВт

Сумарна потужність=160мВт

Отже, середнє сумарне споживання потужності для цієї схеми приблизно 160 мВт.

										Лист
										83
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат						

3.3.6 Опис роботи схеми принципової електричної

Після ретельного аналізу та врахування важливих факторів, пов'язаних із кожним елементом принципової схеми, ми розробили обґрунтований та оптимальний вибір компонентів для нашого проекту. Ось підсумок того, що ми отримали з вибору кожного елемента:

Мікроконтролер ATMEGA8535:

Обрали ATMEGA8535 через його високу продуктивність, вбудований двохуровневий конвеєр команд, реалізацію Гарвардської архітектури та підтримку широкого спектру введення/виведення.

Світлодіодний Сітчастий Індикатор DA56-11GWA:

DA56-11GWA вибрали через високу яскравість, зелений колір, сітчасту конструкцію для естетичного вигляду, широкий кут огляду та енергоефективність.

Мікросхема інтегральна MAX232:

Вибір MAX232 обґрунтовано його високою надійністю та ефективністю в інтерфейсах RS-232, яка є стандартною для багатьох пристроїв.

Восьмиразрядний Регістр 74ALS374:

Врахували важливість 8-бітної обробки даних, що забезпечується восьмиразрядним регістром, для ефективної роботи з байтовою інформацією.

Компоненти були обрані з урахуванням їхніх ключових переваг, які відповідають вимогам та цілям нашого проекту. Завдяки цьому вибору ми досягли оптимального балансу функціональності, ефективності та вартості в рамках принципової схеми.

					<i>ЕлІТ 8.171.00.10.514 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дат</i>		84

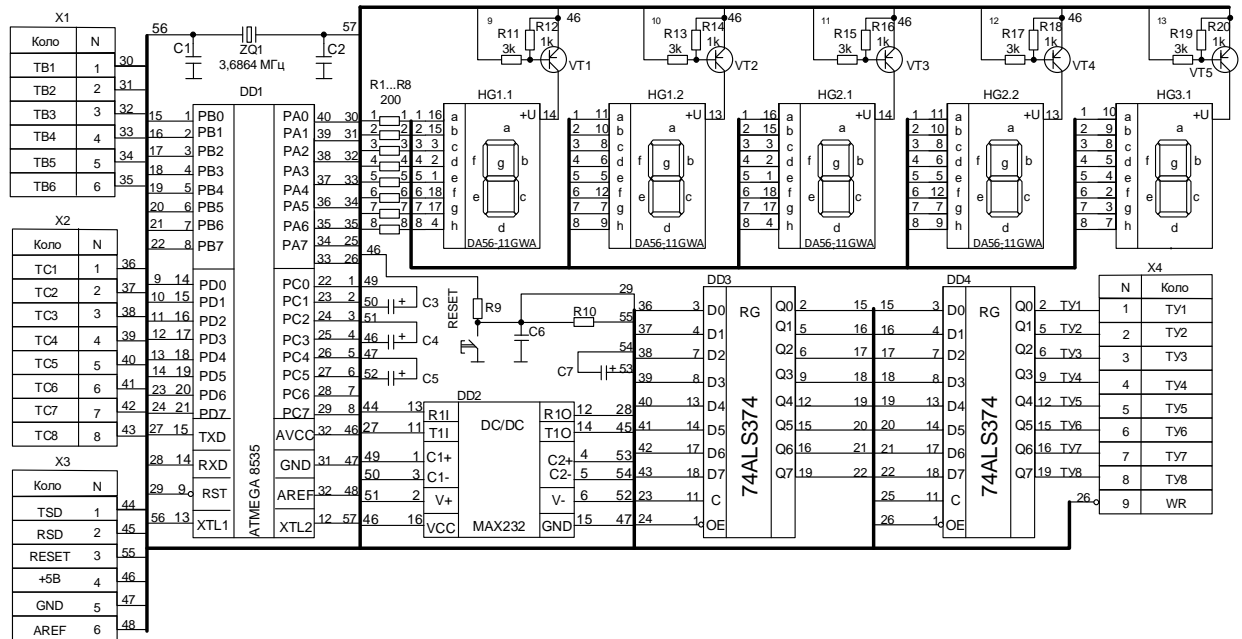


Рисунок 3.13 Принципіальна схема мультифункціонального контролера

3.4 Розроблення програмного забезпечення 8-бітного AVR мікроконтролеру AT Mega 8535

Опис функцій програмування:

Включення заголовочних файлів:

```
#include <avr/io.h>
```

```
#include <util/delay.h>
```

Включають необхідні заголовочні файли для роботи з AVR мікроконтролерами та для використання затримок.

Функція ініціалізації `init()`:

```
void init() {
```

```
    // Ваші налаштування, наприклад, ініціалізація портів, таймерів, тощо
}
```

Ця функція служить для налаштування мікроконтролера до початкового стану. Тут ви маєте реалізувати налаштування портів, таймерів та інших необхідних ресурсів.

Функція перевірки команди "Стоп" `checkStopCommand()`:

```
int checkStopCommand() {
```

```
    // Код для перевірки наявності команди "Стоп"
```

```
    // Повертає 1, якщо є команда "Стоп", інакше 0
```

```
    // Наприклад, можна використовувати вивід/введення з портів, UART, тощо
```

```
}
```

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат
-----	------	----------	--------	-----

У цій функції вам потрібно реалізувати код для перевірки наявності команди "Стоп". Це може включати в себе читання введених даних з портів, використання UART або інші методи залежно від вашого конкретного застосування.

Головна функція main():

```
int main(void) {
    // Ініціалізація мікроконтролера
    init();

    while (1) { // Безкінечний цикл
        // Подача живлення на контролер
        // ...

        // Рестарт контролера
        // ...

        // Контроль наявності команди «Стоп»
        if (checkStopCommand()) {
            // Зупинити цикл
            break;
        }

        // Код для подальших дій у циклі
        // Наприклад, обробка даних, виконання задач, тощо
        // ...

        // Інші перевірки та дії згідно з вашим алгоритмом
        // ...

        // Затримка для стабілізації циклу (необов'язково)
        _delay_ms(100);
    }

    // Додатковий код після виходу з циклу
    // Наприклад, фіналізація ресурсів, відключення живлення, тощо
    // ...
}
```

```

while (1) {
    // Додатковий код після виходу з основного циклу, якщо потрібно
}

return 0;
}

```

Це основний цикл програми, який викликає функцію ініціалізації, а потім у безкінечному циклі виконує певні операції, перевіряє команду "Стоп" і виконує подальші дії згідно з вашим алгоритмом.

КОД ДЛЯ ПОНОВЛЕННЯ ЦИКЛУ:

```

#include <avr/io.h>
#include <util/delay.h>
// Функція для ініціалізації мікроконтролера
void init() {
    // Ваші налаштування, наприклад, ініціалізація портів
}
// Функція для перевірки команди "Стоп"
int checkStopCommand() {
    // Код для перевірки наявності команди "Стоп"
    // Повертає 1, якщо є команда "Стоп", інакше 0
}
int main(void) {
    // Ініціалізація мікроконтролера
    init();
    while (1) { // Безкінечний цикл
        // Подача живлення на контролер
        // ...
        // Рестарт контролера
        // ...
        // Контроль наявності команди «Стоп»
        if (checkStopCommand()) {
            // Зупинити цикл
            break;
        }
        // Код для подальших дій у циклі
        // ...
    }
}

```

```

    // Інші перевірки та дії згідно з вашим алгоритмом
    // ...
}
// Додатковий код після виходу з циклу
// ...
while (1) {
    // Додатковий код після виходу з основного циклу, якщо потрібно
}
return 0;
}

```

Опис функцій програмування:

Включення заголовочних файлів:

```

#include <avr/io.h>
#include <util/delay.h>

```

Включають необхідні заголовочні файли для роботи з AVR мікроконтролерами та для використання затримок.

Функція ініціалізації портів та інших налаштувань `init()`:

```

void init() {
    // Налаштування портів
    // DDRx - регістри напрямку вводу/виводу (1 - вивід, 0 - ввід)
    // PORTx - регістри для встановлення значень на виводах
    // PINx - регістри для читання значень з входів
    // Приклад:
    // Налаштуємо PORTB як вивід, а PORTC як ввід
    DDRB = 0xFF; // Всі біти у режимі виводу
    DDRC = 0x00; // Всі біти у режимі вводу
}

```

Ця функція встановлює напрямок вводу/виводу для визначених портів, в даному випадку, PORTB як вивід і PORTC як ввід.

Функція для зчитування даних з введених портів `readData()`:

```

uint8_t readData() {
    return PINC; // Зчитати дані з порту C
}

```

Ця функція зчитує дані з порту C та повертає їх.

Функція для запису даних в виведені порти `writeData(uint8_t data)`:

```

void writeData(uint8_t data) {

```



```
PORTB = data; // Записати дані на порт В
}
```

Ця функція записує передані дані на порт В.

Головна функція main():

```
int main(void) {
    // Ініціалізація мікроконтролера
    init();
    while (1) {
        // Зчитування даних
        uint8_t inputData = readData();

        // Обробка даних (за потреби)

        // Запис даних
        writeData(inputData);

        // Затримка (за потреби)
        _delay_ms(1000); // Затримка на 1 секунду (потрібно включити
<util/delay.h>)
    }
    return 0;
}
```

У безкінечному циклі програма зчитує дані з порту С, обробляє їх (за потреби) та записує на порт В. Потім є затримка у 1 секунду, яка включається за допомогою `_delay_ms(1000)`.

Код для зчитування даних та запису їх в регістри:

```
#include <avr/io.h>
#include <util/delay.h>
// Функція для ініціалізації портів та інших налаштувань
void init() {
    // Налаштування портів, наприклад:
    // DDRx - регістри напрямку вводу/виводу (1 - вивід, 0 - ввід)
    // PORTx - регістри для встановлення значень на виводах
    // PINx - регістри для читання значень з входів
    // Приклад:
    // Налаштуємо PORTB як вивід, а PORTC як ввід
```

									Лист
									89
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат					

```

    DDRB = 0xFF; // Всі біти у режимі виводу
    DDRC = 0x00; // Всі біти у режимі вводу
}

// Функція для зчитування даних з введених портів
uint8_t readData() {
    return PINC; // Зчитати дані з порту C
}

// Функція для запису даних в виведені порти
void writeData(uint8_t data) {
    PORTB = data; // Записати дані на порт B
}

int main(void) {
    // Ініціалізація мікроконтролера
    init();
    while (1) {
        // Зчитування даних
        uint8_t inputData = readData();
        // Обробка даних (за потреби)
        // Запис даних
        writeData(inputData);
        // Затримка (за потреби)
        _delay_ms(1000); // Затримка на 1 секунду (потрібно включити
<util/delay.h>)
    }
    return 0;
}

```

Код для взаємодії зі старшими приладами через MAX-232:

```

#include <avr/io.h>
#include <util/delay.h>

// Функція для ініціалізації UART
void initUART() {
    // Налаштування регістрів для UART
    // Наприклад, для бітової швидкості 9600:
    // UBRR = (f_CPU / (16 * baud)) - 1;

```

						<i>ЕлІТ 8.171.00.10.514 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дат</i>			90

```

// Де f_CPU - частота мікроконтролера, baud - бітова швидкість
UBRRH = (unsigned char)(103 >> 8);
UBRRL = (unsigned char)103;
UCSRB = (1 << RXEN) | (1 << TXEN); // Увімкнення передавача та
приймача
UCSRC = (1 << URSEL) | (1 << UCSZ1) | (1 << UCSZ0); // 8 бітів даних,
1 стоп-біт
}
// Функція для відправлення байту через UART
void sendByte(unsigned char data) {
    while (!(UCSRA & (1 << UDRE))); // Чекаємо, коли буфер передачі стане
порожнім
    UDR = data; // Відправляємо байт
}
// Функція для отримання байту через UART
unsigned char receiveByte() {
    while (!(UCSRA & (1 << RXC))); // Чекаємо, коли байт буде отриманий
    return UDR; // Повертаємо отриманий байт
}
int main(void) {
    // Ініціалізація мікроконтролера та UART
    initUART();
    while (1) {
        // Отримання байту від пристрою через UART
        unsigned char receivedByte = receiveByte();
        // Обробка отриманих даних (за потреби)
        // Відправлення байту пристрою через UART
        sendByte(receivedByte);
        // Затримка (за потреби)
        _delay_ms(1000); // Затримка на 1 секунду (потрібно включити
<util/delay.h>)
    }
    return 0;
}

```

Опис функцій програмування:

Включення заголовочних файлів:

					<i>ЕлІТ 8.171.00.10.514 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дат</i>		91

```
#include <avr/io.h>
#include <util/delay.h>
```

Включають необхідні заголовочні файли для роботи з AVR мікроконтролерами та для використання затримок.

Функція ініціалізації портів та інших налаштувань `init()`:

```
void init() {
    // Налаштування портів для керування індикаторами
    // Наприклад, якщо використовуються порти PB0, PB1, і PB2 для
    індикаторів
    DDRB |= (1 << DDB0) | (1 << DDB1) | (1 << DDB2);
}
```

Ця функція встановлює напрямок виводу для портів, які використовуються для керування індикаторами.

Функція для відображення сигналу на індикаторах `displaySignal(int signal)`:

```
void displaySignal(int signal) {
    // Встановлюємо або скидаємо біти в залежності від сигналу
    if (signal & 0b00000001) {
        PORTB |= (1 << PORTB0); // Встановлюємо біт для індикатора 1
    } else {
        PORTB &= ~(1 << PORTB0); // Скидаємо біт для індикатора 1
    }
    if (signal & 0b00000010) {
        PORTB |= (1 << PORTB1); // Встановлюємо біт для індикатора 2
    } else {
        PORTB &= ~(1 << PORTB1); // Скидаємо біт для індикатора 2
    }
    if (signal & 0b00000100) {
        PORTB |= (1 << PORTB2); // Встановлюємо біт для індикатора 3
    } else {
        PORTB &= ~(1 << PORTB2); // Скидаємо біт для індикатора 3
    }
}
```

Ця функція встановлює або скидає біти в залежності від значень сигналу, реалізуючи відображення сигналу на трьох індикаторах.

Функція для отримання сигналу телевимірювання `readSignal()`:

```
int readSignal() {
```

```

// Ваш код для отримання сигналу
// Повертати 3-бітове число, яке представляє сигнал
// Наприклад, можна використовувати введення з порту чи аналоговий
ввід
// Приклад:
// return (PIND & 0b00000111);
}

```

Ця функція повинна бути реалізована для отримання сигналу телевимірювання. Ви можете використовувати введення з порту або аналоговий ввід для зчитування сигналу.

Головна функція main():

```

int main(void) {
    // Ініціалізація мікроконтролера та портів
    init();

    while (1) {
        // Отримання сигналу телевимірювання
        int signal = readSignal();

        // Відображення сигналу на індикаторах
        displaySignal(signal);

        // Затримка (за потреби)
        _delay_ms(1000); // Затримка на 1 секунду (потрібно включити
<util/delay.h>)
    }

    return 0;
}

```

Основний цикл програми отримує сигнал телевимірювання, відображає його на індикаторах та робить затримку у 1 секунду.

Код для відображення сигналів телевимірювання на індикаторах:

```

#include <avr/io.h>
#include <util/delay.h>
// Функція для ініціалізації портів та інших налаштувань
void init() {

```

```

// Налаштування портів для керування індикаторами
// Наприклад, якщо використовуються порти PB0, PB1, і PB2 для
індикаторів
  DDRB |= (1 << DDB0) | (1 << DDB1) | (1 << DDB2);
}
// Функція для відображення сигналу на індикаторах
void displaySignal(int signal) {
  // Встановлюємо або скидаємо біти в залежності від сигналу
  if (signal & 0b00000001) {
    PORTB |= (1 << PORTB0); // Встановлюємо біт для індикатора 1
  } else {
    PORTB &= ~(1 << PORTB0); // Скидаємо біт для індикатора 1
  }
  if (signal & 0b00000010) {
    PORTB |= (1 << PORTB1); // Встановлюємо біт для індикатора 2
  } else {
    PORTB &= ~(1 << PORTB1); // Скидаємо біт для індикатора 2
  }
  if (signal & 0b00000100) {
    PORTB |= (1 << PORTB2); // Встановлюємо біт для індикатора 3
  } else {
    PORTB &= ~(1 << PORTB2); // Скидаємо біт для індикатора 3
  }
}
int main(void) {
  // Ініціалізація мікроконтролера та портів
  init();
  while (1) {
    // Отримання сигналу телевимірювання (припустимо, що він
представлений як 3-бітове число)
    int signal = readSignal(); // Ваш код для отримання сигналу
    // Відображення сигналу на індикаторах
    displaySignal(signal);

    // Затримка (за потреби)

```

<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дат</i>

```
    _delay_ms(1000); // Затримка на 1 секунду (потрібно включити  
<util/delay.h>)  
    }  
    return 0;  
}
```

					<i>ЕлІТ 8.171.00.10.514 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дат</i>		95

4. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

4.1 Розрахунок повної собівартості пристрою (установки)

Вартість комплектуючих та матеріалів для виробництва пристрою (установки) обчислюється як сума грошових витрат на їхнє придбання, які включають в себе різні компоненти. При розгляді різних статей витрат, таких як матеріали та комплектуючі, основна та додаткова заробітна плата, відрахування на соціальні заходи, витрати на утримання і експлуатацію устаткування, загальновиробничі витрати, адміністративні витрати та витрати на збут, можна сформулювати визначення собівартості пристрою (установки).

Калькуляція собівартості включає розрахунок витрат на матеріали та комплектуючі, які визначаються як добуток ціни за одиницю матеріалу/комплектуючого на їхню необхідну кількість. Ціни на матеріали та комплектуючі слід брати з інформації від виробників і постачальників, таких як прайс-листи, каталоги або веб-сайти. Ураховуючи транспортно-заготівельні витрати ($k_{т-з}=5\div 15\%$), вартість комплектуючих та матеріалів складається з наступних статей витрат:

- Матеріали та комплектуючі,
- Основна заробітна плата,
- Додаткова заробітна плата,
- Відрахування на соціальні заходи,
- Витрати на утримання і експлуатацію устаткування,
- Загальновиробничі витрати,
- Адміністративні витрати,
- Витрати на збут.

Розрахунок витрат на комплектуючі можна знайти в таблиці .1, а витрат на сировину та матеріали в таблиці .2.

$$KM=(K+M)\cdot(100+k_{т-з})/100 \quad (4.1)$$

$$KM=(1\,261+3060)\cdot(100+10)/100=3653.1 \text{ (грн.)}$$

					<i>ЕлІТ 8.171.00.10.514 ПЗ</i>	Лист
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дат</i>		96

Таблиця 4.1 – Розрахунок затрат на комплектуючі

№ з\п	Найменування комплектуючого	Кількість, шт	Ціна за од., грн	Вартість, грн
Мікросхеми				
1	АТmega8535-16PU	2	190	380
2	MAX232DR	1	35	35
3	74ALS374	2	45	90
4	Wago 735-303	2	34	68
5	Degson DG245-5.0	1	19	29
6	Wago 735-303	1	34	34
7	Резистор SMD 200R 0805 5%	8	1	8
8	Резистор SMD 3R 1206 5%	5	1	5
9	Резистор SMD 1K 1206 1%	5	1	5
10	PN4258	5	30	150
11	150D105X0006A2T	6	2	12
12	DA56-11GWA	5	85	425
13	3.6864M-НС49-SYIC	1	20	20
14	Тактильний кнопковий перемикач 6X6X4,3 мм	1	20	20

Загальна ціна всіх комплектуючих: 1 261 грн.

					<i>ЕЛІТ 8.171.00.10.514 ПЗ</i>	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат		97

Таблиця 4.2 – Розрахунок затрат на матеріали

Матеріал, сировина	Одиниця виміру	Норма витрати	Ціна за одиницю, грн	Вартість, грн
Печатна плата	шт	1	3000	3000
Флюс	кг	0,1	500	50
Припій	кг	0,1	100	10
Сумарні витрати				3060

4.2 Витрати на основну заробітну плату (З₀):

Визначення вартості праці для окремого спеціаліста, задіяного у виробництві пристрою (установки), виконується шляхом перемноження годинної тарифної ставки на фактично відпрацьований час. Формула для цього розрахунку виглядає наступним чином:

$$Z_0 = \sum_{i=1}^n T_{г_i} \cdot N_{ч_i}, \quad (4.2)$$

де $T_{г_i}$ – годинна тарифна ставка спеціаліста, грн/год;

$N_{ч_i}$ – витрачений час робітником на виробництво та наладку пристрою (установки), год;

n – кількість працівників, задіяних у виробництві пристрою (установки).

$$Z_0 = \sum_{i=1}^2 115 * 8 = 1\,840 \text{ (грн.)}$$

Годинна тарифна ставка розраховується, виходячи з величини місячного окладу спеціаліста:

$$T_{г_i} = \frac{T_{м_i}}{В\phi_i \cdot 8}, \quad (4.3)$$

де T_{m_i} – місячний оклад (ставка) спеціаліста, грн; V_{f_i} – фактично відпрацьований час за розрахунковий період (місяць), днів (змін); 8 – кількість відпрацьованих годин за зміну.

$$T_{г}=20250/22*8=115(\text{грн/год})$$

4.3 Додаткова заробітна плата (10÷30% від Z_0)

$$Z_d = Z_0 \cdot \frac{K_d}{100}, \quad (4.4)$$

де K_d – відсоток додаткової заробітної плати.

$$Z_d=1840*0,3= 552 (\text{грн.})$$

4.4 Відрахування на соціальні заходи

Відрахування на соціальні заходи включають в себе відрахування від загальної суми основної та додаткової зарплати за установленими ставками, враховуючи наступні складові:

Страхові внески на соціальне страхування:

1. Пенсійне страхування.
2. Медичне страхування.
3. Страхування від нещасних випадків на виробництві та професійних захворювань.
4. Страхування на випадок безробіття.

Внески на соціальне страхування відповідно до законодавства:

Внески, пов'язані з іншими соціальними програмами, які можуть бути передбачені законом. $V_{соц} = (Z_0 + Z_d) \cdot \frac{38,52}{100}$ (4.5)

$$V_{соц}=(1840+552)*38,52/100=908.96 (\text{грн.})$$

					<i>ЕЛІТ 8.171.00.10.514 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дат</i>		99

4.5 Витрати на утримання і експлуатацію устаткування

Якщо обладнання включено до активів підприємства, витрати на його утримання та експлуатацію (ВУЕУ) обчислюються за допомогою множення основної зарплати на відсоток ВУЕУ. При цьому припускається, що відсоток ВУЕУ знаходиться в межах від 120% до 150%..

$$\text{ВУЕУ} = 1840 * 1,4 = 2\,576 \text{ (грн.)}$$

4.6 Загальновиробничі витрати

Це витрати, пов'язані з управлінням конкретним підрозділом, що включають витрати на службові відрядження працівників цього підрозділу (цеху), а також амортизаційні відрахування від вартості основних фондів загально-цехового призначення та інші витрати. Зазвичай ці витрати визначаються у розмірі від 130% до 250% від основної зарплати.

$$1840 * 2,5 = 4\,600 \text{ (грн.)}$$

$$\text{Виробнича собівартість: } 1727 + 1296 + 259,2 + 599,1 + 1814,4 + 2492,4 = 8188,76 \text{ (грн.)}$$

4.7 Адміністративні витрати

Включають в себе:

- Витрати, пов'язані з управлінням підприємства.
- Витрати на службові відрядження адміністрації підприємства.
- Витрати на пожежну й сторожову охорону.
- Витрати, пов'язані з підготовкою (навчанням) і перепідготовкою кадрів.
- Витрати на перевезення працівників до місця роботи і назад.
- Витрати на сплату відсотків за фінансові кредити, а також відсотків за товарні і комерційні кредити; витрати, пов'язані зі сплатою відсотків за користування матеріальними цінностями, взятими в оренду (лізинг).
- Витрати, пов'язані з оплатою послуг комерційних банків і інших кредитно-фінансових установ.
- Податки, відрахування. Ці витрати становлять від 140% до 200% від основної зарплати.

$$1840 * 1,6 = 2\,944 \text{ (грн.)}$$

										Лист
										100
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат						

ЕЛІТ 8.171.00.10.514 ПЗ

Витрати на збут

Витрати, пов'язані з рекламою та підготовкою пристрою (установки) до реалізації, включають в себе витрати у розмірі приблизно 5-10% від вартості виробничої собівартості.

$$18\,729,6 * 0,07 = 1\,311,072 \text{ (грн.)}$$

$$\text{Повна собівартість} = 8188,76 + 2073,6 + 573,6 = 10835,96 \text{ (грн.)}$$

Таблиця 4.3 – Калькуляція собівартості пристрою (установки)

№	Найменування статей калькуляції	Проектний варіант
1.	Основна заробітня плата	1840
2.	Додаткова заробітня плата	552
3.	Відрахування на соціальні заходи	908,6
4.	Витрати на утримання і експлуатацію устаткування:	2 576
5.	Загальновиробничі витрати	4 600
6.	Матеріали та комплектуючі	3653.1
Виробнича собівартість		18 729,6
7.	Адміністративні витрати.	2 944
8.	Витрати на збут	1 311,072
Повна собівартість		22 984

4.8 Визначення ціни пристрою (установки)

На ринку економіки діють різноманітні стратегії ціноутворення, такі як визначення ціни на основі собівартості плюс прибуток, гарантування фіксованого обсягу прибутку, зважаючи на рівень попиту та інші підходи. Давайте розглянемо розрахунок оптової ціни пристрою (установки) за методикою "собівартість плюс прибуток".

$$\text{Цопт} = \text{С} + \text{П}, \quad (4.6)$$

де С – повна собівартість пристрою (установки), П – величина прибутку.

Прибуток встановлюється на основі визначеного підприємством нормативу (показника) рентабельності виробництва продукції.

									Лист
									101
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат					

ЕЛІТ 8.171.00.10.514 ПЗ

$$R = \frac{\Pi}{C} \cdot 100\% , \quad (4.7)$$

де R – рентабельність пристрою (установки), приймається в розмірі до 35% від його собівартості.

Тоді оптова ціна пристрою (установки) визначається:

$$C_{opt} = C + \frac{R \cdot C}{100} \quad (4.8)$$

$$C_{opt} = 22\,984,96 + 0,35 \cdot 22\,984,96 / 100 = 23\,064,444 \text{ (грн.)}$$

Відпускна ціна пристрою (установки) включає податок на додану вартість, де 20% – ПДВ:

$$C_{розд} = C_{opt} \cdot 1,2, \quad (4.9)$$

$$C_{розд} = 23\,064,444 \cdot 1,2 = 27\,676,8 \text{ (грн.)}$$

Переваги цього підходу проявляються у його простоті та зрозумілості, оскільки він враховує ключові аспекти формування цін, такі як відшкодування витрат на виробництво та забезпечення прибутковості при створенні та реалізації пристрою (установки). Цей метод дозволяє легко урахувувати різні витрати. Проте слід відзначити, що недоліком цього підходу є відсутність урахування ринкових факторів, зокрема попиту на продукцію. Тим не менш, в конкретних умовах ринкової економіки можуть виникати ситуації, коли застосування цієї методики може бути обгрунтованим. Наприклад, це може бути виправданим у відсутності конкуренції (монополії), при обмеженні рентабельності виробництва через державне регулювання, при виконанні одноразових замовлень або виробництві унікальної продукції. Важливо відзначити, що для визначення реальної ціни, яка відповідає умовам існуючого ринку для пристрою (установки), необхідні відповідні маркетингові дослідження.

					<i>ЕЛІТ 8.171.00.10.514 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						102
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дат</i>		

4.9 Висновки з техніко-економічної частини

В результаті проведеного аналізу стало очевидним, що значна частина витрат прямо пов'язана з етапами виробництва. Важливо відзначити, що, незважаючи на те, що ціна готового продукту практично збігається з вартістю його аналогів, його функціональні можливості визначаються на вищому рівні. Це підкреслює необхідність впровадження заходів для оптимізації ефективності праці та зменшення трудомісткості виробництва.

Для досягнення цих цілей впроваджують комплексні організаційно-технічні заходи, такі як впровадження передових технологій, використання точного крою та модернізація застарілого обладнання. Ці ініціативи націлені на скорочення чисельності працівників та підвищення продуктивності на підприємстві. Реалізація запропонованих заходів сприяє не лише зниженню собівартості продукту, але й підвищує конкурентоспроможність через оптимізацію цінової політики.

Такий підхід дозволяє забезпечити ефективну виробничу діяльність, зберігаючи високу якість продукції та забезпечуючи конкурентоспроможну позицію на ринку.

					<i>ЕЛІТ 8.171.00.10.514 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дат</i>		103

Висновки

Дослідивши всі потреби та вимоги до створення електронної системи телемеханіки для керування об'єктами електроенергетики було розроблено систему яка задовільняє всі висунуті вимоги а саме:

– **Надійність:**

Система забезпечує стабільну та надійну роботу, має високий рівень стійкості до збоїв та витримує критичні ситуації без втрати функціональності.

– **Швидкодія:**

Система оперативно реагує на вхідні дані, швидко обробляє та передає їх для подальшого використання. Забезпечує високу швидкість в реальному часі.

– **Точність Вимірювань:**

Вимірювання параметрів електроенергетичної мережі здійснюється з високою точністю, що дозволяє здійснювати точні оцінки та управління станом системи.

– **Низька Затрата Енергії:**

Система ефективно використовує енергію, забезпечуючи високу продуктивність при мінімальному споживанні електроенергії.

Ці висновки свідчать про те, що телемеханічна система в електроенергетиці ефективно відповідає ключовим вимогам, враховуючи важливі аспекти надійності, швидкодії, точності та енергоефективності. Однак важливо також продовжувати моніторити та підтримувати систему, адаптуючи її до змінних умов та вимог енергетичного сектору.

					<i>ЕЛІТ 8.171.00.10.514 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дат</i>		104

Література

1. НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК «ТЕЛЕМЕХАНІКА ТА АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ В ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЦІ» Автори: Плешков П. Г., к.т.н., професор, Серебренніков С. В., к.т.н., доцент, Петрова К. Г., к.т.н. 2016, с.15-25; с.27-39; с. 40; с.70-90
2. КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ СИСТЕМИ ДІАГНОСТУВАННЯ, КОНТРОЛЮ, КЕРУВАННЯ ТА ЗАХИСТУ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК І КОМПЛЕКСІВ Автори: д-р фіз.-мат. наук, проф. В. Ф. Рой, канд. техн. наук, доц. Ю. П. Кравченко, 2020 с.8-10
3. Конкурсна наукова робота «Мультикодова система захисту даних» Автор Посний Сергій Миколайович, 2011 с.9-21
4. 3800 МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ «Розроблення алгоритмів роботи та оцінка інформаційних характеристик системи передачі інформації» Автор В. В. Арбузов, О. В. Бережна. – Суми : Сумський державний університет, 2014. – 36 с.
5. https://www.datasheets.com/?utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=datasheetscomp&_bt=581934099984&_bk=all%20datasheet&_bm
6. <https://www.alldatasheetru.com/datasheet-pdf/pdf/15260/PHILIPS/74ALS374.html>
7. <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/164169/ATMEL/ATMEGA8535.html>
8. <https://kulibin.sumy.ua/radiodetali/microshemu-razdel/mikrosxema-max232-max232-dip-16-1-sht.html>
9. <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/73074/MAXIM/MAX232.html>
10. <https://datasheetspdf.com/datasheet/DA56-11GWA.html>
11. <https://uk.wikipedia.org/wiki/Телемеханіка>
12. <https://elearn.nubip.edu.ua/mod/book/tool/print/index.php?id=338999>
13. https://en.wikipedia.org/wiki/Energy_management_system
14. <https://www.cdc.gov/gis/what-is-gis.htm#:~:text=GIS%20or%20geographic%20information%20systems,th,e%20geographic%20location%20of%20features.>
15. https://en.wikipedia.org/wiki/Automatic_meter_reading
16. <http://vozum.org.ua/index.php/vstup/struktura-avtomatychnykh-system?showall=1&limitstart=>

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат

Додаток А

Додаток А

Вплив шумів на завадостійкість телекомунікаційних систем передачі даних

Нижгородцев І.В., студент гр. ТК-81;
Протасова Т.О., старший викладач
Сумський державний університет, м. Суми

До сучасних телекомунікаційних систем висувається ціла низка вимог. Це, в першу чергу, висока надійність, суворі вимоги до інформаційної безпеки, значна функціональність, точність. Але найголовнішою задачею для якісної та надійної передачі даних в ТКС є задача забезпечення завадостійкості та захисту інформації. Система повинна бути спроектована та експлуатуватися таким чином, щоб у разі появи завад забезпечувалась задана якість передачі інформаційних сигналів. Під завадостійкістю каналу передачі інформації розуміють здатність системи розрізняти та відновлювати сигнали із заданою достовірністю за наявності зовнішніх та внутрішніх завад. Вплив завади може призвести до значних помилок при функціонуванні систем. Аналіз завад та розрахунки впливу завад на передавання сигналів та розробка способів зменшення цього впливу є основними задачами, що вирішуються при проектуванні завадостійких телекомунікаційних систем.

На сьогодні найбільший вплив на функціонування ТКС вносять наступні види завад:

- Тепловий шум;
- Індустріальний шум;
- Атмосферний шум;
- Механічні пошкодження (імпульсні шуми, шуми переривання);
- Внутрішні шуми;
- Дробові шуми.

Для кожного з цих типів пропонується свій ефективний варіант боротьби, а саме:

- для кабельного типу передачі даних зазвичай перевіряється провід на наявність механічних пошкоджень, при наявності яких можуть виникати різкі переривання, сигнал то згасає, то з'являється. Також для кабельної передачі даних характерні завади імпульсного типу, які виникають зазвичай при комутації. Для зменшення впливу завад в цьому випадку доречно використовувати ізоляцію полімерного типу, наприклад поліуретан;
 - за відомих частот пристроєм можна відсікати сигнали які більші заданих частот за допомогою фільтрів;
 - великий вплив вносить тепловий шум, коли за фізичними властивостями в провіднику збільшується опір за нагрівання;
- дробовий шум, який виникає при дискретизації події (заряду в електроніці та фотону в оптиці). Дробовий шум є основним з внутрішніх шумів обладнання.

Ефективне значення струму для дробового шуму можна визначити за формулою У.Шотки:

$$I_{др} = \sqrt{2qI_0} \cdot B$$

- де q – заряд електрона ($1,6 \cdot 10^{-19}$, Кл);
- I_0 – середнє значення постійного струму, А;
- B – смуга пропускання, Гц.

Спектр дробових шумів флуктуацій анодного струму, обумовлених дробовим шумом струму катода, має незмінну спектральну щільність потужності до дуже високих значень частот (до частот, на яких стає істотним час прольоту електрона від катода до анода).

- У радіоканалах часто зустрічаються атмосферні завади, обумовлені електричними процесами в атмосфері й ,насамперед, грозовими розрядами. Ефективним рішенням при цьому буде застосування заземлення.
 - Індустріальний шум може бути викликаний роботою техніки. Потрібно застосувати шумоізолюючий матеріал, який не підвладний електричному та магнітному полю.
- Загальна формула впливу завади $n(t)$ на передаваний сигнал $u(t)$ можна виразити оператором:

$$Z = \Psi(u, n).$$

Додаток Б

Генератор випадкових чисел для тестування пристроїв

Нижгородцев І.В., студент гр. ТК-81;

Протасова Т.О., старший викладач

Сумський державний університет, м. Суми

Послідовності випадкових чисел використовуються в найрізноманітніших випадках, починаючи з моделювання і закінчуючи іграми і іншим розважальним програмним забезпеченням. Більш важливу роль генератори сигналів відіграють при проведенні електровимірювань та випробувань. Вони слугують джерелами тестових сигналів, що подаються на такі компоненти випробувань, як фільтри, підсилювачі або навіть готові модулі з метою перевірки правильності їх функціонування та вивчення їх поведінки та характеристик. Крім формування однотональних сигналів, ключовою функцією генераторів сигналів є створення сигналів з аналоговою та цифровою модуляцією.

Виділяють три основні класи датчиків випадкових чисел – табличні, фізичні та програмні.

При проведенні електровимірювань та випробувань пріоритетним є застосування фізичного способу побудови ГВП, основні вузли якого це:

- синтезатор-формував коливань – ядро пристрою;
- автоматичний регулятор рівня для стабілізації сигналів вихідного каскаду - мізки;
- вихідний каскад з підсилювачем та ступінчастими атенюаторами для керування вихідної потужності – кінцева частина пристрою.

ГВП мають гнучке налаштування частоти генерації сигналу до тривалості сигналу і визначається за формулою:

$$f_{out} = f_{ref} * \left(\frac{N_1}{M} + N_2 \right)$$

Зменшення опорної частоти призводить до звуження смуги захоплення, а час захоплення залежить від лінії захоплення.

Від якості роботи ГВЧ залежить якість роботи всієї системи й точність результатів. Тому випадкова послідовність, породжена ГВЧ, повинна задовольняти цілому ряду критеріїв, найголовнішими є: перевірки на рівномірність розподілу та на статистичну незалежність.