

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
КАФЕДРА ЕЛЕКТРОНІКИ І КОМП'ЮТЕРНОЇ ТЕХНІКИ

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

До кваліфікаційної роботи магістра на тему:

Система диспетчерського управління на базі радіомережі

Завідувач кафедри

А.С. Опанасюк

Керівник

О.В. Бережна

Консультант по економічній частині

О.М. Маценко

Студент гр. ЕС.м-91

О.О. Рахматоль

Суми 2020 р.

Сумський Державний Університет

Факультет ЕлІТ

Кафедра електроніки і комп'ютерної техніки
Напрямок підготовки: 8.1710010 “Електроніка”

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри Опанасюк А.С.

«__» _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу магістра
студенту **Рахматолію Олегу Олеговичу**

1. Тема проекту: **“Система диспетчерського управління на базі радіомережі”**

затверджено наказом по кафедрі від «06» листопада 2020 р. № 1731-III

2. Термін здачі студентом закінченого проекту 15.12.2020р.

3. Вихідні дані до проекту Розробити радіомодем для віддаленого керування технологічними об'єктами управління. Для інтеграції з пристроями керування передбачити застосування інтерфейса RS-232 та Ethernet-порта.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які підлягають розробці)
1.Літературний огляд. 2.Науково-дослідна частина. 3.Розробка радіомодема системи диспетчерського управління на базі радіомережі. 4.Техніко-економічна частина.

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

1.Структурна схема системи диспетчерського управління на базі радіомережі.

2.Функціональна схема системи диспетчерського управління на базі радіомережі.

3.Принципова схема системи диспетчерського управління на базі радіомережі. 4. Схема алгоритма системи диспетчерського управління на базі радіомережі.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів дипломного проекту (роботи)	Примітка
1	Огляд літератури та постановка задачі проектування		
2	Науково-дослідницька частина		
3	Розробка та обґрунтування структурної схеми		
4	Розборка та розрахунок принципової схеми		
5	Техніко-економічна частина		
6	Оформлення пояснювальної записки		
7	Оформлення графічного матеріалу		
8	Представлення роботи на рецензування		

Студент-дипломник Рахматоль О.О.

Керівник проекту Бережна О.В.

«___» _____ 2020р.

РЕФЕРАТ

В даній кваліфікаційній роботі розроблена система диспетчерського управління на базі радіомережі.

Дипломний проект містить 89 сторінок тексту, 39 малюнків, 37 таблиць, графічний матеріал у вигляді структурної, функціональної, принципової схеми та схеми алгоритма.

Пояснювальна записка містить чотири розділи: огляд та аналіз систем передачі даних та існуючих рішень радіомодемів, опис мети розробки системи, розробка та опис структурної, принципової та функціональної схеми і алгоритму функціонування пристрою.

Перший розділ містить інформацію про роль автоматизованих систем диспетчерського управління та аналіз передачі даних який в них застосований. Огляд існуючих рішень GSM/GPRS радіомодемів.

Другий розділ містить науково дослідницьку частину с описом та аналізом кодування в радіоканалах зв'язку.

Третій розділ містить схеми розробки радіомодема системи диспетчерського управління на базі радіомережі та програмного забезпечення.

Четвертий розділ містить техніко-економічну частину розробленої системи.

Ключові слова:

- Радіомодем;
- Система диспетчерського управління;
- GPRS;
- Радіомережа;
- Radio modem;
- Dispatching system;

ЗМІСТ

Список умовних позначень	5
ВСТУП.....	6
1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ	8
1.1 Роль автоматизованих систем диспетчерського управління в керуванні промисловими об'єктами	8
1.2 АСУ ТП як частина системи диспетчерського управління.....	10
1.3 Аналіз систем передачі даних, що використовуються в системах диспетчерського керування.....	13
1.4 Побудова та обладнання технологічної радіомережі збору даних та керування.....	16
1.5 Застосування GSM/GPRS-мереж для систем контролю	23
1.6 Огляд існуючих рішень GSM/GPRS радіомодемів	26
1.7 Постановка задачі проектування.....	31
2 НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА	32
2.1 Застосування завадостійкого кодування в радіоканалах зв'язку.....	32
2.2 Аналіз ефективності завадостійкого кодування в радіоканалах зв'язку	37
3 РОЗРОБКА РАДІОМОДЕМА СИСТЕМИ ДИСПЕТЧЕРСЬКОГО УПРАВЛІННЯ НА БАЗІ РАДІОМЕРЕЖІ.....	55
3.1 Розробка алгоритму функціонування пристрою	55
3.2 Розробка структурної схеми пристрою	57
3.3 Розробка функціональної схеми пристрою	58
3.4 Вибір елементної бази	62
3.5 Розробка схеми електричної принципової	69
3.6 Розробка програмного забезпечення	72
4 ТЕХНІКО – ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	77
4.1 Розрахунок економічного ефекту проектованого пристрою.....	77

ЕЛІТ 8.171.00.10.283 ПЗ								
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Система диспетчерського управління на базі радіомережі Пояснювальна записка	Літ.	Аркуш	Аркушів
Розроб.		Рахматоль О.О.						
Перевір.		Бережна О.В.					3	88
Т. Контр.						СумДУ, гр. ЕСм-91		
Н. Контр.		Гапич В.М.						
Затверд.		Опанасюк А.С.						

4.1.1	Розрахунок повної собівартості розроблюваного пристрою.....	77
4.1.2	Визначення ціни приладу	81
4.1.3	Визначення річних витрат користувача.....	82
4.1.4	Розрахунок повної ціни користувача.	84
4.1.5	Оцінка конкурентоспроможності проектного приладу.	84
ВИСНОВОК.....		87
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....		88

СПИСОК УМОВНИХ ПОЗНАЧОК

БС - базова станція

АСОДУ ГТК - система оперативного диспетчерського управління гірничотранспортним комплексом

ГТУ - гірничо-транспортне устаткування

КП - контрольний пункт

ДБЖ - джерело безперебійного живлення

SDR - Software Defined Radio

ДВЧ - дуже високі частоти

ЛВС - локальні обчислювальні мережі

АЦП - аналого-цифровий перетворювач

DMA - Direct Memory Access

CAN - Controller Area Network

RTC - Real-time clock

АСДК - автоматизована система диспетчерського контролю

АСУ ТП - автоматизована система управління технологічним процесом

MTU - Master Terminal Unit

PLC - Programmable Logic Controller

RTU - Remote Terminal Unit

CS - Communication System

OPC - Open Platform Communications

DLL - Dynamic Link Library

HMI - Human-machine interface

УКХ - ультракороткі хвилі

НВЧ - надвисока частота

					ЕЛІТ 8.171.00.10.283 ПЗ	Арк.
						5
Зм..	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Сучасні інформаційні технології надають можливість на новому рівні організувати взаємодію виробничо-диспетчерських служб підприємства. Автоматизація диспетчерського контролю дозволяє створити оперативну систему моніторингу стану виробництва, оповіщення профільних служб підприємства, контролювати виконання диспетчерських вказівок, формувати верифіковані зведення про стан виробництва як окремої виробничої одиниці (заводу, проммайданчику, віддаленого технологічного об'єкту), так і компанії в цілому за всіма територіально розподіленим виробничих об'єктів.

Автоматизована система диспетчерського контролю (АСДК) - це комплекс розподілених програмно-технічних засобів, який забезпечує збір даних з устаткування, обробку та передачу зібраних даних в диспетчерські пункти, а також реалізує функції диспетчерського управління обладнанням і моніторингу його стану.

Більшість існуючих в даний час АСДК базуються на SCADA - системах (Supervisory Control And Data Acquisition, диспетчерське управління і збір даних). Вони являють собою програмно-апаратний комплекс, що забезпечує збір інформації в реальному або псевдореальному часі з віддалених об'єктів для обробки, аналізу і можливого управління, а також містить набір інструментальних засобів, для його розробки. Сучасні SCADA-системи включають в себе три основних структурних компонента:

1. Віддалений термінал (RTU. Remote Terminal Unit). Може представляти собою як найпростіші датчики, що виконують збір даних з об'єкта, так і спеціалізовані відмовостійкі комплекси на базі мікропроцесорних систем, що виконують обробку інформації і управління в real-time режимі.

2. Пункт диспетчерського управління (MTU. Master Terminal Unit). Виконує основну обробку даних і високорівневе управління в режимі псевдореальності часу (рідше в real-time), а також забезпечення людино-машинного інтерфейсу (HMI) між оператором і системою.

3. Комунікаційна система (CS. Communication System) - канали зв'язку, необхідні для передачі інформації з віддалених об'єктів на центральний диспетчерський пункт і передачі керуючих команд на віддалені термінали.

Проектування автоматизованих систем диспетчерського керування неминуче пов'язане з вибором каналів зв'язку диспетчерського пункту з

					ЕЛІТ 8.171.00.10.283 ПЗ	Арк.
Зм..	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		6

просторово-розподіленими кінцевими пунктами. При цьому в якості каналів зв'язку можуть розглядатися:

- радіоканали стільникових систем;
- радіоканали транкових мереж загального користування;
- радіоканали транкових мереж підприємства;
- оптоволоконні канали зв'язку;
- дротові орендовані канали зв'язку, дротові канали зв'язку підприємства;
- канали зв'язку по лініях енергомереж.

Пріоритет технологій GSM перед іншими системами полягає в тому, що це сучасний, економічно вигідний спосіб зв'язку і передачі даних. Це гарне рішення для об'єднання розташованих на великій відстані інженерних приміщень, установок, які необхідно контролювати. Використовуючи технологію GSM, розробка диспетчерського комплексу дозволить об'єднувати для контролю, управління і зв'язку об'єкти в єдиний комплекс, що складається з персонального комп'ютера і GSM модему у диспетчера і периферійних блоків, що встановлюються в інженерних приміщеннях.

Комунікаційне обладнання, що виконує задачу передачі даних від периферійних блоків до центрального диспетчерського пункту, відіграє важливу роль в побудові всієї системи. До групи комунікаційного обладнання відносяться радіомодеми як «місток» між джерелом інформації та бездротовим каналом зв'язку. Радіомодеми дозволяють створювати відносно недорогі, ефективні і гнучкі технологічні радіомережі обміну даними, здатні функціонувати протягом багатьох років з мінімальним технічним обслуговуванням, забезпечуючи обмін даними в реальному масштабі часу.

Задача розробки радіомодемів постає щоразу при розробці системи передачі даних як для застосування в системах диспетчерського керування, так і в інших сферах промисловості. У залежності від технічних вимог до системи виникає необхідність внесення змін та доповнень до існуючих рішень, а розвиток технологій та оновлення компонентної бази дозволяють досягти кращих робочих характеристик та більшої надійності роботи приладу.

					ЕЛІТ 8.171.00.10.283 ПЗ	Арк.
						7
Зм..	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1 Роль автоматизованих систем диспетчерського управління в керуванні промисловими об'єктами

Автоматизована система диспетчерського управління (АСДК) - система управління технологічним процесом, призначена для контролю і управління режимами роботи обладнання об'єкта автоматизації.

АСДК забезпечує оптимізацію роботи інженерних систем об'єкта завдяки оригінальній технології управління проектом.

АСДК виконує наступні функції:

- отримання своєчасної та достовірної інформації з технологічних об'єктів;
- забезпечення оперативної взаємодії служб об'єкта при профілактичних і ремонтних роботах, ведення протоколу поточних і аварійних подій;
- автоматизований облік тепло- і енергоресурсів, забезпечення активного режиму їх економії;
- зниження трудомісткості управління технологічними процесами;
- оптимізація режимів роботи технологічних об'єктів;
- контроль працездатності каналів зв'язку;
- підвищення точності і оперативності вимірювання поточних значень технологічних параметрів.

Переваги об'єднаної АСДК перед локальними системами:

- взаємозв'язок всіх систем об'єкта, що суттєво підвищує їх стабільне функціонування;
- економія на кабельних мережах, пультах контролю, мережевому обладнанні за рахунок інтеграції функцій і, як наслідок, підвищення надійності всієї системи;
- оперативність управління всією системою завдяки її зручності і простоті. Знижується ймовірність прийняття помилкових рішень помітно підвищується комфортність, як для диспетчерських служб, так користувачів їхніх послуг.

Система диспетчеризації і моніторингу інженерних систем

Система диспетчеризації є комплексом програмних і апаратних засобів, який дозволяє здійснювати віддалене управління інженерними системами одного або декількох об'єктів.

Автоматизована система диспетчерського управління необхідна для контролю інженерного обладнання, рознесеного територіально, а також

					ЕЛІТ 8.171.00.10.283 ПЗ	Арк.
Зм..	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		8

розташованого в важкодоступних місцях. Як правило, диспетчеризація включається в систему управління багатофункціональними об'єктами зі складною інженерною інфраструктурою, такими як офісні будівлі, торгово-розважальні центри, а також виробничі комплекси і інші промислові підприємства.

У систему диспетчеризації можуть бути включені наступні підсистеми:

- електропостачання, газопостачання;
- тепло- і водопостачання, облік енергоресурсів;
- охоронно-пожежна сигналізація, системи пожежогасіння та димовидалення;
- вентиляція і кондиціонування;
- відеоспостереження, контроль і управління доступом;
- ліфтове господарство та інші.

Суть проектування систем диспетчеризації полягає в рішеннях задачі візуалізації інформації про функціонування інженерних систем і надання оператору можливості прямого управління обладнанням з диспетчерського пункту. Дані про стан інженерного обладнання надходять від контролерів локальної автоматики і передаються на сервер. Оброблені технологічні дані з необхідною аналітичною інформацією надходять на сервер диспетчеризації і виводяться на екранах комп'ютерів на робочих місцях операторів в наочному динамічному графічному вигляді.

Переваги системи моніторингу інженерних систем споруд

Дані, отримані і оброблені системою диспетчеризації, формуються в повідомлення різного виду, які архівуються в довготривалі сховища. На основі цієї інформації, доступної в будь-який час, формуються звіти.

Система диспетчеризація дає ключові переваги при управлінні об'єктом:

- постійний централізований контроль роботи інженерних систем;
- оперативне реагування в аварійних ситуаціях;
- зменшення впливу людського фактора;
- оптимізація документообігу, системи звітності.

Поряд зі звичними системами виробники пропонують системи диспетчеризації з тривимірною візуалізацією на основі рішення нового покоління GENESIS64 (рис. 1.1). Це якісно новий рівень можливостей диспетчерського моніторингу, який дозволяє оператору бачити реалістичне зображення об'єкта з усіма параметрами, прив'язаними до конкретних вузлів. Диспетчер може змінювати в інтерактивному режимі деталізацію

					ЕЛІТ 8.171.00.10.283 ПЗ	Арк.
Зм..	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		9

візуалізованими об'єктів, прибираючи елементи будівель, установок і переглядаючи їх зсередини. Тривимірна візуалізація дозволять здійснювати віртуальну навігацію по зображеним об'єктам, пропонує засоби анімації і динаміки об'ємних зображень і інші переваги 3D-технологій.

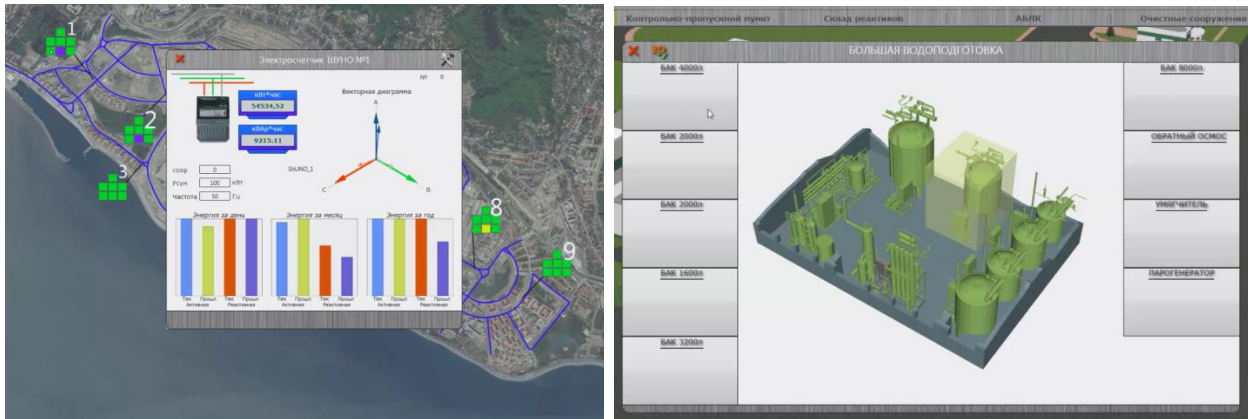


Рисунок 1.1 – Інтерфейс системи диспетчеризації з тривимірною візуалізацією на основі рішення нового покоління GENESIS64

1.2 АСУ ТП як частина системи диспетчерського управління

Автоматична система управління технологічними процесами (АСУ ТП) представляє собою комплекс програмних і технічних засобів, що дозволяє здійснювати автоматичне керування виробництвом в режимі реального часу.

Слід відрізнити АСУ ТП від автоматизованої системи управління, яка дозволяє здійснювати віддалене управління технологічним обладнанням по командам оператора. На відміну від автоматизованої, автоматична система має на увазі саморегульовану роботу автоматики за заданими алгоритмами без участі людини.

Впровадження АСУ ТП дозволяє значно підвищити ефективність всього комплексу бізнес-процесів підприємства, зокрема поліпшити такі ключові показники:

- скоротити кількість аварійних ситуацій і час простою обладнання;
- знизити витрати на ремонт обладнання за рахунок оперативного виявлення несправностей і зниження трудомісткості експлуатації;
- підвищити продуктивність праці працівників підприємства за рахунок скорочення дубльованих функцій, оперативного обміну даними і централізованої координації дій учасників процесів;

- підвищити якість виробленої підприємством продукції та забезпечити її конкурентоспроможність на ринку;
- поліпшити умови праці та підвищити рівень безпеки на виробництві за рахунок скорочення «ручних» функцій і зменшення впливу людського фактора.

Сучасна автоматизована система управління технологічного процесу являє собою багаторівневу людино-машинну систему управління. Створення автоматизованої системи диспетчерського керування здійснюється з використанням автоматичних інформаційних систем збору та обробки даних, які постійно удосконалюються. Ці системи складаються з комплексу технічних засобів, інфокомунікаційної мережі передачі даних та програмного забезпечення.

Типова АСУ включає в себе три функціональних рівня:

- нижній рівень (програмно-технічні засоби, що встановлюються на контрольованих об'єктах енергетики, що реалізують функції генерації даних від засобів об'єктивного контролю та виконання одержуваних з верхнього рівня системи керуючих сигналів і команд);

- проміжний рівень (засоби зв'язку і обміну даними, що встановлюються на контрольованих об'єктах, а також в стаціонарних та рухомих пунктах управління і реалізують функції обміну інформацією між нижнім і верхнім рівнями системи);

- верхній рівень (програмно-технічні засоби, що встановлюються в стаціонарних та рухомих пунктах управління, що реалізують функції збору даних від засобів об'єктивного контролю та формування керуючих сигналів і команд на основі аналізу отриманих з нижнього рівня даних).

SCADA (абр. від англ. Supervisory Control and Data Acquisition, диспетчерське управління і збір даних) – програмний пакет, призначений для розробки або забезпечення роботи в реальному часі систем збору, обробки, відображення та архівування інформації про об'єкт моніторингу або управління. Система диспетчерського управління забезпечує простоту моніторингу датчиків, розташованих на відстанях, з однієї центральної точки.

SCADA-система зазвичай містить такі підсистеми:

					ЕЛІТ 8.171.00.10.283 ПЗ	Арк.
						11
Зм..	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

- Драйвери або сервери введення-виведення – програми, що забезпечують зв'язок SCADA з промисловими контролерами, лічильниками, АЦП і іншими пристроями введення-виведення інформації.
- Диспетчерська система (головний термінал) (MTU англ. Master Terminal Unit) – збирає дані про процес і відправляє команди процесору (керування).
- Програмований логічний контролер (PLC англ. Programmable Logic Controller) використовується як польовий пристрій у зв'язку з вищою ніж у RTU спеціального призначення економічністю, універсальністю і гнучкістю.
- Комунікаційна інфраструктура (CS англ. Communication System) для реалізації промислової мережі.
- Система реального часу – програма, що забезпечує обробку даних в межах заданого тимчасового циклу з урахуванням пріоритетів.
- Людино-машинний інтерфейс (НМІ англ. Human Machine Interface) – інструмент, який подає дані про хід процесу людині операторові, що дозволяє операторові контролювати процес і управляти ним.
- Абонентський кінцевий блок (віддалений термінал) (RTU англ. Remote Terminal Unit), що під'єднується до датчиків процесу, перетворює сигнал з датчика в цифровий код і відправляє дані в диспетчерську систему.
- Програма-редактор для розробки людино-машинного інтерфейсу.
- Система логічного управління – програма, що забезпечує виконання призначених для користувача програм (скриптів) логічного управління в SCADA-системі. Набір редакторів для їх розробки.
- База даних реального часу – програма, що забезпечує збереження історії процесу в режимі реального часу.
- Система управління тривогами – програма, що забезпечує автоматичний контроль технологічних подій, віднесення їх до категорії нормальних, що попереджають або аварійних, а також обробку подій оператором або комп'ютером.
- Генератор звітів – програма, що забезпечує створення призначених для користувача звітів про технологічні події. Набір редакторів для їх розробки.
- Зовнішні інтерфейси – стандартні інтерфейси обміну даними між SCADA та іншими додатками. Зазвичай OPC, DDE, ODBC, DLL і т.д.

					ЕЛІТ 8.171.00.10.283 ПЗ	Арк.
Зм..	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		12

1.3 Аналіз систем передачі даних, що використовуються в системах диспетчерського керування

Найбільш ефективною для застосування в системах диспетчерського керування є радіомережі, за допомогою яких досягається необхідна надійність, швидкість передачі даних, час затримки та своєчасність передачі даних.

Паливна і електроенергетика є одним з найбільших користувачів радіомереж збору даних і управління (обміну даними), що обумовлено особливостями забезпечуваних такими радіомережами технологічних процесів і характеристиками об'єктів автоматизації:

- основні технологічні процеси відносяться до категорії критично важливих, оскільки зібрані дані повинні надходити із заданою затримкою, а управлінський вплив здійснюватися в регламентовані терміни;

- значна частина об'єктів розміщується розподілено на великій території, що робить використання провідних засобів зв'язку недоцільним, або знаходиться в таких місцях, в які складно або неможливо прокласти провідні комунікації.

Енергетична система повинна надійно функціонувати в звичайній обстановці, в надзвичайних ситуаціях, в загрозовий і особливий періоди. Тому що забезпечують роботу АСУ радіомережі обміну даними повинні створюватися з урахуванням умов роботи в будь-якій обстановці і володіти відповідним рівнем надійності (1) і живучості (2).

Радіомережа обміну даними дозволяє реалізувати наступні функціональні можливості АСУ:

- моніторинг перебігу технологічних процесів (автоматичний збір об'єктивної інформації про технічні і виробничих параметрах, включаючи облік електроенергії);

- диспетчерське (3) і оперативне (4) управління об'єктами енергетики (передача сигналів і команд в напрямку «диспетчер - контрольований об'єкт», а також підтвержень про отримання керуючих сигналів і звітів щодо виконання команд в напрямку «контрольований об'єкт - диспетчер»).

Залежно від призначення АСУ вона може забезпечувати виконання всіх або частини перерахованих вище функцій, при цьому функції моніторингу є загальними і обов'язковими для всіх систем.

У зв'язку з вищевикладеним до радіомереж збору даних і управління АСУ в енергетиці пред'являються наступні основні оперативно-технічні вимоги:

- функціонування радіомережі у всій оперативній зоні;

					ЕЛІТ 8.171.00.10.283 ПЗ	Арк.
						13
Зм..	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

- висока надійність і живучість радіомережі;
- оперативний і своєчасний доступ до ресурсів радіомережі;
- мінімальні і передбачувані затримки в доставці інформації;
- достатня пропускна здатність для повномасштабного функціонування всіх додатків АСУ;
- безпеку циркулюючої в радіомережі інформації;
- контроль і регулювання використання ресурсів радіомережі в різній обстановці;
- можливість функціонування в жорстких умовах;
- простота експлуатації;
- сумісність з різнорідним обладнанням збору і обробки даних по широко типовими і нестандартним інтерфейсами;
- низька вартість експлуатації;
- простота переміщення і оперативність розгортання в новому районі.

Наведені вище вимоги можуть мати свої пріоритети при створенні радіомереж збору даних і управління різного призначення та відомчої належності, але в цілому повинні враховуватися при створенні будь-якої радіомережі.

В даний час в АСУ в енергетиці застосовуються різні радіомережі обміну даними, які за призначенням поділяються на дві основні групи:

- радіомережа загального користування (англ. Public network). Призначена для надання послуг електрозв'язку будь-якому користувачеві послугами зв'язку на території країни і включає в себе мережі електрозв'язку, визначаються географічно в межах території, що обслуговується і ресурсу нумерації і не можуть бути визначені географічно в межах території країни і ресурсу нумерації, а також мережі зв'язку, що визначаються за технології реалізації надання послуг зв'язку);

- технологічна радіомережа, раніше відомча або корпоративна (англ. Private network). Призначена для забезпечення виробничої діяльності організацій, управління технологічними процесами у виробництві. Технології та засоби зв'язку, що застосовуються для створення технологічних мереж зв'язку, а також принципи їх побудови встановлюються власниками або іншими власниками цих мереж.

До першої групи належать радіомережі, доступ до яких надається власником радіомережі для всіх бажаючих користувачів, до другої - радіомережі, в яких працюють тільки користувачі власника мережі. Радіомережі обох груп

					ЕЛІТ 8.171.00.10.283 ПЗ	Арк.
Зм..	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		14

можуть будуватися із застосуванням однакових технологій, однак призначення радіомережі принципово визначає її можливості при обслуговуванні роботи АСУ.

Радіомережі загального користування включають в себе мережі стільникового зв'язку різних стандартів, мережі операторів професійної мобільного зв'язку діапазону ультракоротких хвиль (УКХ) - зазвичай транкові радіомережі - і широкосмугові мережі зв'язку та передачі даних надвисокої частоти (СВЧ), включаючи наземні і супутникові.

Технологічні радіомережі включають в себе мережі професійної мобільного зв'язку УКВ-діапазону - транкові і конвенційні - і широкосмугові мережі передачі даних надвисокої частоти (СВЧ), включаючи наземні і супутникові.

Нижче розглядаються питання, пов'язані зі створенням і експлуатацією тільки конвенціональних радіомереж обміну даними УКХ діапазону, як найбільш широко поширених і вживаних для створення АСУ в енергетиці.

Технологічні радіомережі обміну даними використовуються для обслуговування АСУ в енергетиці і будуються на обладнанні, що має різні технічні характеристики. У зв'язку з цим найбільш показовими є приклади використання таких радіомереж і їх функціональних можливостей.

Кожен з напрямків передачі даних пред'являє свої вимоги до каналу зв'язку та організації радіомережі. При відносно невеликих обсягах переданої інформації по кожному з напрямків дальність передачі і допустимі затримки в доставці інформації при загальному високому вимозі до надійності роботи виявляються різними. У зв'язку з цим на замовлення Національної ради з безпеки на транспорті США (National Transportation Safety Board, NTSB) була проведена серія досліджень з метою визначення ефективності різних видів бездротового зв'язку, що дозволяють задовольнити вимоги, що пред'являються перспективними АСУ поїздами. В ході досліджень розглядалися наступні види радіозв'язку:

- мережа зв'язку (діапазон 900/1800 МГц);
- радіомережа Wi-Fi (діапазон СВЧ 2,4 і 5 ГГц);
- супутникові канали зв'язку (діапазон СВЧ 1,6 ГГц);
- технологічна радіомережа УКХ (діапазон УВЧ 150-220 МГц);
- технологічна радіомережа УКХ (діапазон НВЧ - дуже високих частот - 380-490 МГц).

					ЕЛІТ 8.171.00.10.283 ПЗ	Арк.
Зм..	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		15

Порівняння проводилося з урахуванням наступних основних технічних вимог:

- надійність зв'язку;
- надійність доставки даних;
- дальність зв'язку;
- затримка при отриманні даних;
- швидкість обміну даними / пропускна здатність.

1.4 Побудова та обладнання технологічної радіомережі збору даних та керування

Розглянемо особливості побудови та обладнання технологічних радіомереж збору даних та керування на прикладі технологічної радіомережі обміну даними Автоматизованої системи оперативно-диспетчерського управління «Іртиш».

Основним компонентом технологічної радіомережі обміну даними Автоматизованої системи оперативно-диспетчерського управління «Іртиш» є система базових станцій (БС), що забезпечують функціонування рухомий і стаціонарної підмереж. У складі АСОДУ ГТК передбачено розгортання двох БС рухомий і двох БС стаціонарної технологічної радіомережі обміну даними, які працюють, відповідно, в піддіапазонах ультрависоких (УВЧ) і дуже високих (НВЧ) частот діапазону ультракоротких хвиль (УКХ). З визначених проектом позицій ці базові станції забезпечують надійну електромагнітну доступність для користувачів системи на всіх технологічних майданчиках, включаючи власне розріз, дорожню мережу, територію вугільних складів і відвалів. Технологічна радіомережа функціонує в цілодобовому режимі, що зумовлено особливостями технологічного процесу видобутку і транспортування корисних копалин. Оскільки даний технологічний процес є безперервним, а що знаходиться під управлінням системи гірничо-транспортного устаткування (ГТО) експлуатується в режимі 24 години на добу, сім днів на тиждень 365 днів на рік, збої і перерви в роботі АСОДУ ГТК пов'язані з серйозними фінансовими втратами і є вкрай небажаними, а в деяких випадках, абсолютно неприйнятними. У зв'язку з цим при її створенні особлива увага приділяється не тільки забезпечення її високої належності і живучості, а й організації зручної експлуатації, яка передбачає налаштування і діагностику радіотехнічного та

					ЕЛІТ 8.171.00.10.283 ПЗ	Арк.
Зм..	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		16

інженерного обладнання, і виключення, в більшості випадків, виїзду технічних фахівців для ліквідації збоїв в роботі.

У даний час для забезпечення АСУ на об'єктах трубопровідного транспорту широко використовуються технологічні радіомережі збору даних і управління телемеханікою на основі вузькосмугових радіомодемів УКХ-діапазону. Нижче розглянуто варіант побудови такої радіомережі на базі вузькосмугових радіомодемів Dataradio I-Base / Integra-TR і Viper-100/400 виробництва американської компанії CalAmp (www.calamp.com).

Представлений нижче варіант реалізації радіомережі обміну даними для окремої ділянки системи управління телемеханікою нафтопроводу (загальна протяжність трубопроводу складає більше 3500 км, швидкість обміну даними в технологічній радіомережі УКХ-діапазону - 19 200 біт/с) показаний на рис. 1.2.

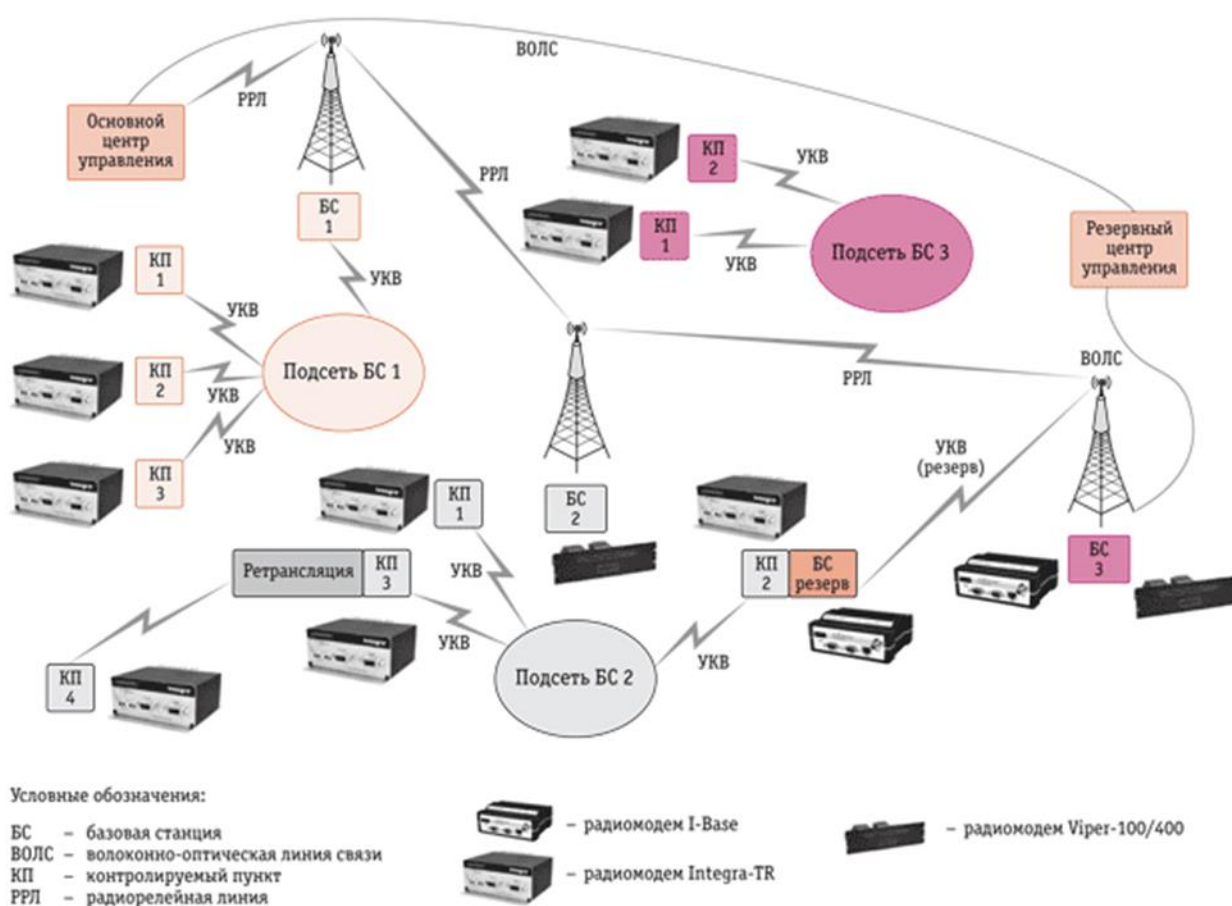


Рисунок 1.2 – Схема стаціонарної технологічної радіомережі управління телемеханікою підвищеної надійності і живучості на вузькосмугових радіомодемів

До надійності і живучості АСУ та технологічних радіомереж передачі даних на трубопровідному транспорті пред'являються підвищені вимоги. Схема комутації УКХ-обладнання стаціонарної технологічної радіомережі управління телемеханікою підвищеної надійності і живучості представлена на рис. 1.3.

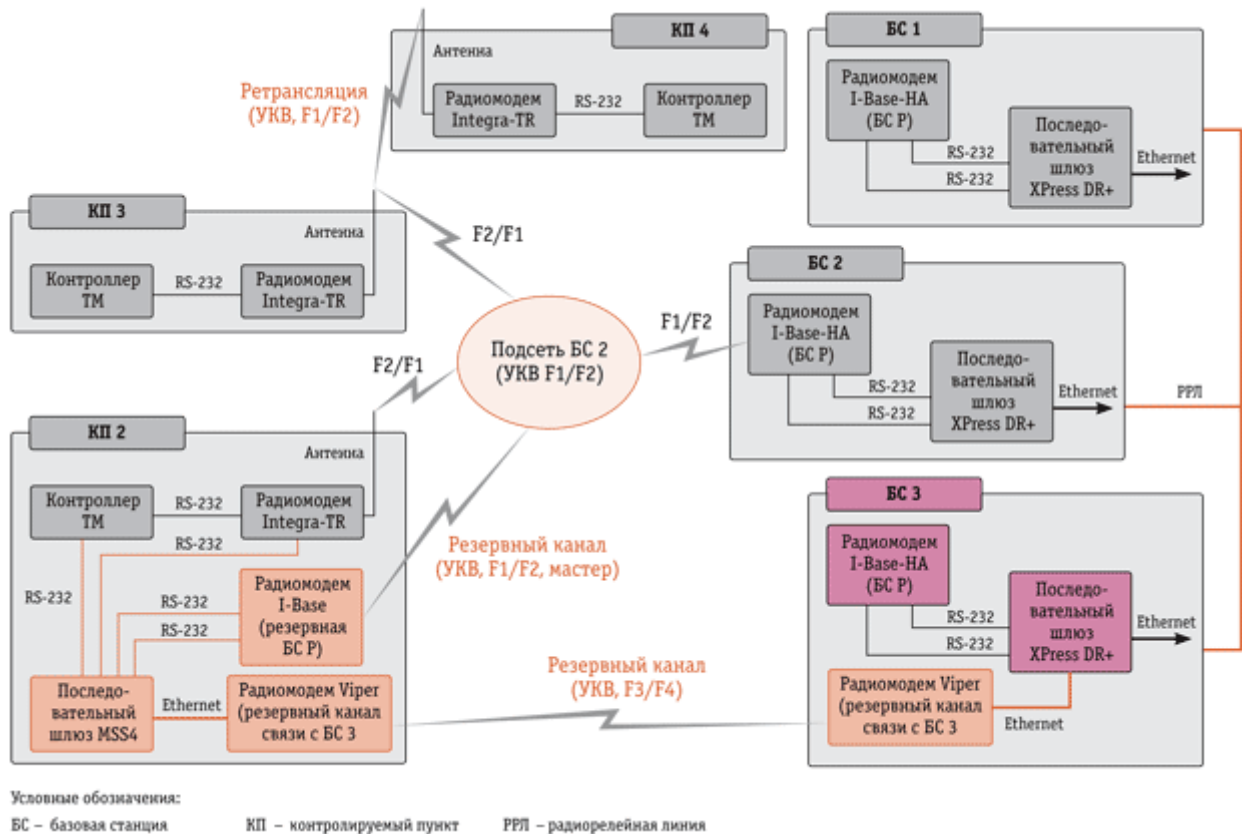


Рисунок 1.3 – Схема комутації обладнання стаціонарної технологічної радіомережі управління телемеханікою підвищеної надійності і живучості

Технічне рішення підготовлено для реалізації на ділянці трубопроводу протяжністю близько 60 км, що проходить в сейсмонебезпечній зоні, де існує загроза одночасного виходу з ладу всього обладнання базової станції (BC-2) на одній з позицій. Технологічна радіомережа управління телемеханікою функціонує на швидкості 19 200 біт / с. BC-2 забезпечує управління телемеханікою чотирьох контрольованих пунктів. Зв'язок з КП-4 здійснюється через КП-3, який додатково виступає в якості ретранслятора. Позиція КП-2 знаходиться в зоні прямої радіовидимості з позицій КП-3 і КП-1 (на схемі не вказаний). Зв'язок між КП-2 і BC-3 здійснюється по виділеному радіоканалу.

На КП-2 розгорнуто комплект резервної базової станції (BC-P), що забезпечує функціонування через єдине антенно-фідерне пристрій. BC-P підключається до сусідньої базової станції BC-3 по середньошвидкісних

виділеному каналу обміну даними за допомогою радіомодемів Viper-100/400 за IP-протоколу. Комутація апаратури БС-Р і КП-2 виконана з використанням перетворювачів інтерфейсів RS-232 - Ethernet: 4-портовий Lantronix MMS4 для підключення радіомодема Dataradio Integra-TR і I-Base на позиції КП-2 і 2-портовий Lantronix XPress-DR + для сполучення апаратури БС-3 з каналом зв'язку з БС-Р через радіомодем Viper-100/400. Двопортовий Lantronix XPress-DR + має резервований канал Ethernet, що забезпечує його підключення одночасно по двох портів. У повній комплектації схема передбачає додаткове дублювання перетворювачів інтерфейсів і апаратури обміну даними.

Всі базові станції радіомережі (за винятком резервної) реалізовані на радіомодемів I-Base-NA, мають 100% дублювання і володіють підвищеною надійністю і живучістю. У разі виходу з ладу одного з комплектів обладнання даного радіомодема проводиться автоматичний перехід на другий комплект, а інформація про вихід з ладу направляється черговому інженеру зв'язку.

Підключення кожного комплекту обладнання проводиться по двох портів RS-232: перший використовується для зв'язку з пристроями телемеханіки, другий - для передачі діагностичної інформації про поточний стан всіх радіомодемів в складі радіомережі в масштабі часу, близькому до реального. За другим порту забезпечується також віддалена настройка радіомодемів на БС і КП (виконується в період технологічних перерв зв'язку).

Віддалена настройка і управління роботою вищевказаного обладнання забезпечуються консольним сервером. Загальна схема інтегрованої БС АСОДУ ГТК «Іртиш» представлена на рис. 1.4.

У складі АСОДУ ГТК «Іртиш» консольний сервер Lantronix SLB застосовується для управління роботою радіотехнічного обладнання базових станцій та апаратури електроживлення, включаючи ДБЖ. Кожна базова станція як мобільного, так і стаціонарного технологічної радіомережі, підключена до інформаційної системи підприємства по каналу мережі Ethernet (на малюнку підключення показаний синім кольором). Даний канал використовується для обміну оперативною інформацією.

Технічний контроль за роботою апаратури БС та їх налаштування виробляються по послідовному каналу (показаний зеленим кольором).

					ЕЛІТ 8.171.00.10.283 ПЗ	Арк.
Зм..	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		19

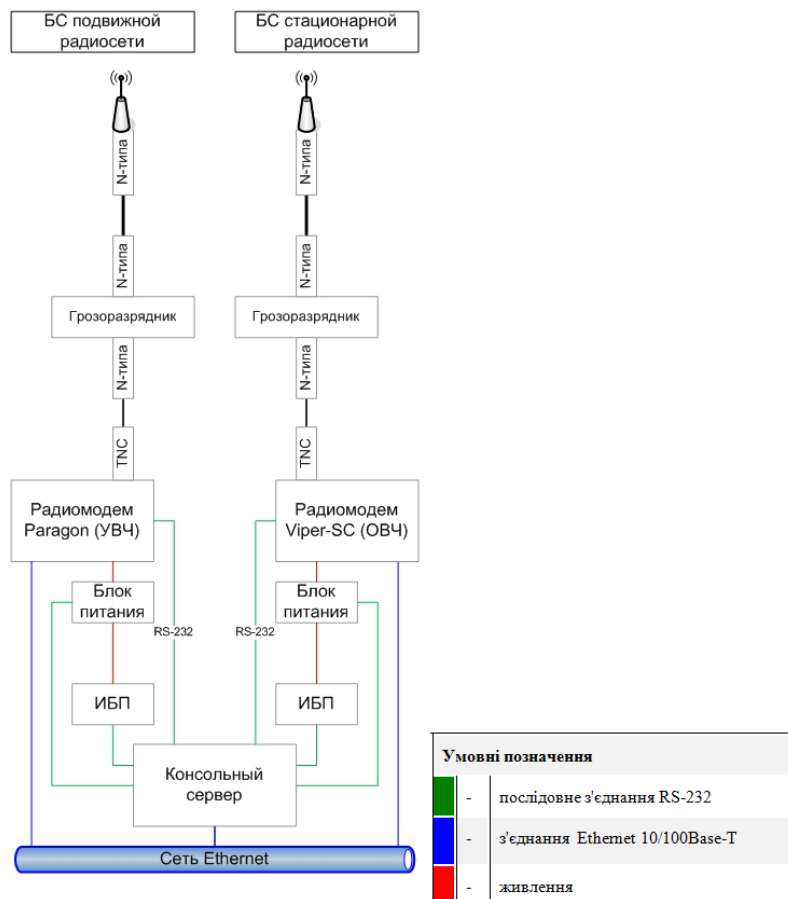


Рисунок 1.4 – Загальна схема інтегрованої базової станції

Радиомодеми для технологічних радіомереж передачі даних.

Одними з ключових елементів обладнання для побудови радіомереж є радіомодеми. Розглянемо типові характеристики радіомодемів на прикладі радіомодема Guardian-100/200/400/900, зовнішній вигляд якого показаний на рис. 1.5.



Рисунок 1.5 – Зовнішній вигляд радіомодема Guardian-100/200/400/900

Радіомодем Guardian призначений для побудови сучасних радіомереж віддаленого збору даних і управління стаціонарними об'єктами. Він має вбудований спеціалізований приймач, що використовує технологію SDR1 (Software Defined Radio) з малим часом доступу до радіоканалу на основі сучасного цифрового сигнального процесора. Забезпечує асинхронний обмін даними на швидкостях 19200, 9600 або 4800 біт / с в радіоканалах з кроком сітки радіочастот 25 або 12,5 кГц. Налаштування кроку сітки радіочастот виконується програмно. Радіомодем підтримує роботу практично всіх основних промислових протоколів, включаючи ModBus, ModBus-RTU і AB DF1.

Основні технічні характеристики радіомодема Guardian представлені в Таблиці 1.1.

Таблиця 1.1. – Основні технічні характеристики радіомодема Guardian.

Загальні характеристики	Радіомодем Guardian			
	ОВЧ	200 МГц	УВЧ	900 МГц
Діапазон частот, МГц	136-174	215-240	406-470, 450-512	928-960
Крок сітки частот, кГц	25 або 12,5 (налаштовується програмно)			
Тип випромінювання	9K55F1D, 9K35F1D, 11K6F1D, 14K6F1D, 16K4F1D			
Струм:				
- прийом, мА	360 (10 В); 200 (20 В); 150 (30 В)			
- передача 40 дБм (10 Вт), А	4,6 (10 В); 2,04 (20 В); 1,37 (30 В)			
- передача 30 дБм (1 Вт), А	1,2-3,6 (10 В); 0,6-1,8 (20 В); 0,4-1,2 (30 В)			
Номінальна затримка при холодному старті, з	20			
Робоча напруга, В	10-30, постійний струм			
Робоча температура, ° С	от -30 до 60			
Температура зберігання, ° С	от -45 до 85			
Вологість, %	5-95			
Габаритні розміри, см	13,97 (Ш) x 10,80 (Г) x 5,40 (В)			
Маса (в упаковці), кг	1,1			
Робочий режим	Сімплекс, напівдуплекс, дуплекс		Сімплекс, напівдуплекс	
приймач				
Чутливість (ймовірність помилки 1х10 ⁻⁶), дБм:				
- 25 кГц	-100 (19,2 кбіт/с), -107 (9,6 кбіт/с), -110 (4,8 кбіт/с)			
- 12,5 кГц	-107 (9,6 кбіт/с), -110 (4,8 кбіт/с)			
Придушення перешкод по сусідньому каналу, дБ	60/12,5 кГц; 70/25 кГц			
Інтермодуляції, дБ	>75			
Вибірковість, дБ	>70/25 кГц; >60/12,5 кГц			
передавач				
Смуга пропускання без підстроювання, МГц	38	38	64	32

Вихідна потужність при напрузі 13,6 В, Вт		
Час атаки, мс	<1	
Час перемикання між каналами, мс	<15	
Імпеданс, Ом	50	
Цикл роботи на передачу, %	100	
Стабільність частоти, ppm	1,0	
інтерфейси	RS-232 (DB9)	
антена	TNC– прийом/передача, SMA– прийом (для дуплексних моделей)	
модем	Модем	
Швидкість, кбіт / с	4,8; 9,6; 19,2	
індикація	Живлення, стан, підключення к ЛВС, робота ЛВС, прийом/передача	
вид модуляції	2FSK	

Радіомодем Guardian дозволяє створювати відносно недорогі, ефективні і гнучкі технологічні радіомережі обміну даними, здатні функціонувати протягом багатьох років з мінімальним технічним обслуговуванням, забезпечуючи обмін даними в реальному масштабі часу. Типова спрощена схема комутації технологічної радіомережі обміну даними представлена на рис. 1.6.

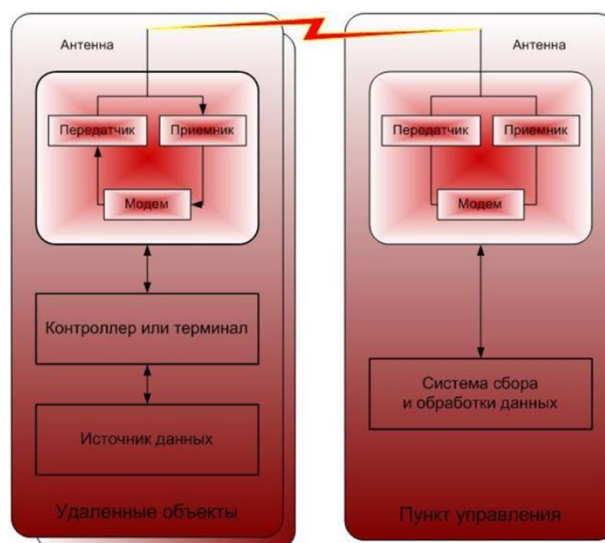


Рисунок 1.6 – Типова спрощена схема комутації технологічної радіомережі обміну даними.

Джерелом даних на віддаленому об'єкті є лічильник (група лічильників) або контролер. Інформація від джерела приймається радіомодемом по стандартного інтерфейсу RS-232/422/485. Радіомодем перетворює надходять цифрові дані в радіочастотний сигнал, який за допомогою радіопередавача передається в пункт управління (наприклад, диспетчерську або польовий пункт

управління). Тут процес обробки відбувається в зворотному порядку: модем перетворює надійшов радіосигнал в цифрову форму, придатну для його подальшої автоматизованої обробки.

У типових додатках обмін даними проводиться під управлінням центрального об'єкта (топология «зірка»), що працює через базову станцію за прийнятими для конкретної радіомережі протоколами обміну даними.

1.5 Застосування GSM/GPRS-мереж для систем контролю

Необхідність побудови систем автоматизації і віддаленого управління та моніторингу стану об'єкта часто виникає не лише для систем спеціалізованого призначення (енергетика, газотранспортні системи, залізничний транспорт, тощо), де зазвичай використовуються технологічні радіомережі, а й для невеликих промислових та побутових користувачів (гараж, теплиця, приватне підприємство чи окремих цех, котельня, приватний будинок, тощо), для яких доступ до технологічних радіомереж закритий. У такому випадку в якості каналу зв'язку використовується мережа мобільного зв'язку GSM, а для пакетної передачі даних – технологія GPRS. На рис. 1.7 наведена карта покриття всіх 4G/3G операторів України. Як видно з рисунку, мобільний зв'язок з високою швидкістю передачі даних доступний на 97% території країни.

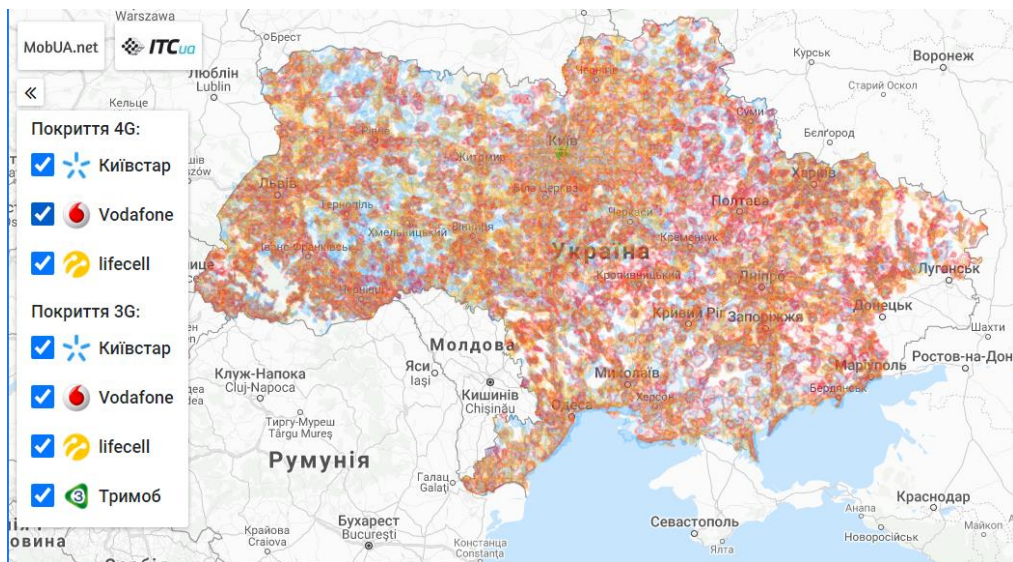


Рисунок 1.7 – Зведена карта покриття всіх 4G/3G операторів України

Виходячи з даних, представлених на рис. 1.7 робимо висновок, що використання GSM радіоканалу зв'язку для передачі даних при побудові системи диспетчерського управління є доцільним. При цьому оператори мобільного

					ЕЛІТ 8.171.00.10.283 ПЗ	Арк.
Зм..	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		23

зв'язку забезпечують користувачів вигідними тарифами типу «Датчик» (Київстар), «Device» (Vodafone), в яких передбачена велика кількість передплачених в тарифі СМС та об'єм пакетних даних.

Передача пакетних даних в мережі стільникового зв'язку GSM здійснюється з використанням технології GPRS.

GPRS (англ. General Packet Radio Service - пакетний радіозв'язок загального користування) - надбудова над технологією мобільного зв'язку GSM, що здійснює пакетну передачу даних. GPRS дозволяє користувачеві мобільного телефону проводити обмін даними з іншими пристроями в мережі GSM і із зовнішніми мережами, в тому числі Інтернет.

GSM / GPRS технології дозволяють передавати на відстані не тільки голос людини, але і дані. Головне достоїнство їх в тому, що вони можуть повністю забезпечити достовірність інформації, що передається, а також її надійність, високу швидкість обміну даних. Такі можливості дають свободу дії управлінської ланки підприємства, ось чому вони так сильно зацікавилися впровадженням GSM / GPRS технологій у власні АСУ ТП.

GSM зв'язок дуже сильно виручає в тому випадку, якщо передача інформаційних даних якийсь момент неможлива через існуючі радіочастотні системи обміну.

На даний момент на підприємствах GSM / GPRS-технології впроваджуються в різні вільно програмовані контролери. Простота і легкість управління мобільним телефоном, робить і роботу на сучасній автоматизованій системі управління набагато простіше. Тепер перед операторами з'являється новий інтерфейс, створений на базі GSM / GPRS-технологій.

Ще одні плюс, який GSM / GPRS-технології вносять в АСУ ТП підприємстві, це низька вартість монтажу, налаштування та обслуговування даних технологій. Вони дозволяють суттєво економити витрати, як матеріальних, так і людських ресурсів.

На сьогоднішній день GSM / GPRS-технології в АСУ ТП використовують такі підприємства, як котельні станції, трансформаційні, опалювальні і т.д.

Системи моніторингу господарюючими об'єктами по каналах стільникового зв'язку GSM / GPRS:

- Ведення моніторингу ліфтів, виклик оперативної допомоги в разі несправності, включення / відключення при необхідності.
- Диспетчеризація теплових пунктів і котелень. Включає в себе безперервний моніторинг, комплексу, ведення журналу робочого станів,

					ЕЛІТ 8.171.00.10.283 ПЗ	Арк.
Зм..	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		24

складання звітів, порівняння та аналіз їх на можливість аварійних випадків, терміновий виклик ремонтних бригад.

- Контроль вуличного освітлення в межах одного міста, стеження за зміною параметрів по електронній карті міського освітлення, аналіз їх на виявлення відхилень, терміновий виклик ремонтних бригад.

- Система GSM / GPRS моніторингу важкодоступних промислових об'єктів. Стеження за їх дією, збір і аналіз інформаційних даних про поточний стан, терміновий виклик ремонтних бригад в разі загрози або виникнення аварійної ситуації.

Застосування АСУ ТП з використанням мереж GSM / GPRS:

Моніторинг. Потрібна інформація про поточний стан технологічного процесу, в тому числі сигнали тривоги, аварій, обробляється SCADA-програмою. Далі вона форматується під SMS-повідомлення і через GSM-модем передається на мобільний телефон оператора диспетчерського пункту.

Дистанційна консоль, яка представлена звичайним стільниковим телефоном. За допомогою його клавіатури створюється повідомлення-запит на пошук потрібної інформації або управління нею.



Рисунок 1.8 – "Класична" топологія системи віддаленого управління обладнання по мережах GSM.

Телемеханіка складається з декількох контролерів або, іншими словами, операторських станцій. Вони працюють під керівництвом впровадженої на підприємстві SCADA-системи. Ці контролери обмінюються інформаційними даними тільки за допомогою GSM-радіомодемом.

GPRS модем (рис. 1.9) - це GSM радіомодем з додатковою підтримкою GPRS технології для передачі даних. GPRS означає: «пакетний радіозв'язок загального користування» - заснована на пакетній технології. Перевагою GPRS

над GSM є те, що має набагато більшу швидкість передачі даних. GPRS модем містить тримач SIM карти і інтерфейс або USB в залежності від модифікації, і розроблені на базі GSM модулів. Управління здійснюється модемними АТ-командами.

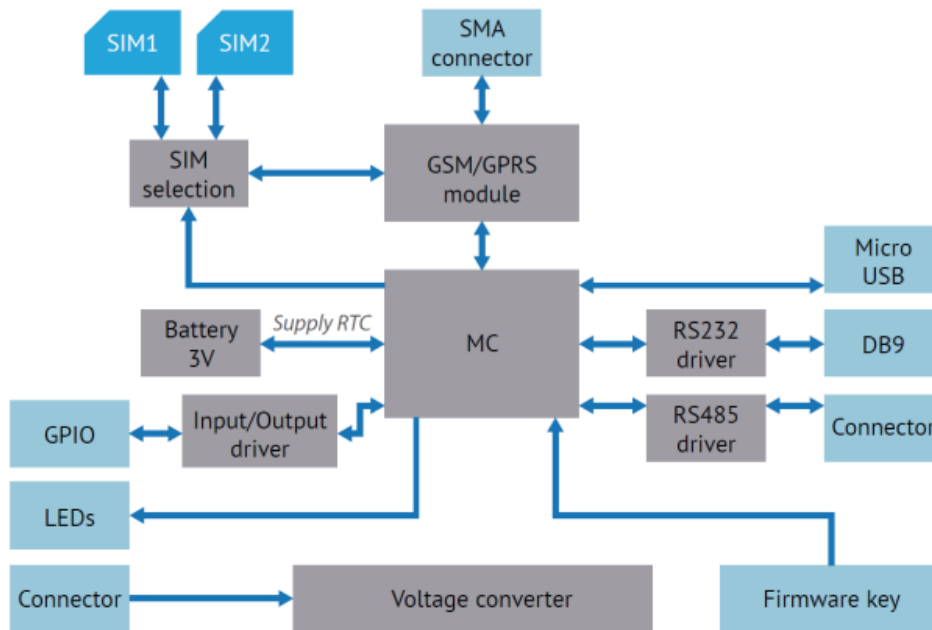


Рисунок 1.9 – Функціональна схема модема АТМ.

Сучасні GSM / GPRS-технології працюють на базі цифрового стандарту. Якість передачі інформації безпосередньо залежить від того, яка висота радіотрансляційної і радіоприймальної антени, чи є на шляху будь-які перешкоди. Якщо такі складності є, то їх потрібно вирішувати тільки і провайдерів, які надають стільниковий зв'язок. В теперішній час якість GSM-зв'язку дуже висока.

Стільниковий зв'язок дозволив зробити використання АСУ ТП більш доступною навіть для невеликих виробництв. Це дуже ефективна цифрова система, призначена для обміну інформацією між об'єктами на необмеженій відстані.

1.6 Огляд існуючих рішень GSM/GPRS радіомодемів

Конфігурація апаратної частини GSM/GPRS радіомодему може змінюватися у залежності від специфіки обладнання, що використовується на об'єкті контролю та автоматизації. У найпростішому випадку передача даних на віддалений сервер і диспетчерський пульт може проходити від одного датчика (освітлення, диму, вологості, кінцевий вимикач, тощо), чи примітивного

контролера, наприклад на базі Arduino, і обмін даними між датчиком/контролером і GPRS радіомодемом здійснюється по інтерфейсу RS-232. У більш складному випадку на віддаленому об'єкті контролю може бути побудована невелика мережа, що об'єднує кілька контролерів / одноплатних комп'ютерів (наприклад RaspberryPI), при великій кількості таких контролерів вони можуть бути об'єднані з використанням комунікаційного обладнання і внутрішньої мережі Ethernet.

На сьогодні існує велика кількість GSM/GPRS радіомодемів, що випускаються промислово.

KENWOOD IRZ MC 52PU стільниковий радіопередавач. MC 52 PU - двохдіапазонний GSM-радіомодем, новинка модельного ряду IRZ. Радіотермінал IRZ MC 52PU відмінно пристосований для промислових застосувань - телеметрії, бездротового збору даних з датчиків, дистанційного спостереження та сигналізування. У даній моделі були розширені функціональні можливості, серед яких - можливість перезавантаження модему сигналом DTR. Як і всі модеми iRZ, даний стільниковий радіомодуль IRZ MC52PU оснащений інтелектуальним сторожовим таймером. Для з'єднання з керуючим пристроєм, так само як і Cinterion (Siemens), двохдіапазонний радіомодем MC 52 PU оснащений послідовним інтерфейсом RS-232 (COM-портом). Наявність вбудованого TCP / IP стека, доступного по AT-командам, відрізняє цей модем від аналогічних моделей цього виробника.

Двохдіапазонний термінал IRZ MC 52PU дистанційного збору / передачі інформації відповідає вимогам відповідних ГОСТів та міжнародним стандартам ІРС. Модемного пристрою MC 52PU GSM стандарту відповідає «Правил застосування абонентських радіостанцій мереж рухомого радіотелефонного зв'язку стандарту GSM900 / 1800», стабільно працює при температурі від -20 ° С до + 55 ° С.

Доступна ціна індустріального радіопередавача IRZ MC 52 PU, простота установки і управління модемом, надійність роботи, а також розширені гарантійні зобов'язання виробника забезпечують пристрою популярність для організації домашнього мобільного доступу в Інтернет і для промислового застосування із застосуванням технології M2M (Machine-to-Machine) - телеметрії, бездротового збору даних з датчиків, дистанційного спостереження, управління і т.п.

					ЕЛІТ 8.171.00.10.283 ПЗ	Арк.
Зм..	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		27

Таблиця 1.1 - Технічні характеристики терміналу IRZ MC52 PU

Модель	MC52PU
Робоча частота	GSM 900 GSM 1800
Бездротовий модуль	Cinterion MC52i
Температурні режими	Діапазон робочих температур: -40 ... + 85 ° C Робоча вологість: не більше 85% при температурі + 25 ° C
Живлення	Адаптер джерела живлення: 12В/500мА
Вага нетто	0.13 кг
Вага брутто	0.17 кг
Габарити виробу	69x74x33 мм
Інтерфейси	
Тип антенного роз'єму	FME-male
Кількість SIM-слотів	1
Послідовний порт	RS-232
Сторожовий таймер	Працює як в автоматичному режимі, так і в ручному - за допомогою спеціальної утиліти
Передача даних	
SMS	Point-to-point MO и MT, широкоповіщувальна передача, текстовий і PDU-режим
Швидкість CSD	14 kbit/s
GPRS Class	Class B
GPRS Multislot Class	Class 10
Швидкість GPRS	86 kbit/s
Опції передачі даних	Непрозорий режим USSD
Факс	Група 3, клас 2 и клас 1
АТ-команди	Hayes 3GPP TS 27.007, TS 27.005
Вихідна потужність	не більше 2 Вт

GSM / GPRS-радіомодем ОБЕН ПМ01. При автоматизації розподілених об'єктів виникає необхідність дистанційного керування і контролю з єдиного диспетчерського пункту. Це завдання можна вирішити шляхом створення систем диспетчеризації. Для віддаленого обміну даними в таких системах може успішно застосовуватися одна з останніх розробок компанії ОБЕН - GSM / GPRS-модем ОБЕН ПМ01. Як приклад використання такого GPRS-радіомодема на рис. 1.10 представлена функціональна схема диспетчеризації водоканалів з використанням GSM / GPRS-радіомодема ОБЕН ПМ01.

						ЕЛІТ 8.171.00.10.283 ПЗ	Арк.
Зм..	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			28

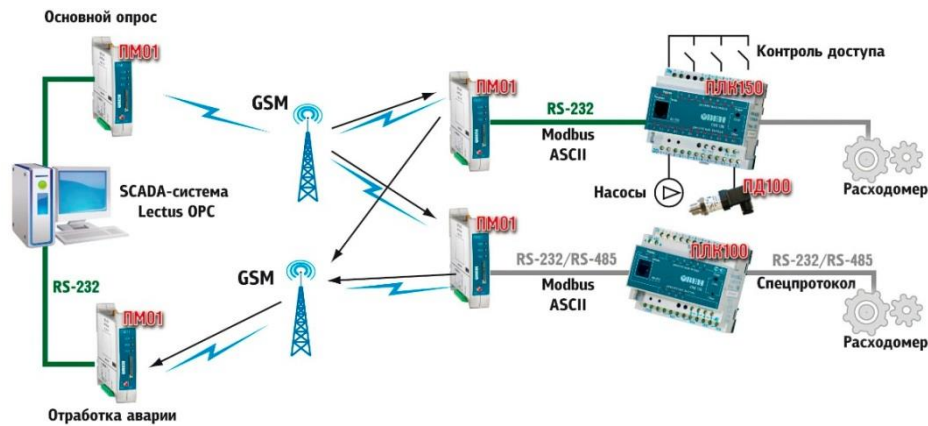


Рисунок 1.10 – Функціональна схема диспетчеризації водоканалів з використанням GSM / GPRS-радіомодема ОБЕН ПМ01.

Основні переваги GSM / GPRS-модему ОБЕН ПМ01. Основною перевагою модему ОБЕН ПМ01 є наявність двох послідовних інтерфейсів, що дозволяє підключати до нього пристрої як з інтерфейсом RS-232, так і RS-485. Причому для підключення обладнання через інтерфейс RS-485 модем вже має вбудовані резистори узгодження. Існує можливість перезавантаження GSM-модуля як від зовнішнього пристрою, так і від вбудованого таймера (в залежності від моделі). Одним з важливих переваг модемів ОБЕН також є наявність модифікацій з різними варіантами напруги харчування - постійним (24 В) і змінним (220 В), що дозволяє інтегрувати їх в уже існуючі шафи автоматики з найменшими витратами. Модеми компанії ОБЕН дозволяють працювати в розширеному діапазоні температур - від мінус 30 до плюс 70 ° С.

Промисловий GSM / GPRS / EDGE / UMTS / HSPA (3G) радіомодем MOXA OnCell G3150-HSPA. 1-портовий модем OnCell G3150-HSPA належить до просунутої лінійки IP-шлюзів, призначених для підключення послідовних і Ethernet-пристроїв в стільникові мережі 3G. Модель підтримує технологію VPN (Virtual Private Network) і стільниковий стандарт високошвидкісної пакетної передачі даних HSPA, що працює на частоті: 800, 850, 900, 1900, 2100 МГц. Пристрій використовує інтелектуальні технології управління віддаленими пристроями, обладнано резервним контуром живлення, двома цифровими входами і релейним виходом для зв'язку з інженерами.

					ЕЛІТ 8.171.00.10.283 ПЗ	Арк.
Зм..	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		29



Рисунок 1.11 – Зовнішній вигляд промислового GSM / GPRS-радіомодема OnCell G3150-HSPA

Радіомодем MOXA OnCell G3150-HSPA - особливості та характеристики:

- Універсальний COM-порт RS-232/422/485 обслужить будь-який промисловий пристрій. 12 режимів роботи підійдуть для вирішення будь-яких завдань: Real COM (Secure / Reverse), TCP Server / Client (Secure), UDP.
- Підтримуються мережеві протоколи безпечної передачі даних (HTTPS), функції управління адресами, маршрутизації (кидок портів) і захисту (SSH, SSL).
- Режими налаштування: WEB, Telnet / Serial консоль, віддалений SMS-контроль, Auto IP Report, SNMP v1 / v2 / v3. Програмна утиліта Central Manager дає можливість управління через центральний сервер.
- 2 цифрових входи дозволяють підключити додаткові пристрої введення-виведення, а релейний вихід може бути налаштований для відправки пріоритетних повідомлень сервіс-інженерам.
- Здвоєний контур живлення використовує 2 незалежних джерела і гарантує безперебійне функціонування. Вхідна напруга: 12 ... 48 VDC.
- Період напрацювання на відмову (MTBF) - 43 роки.
- OnCell G3150-HSPA служить для збору даних з віддалених логічних контролерів, відеокамер і модулів вводу-виводу в центр управління або систему SCADA. Технологія VPN забезпечить конфіденційність даних, а Моху GuaranLink - стабільність зв'язку і постійну доступність віддалених пристроїв. Таким чином, дана модель виглядає збалансованим 3G-рішенням по співвідношенню ціна / якість.

-

					ЕЛІТ 8.171.00.10.283 ПЗ	Арк.
Зм..	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		30

1.7 Постановка задачі проектування

Метою даної роботи є розробка системи диспетчерського управління для застосування в малих промислових та приватних об'єктах на основі радіомережі загального користування (мережі стільникового зв'язку). Одним з ключових елементів такої схеми є GSM/GPRS-радіомодем, який має забезпечувати надійний зв'язок і безперебійну передачу даних між джерелом інформації на об'єкті керування (датчик, система контролю на об'єкті, тощо) та віддаленою стороною (сервер, диспетчерський пункт).

З урахуванням різноманітності можливих конфігурацій обладнання на об'єкті керування в GPRS-радіомодемі необхідно передбачити як підключення до простого датчика/виконуючого пристрою, для чого достатньо інтерфейсу RS-232, так і розгорнутої на об'єкті локальної мережі Ethernet, що об'єднує датчики, програмовані логічні контролери, комп'ютер і включає комунікаційне обладнання типу мережевого комутатора чи маршрутизатора. В другому випадку доцільним є оснащення GPRS-радіомодему Ethernet-портом для забезпечення гнучкого конфігурування системи.

Для досягнення поставленої мети потрібно вирішити наступні завдання:

1. Здійснити дослідження завадостійких способів захисту каналів передачі даних та керування, а також здійснити вибір, обґрунтування, розробку та опис структурної схеми, що проектується.
2. Розробити алгоритм функціонування радіомодема системи.
3. Розробити технічне забезпечення системи та здійснити вибір елементної бази.
4. Розробити та навести опис функціональної та принципової схем пристрою.
5. Розробити програмне забезпечення GPRS-радіомодема системи диспетчерського керування.

					ЕЛІТ 8.171.00.10.283 ПЗ	Арк.
Зм..	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		31

2 НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

2.1 Застосування завадостійкого кодування в радіоканалах зв'язку

Завадостійке кодування - це процес перетворення інформації, що надає можливість виявити і виправити помилки, що виникають при передачі інформації по каналах передачі даних.

Завадостійкість коду заснована на введенні надмірності в сигнал, який транслюється. Завадостійкий код відрізняється від звичайного коду тим, що в канал передаються не всі кодові комбінації, які можна сформувати. З всієї кількості комбінацій виділяються так звані дозволені комбінації, які виділяються за наявністю певних властивостей. Тільки дозволені кодові комбінації передаються в канал зв'язку. Решта невикористаних кодових комбінації називаються забороненими. Передачі по каналу зв'язку вони не підлягають.

Відповідно, процес введення надлишковості (перетворення інформаційних символів в кодове слово) називається кодуванням, а зворотний процес відновлення інформації з кодового слова, можливо що містить помилки називається декодуванням. Класифікація завадостійкого кодування показана на рисунку 2.1.



Рис. 2.1 - Класифікація завадостійкого кодування

Для двійкового коду всі множини кодових комбінацій дорівнює $N = 2^n$, де n - число розрядів в кодової комбінації. Ця множина розбивається на дві

підмножини: дозволених кодових комбінацій і заборонених. Ці підмножини відомі як на передавальній, так і на приймальній сторонах.

Якщо в результаті спотворень переданих кодів комбінація перейде в підмножину заборонених комбінацій, то помилка буде виявлена. Коди, що дозволяють тільки визначити наявність помилок, але не вказують номер перекручених розрядів називають кодами з виявленням помилок. Коди, що дозволяють визначити наявність помилок, які вказують номер розряду помилки і виправляють її, називають коректувальними кодами.

Циклічні коди. Широке розповсюдження на практиці отримав клас лінійних кодів, які називаються циклічними. Дана назва походить від основної властивості цих кодів, а саме, якщо деяка кодова комбінація належить циклічному коду, то комбінація, отримана циклічною перестановкою вихідної комбінації (циклічним зрушенням), також належить даному коду:

$$(a_1, a_2, \dots, a_n) \rightarrow (a_n, a_1, a_2, \dots, a_{n-1}).$$

Другою властивістю всіх дозволених комбінацій циклічних кодів є їх ділення без залишку на деякий вибраний поліном, званий утворюючим. Ці властивості використовуються при побудові кодів, кодуючих і декодуючих пристроїв, а також при виявленні і виправленні помилок.

Циклічні коди - це ціле сімейство завадостійких кодів, в цілому забезпечує велику гнучкість з точки зору можливості реалізації кодів з необхідною здатністю виявлення та виправлення помилок, що виникають при передачі кодових комбінацій по каналу зв'язку.

В даний час широке розповсюдження в телекомунікаціях отримали циклічні коди. На практиці, як правило, застосовуються циклічні коди, що коригують помилки невисокої кратності $t < 3$. Це обумовлено високими апаратними і часовими витратами на схеми корекції, які різко зростають при збільшенні кратності виправляються помилок $t < 2$.

Кращими кодами, що забезпечують ефективну боротьбу з незалежними помилками, є циклічні коди Боуза-Чоудхурі-Хоквінгема.

Коди Ріда-Соломона, що є окремим випадком кодів БЧХ в складі каскадних кодів спільно з згортковими кодами використовуються в гідроакустичному каналі для забезпечення безпомилкової передачі інформації. Коди Ріда-Соломона не використовуються самостійно в гідроакустичному каналі зв'язку, так як для коду, що має меншу швидкість, існує можливість виправлення більшого числа помилок, за рахунок введення більшої надлишковості. Однак сам факт введення додаткової надлишковості призводить

					ЕЛІТ 8.171.00.10.283 ПЗ	Арк.
Зм..	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		33

до зменшення енергії, яка припадає на біт інформації. Таким чином, ймовірність помилки на виході РС-декодера збільшується, до того ж в умовах водного середовища, введення додаткової надлишковості в інформаційне повідомлення призведе до збільшення часу передачі і, як один з варіантів, необхідності розробки більш ефективних алгоритмів стиснення інформації.

Згорткові коди. На відміну від блокових, в згорткових кодах контрольні розряди чергуються з розрядами даних. Це дозволяє оперативно виправляти помилки. Такий підхід широко застосовується в стільниковому зв'язку (GSM, системи з кодовим поділом - CDMA) і супутникової передачі даних.

Особливості згорткових кодів:

1. Згорткові коди дозволяють виробляти кодування і декодування потоків даних безперервно в часі.
2. Згорткові коди не потребують блокової синхронізації.
3. Застосування згорткових кодів дозволяє досягти дуже високої надійності інформації, що передається.

Згорткові коди добре виправляють випадкові поодинокі помилки, але дають погані результати при пакетах помилок. Тому згорткове кодування і поєднують з перемеженням (перетасуванням) інформаційних символів, яке забезпечує перетворення пакетів помилок в одиночні помилки.

Згорткове кодування є одним з найбільш поширених видів завадостійкого кодування. Воно застосовується в цифрових системах передачі інформації, як наземної, так і супутникової, в системах радіомовлення й телевізійної трансляції, а також вони застосовуються в гідроакустичних каналах зв'язку в каскадних кодах спільно з кодами Ріда-Соломона.

Однак в сучасних умовах ефективність багатьох методів згорткової обробки сигналів виявляється недостатньою. Ці методи розроблялися для роботи в умовах впливу апаратних шумів. При наявності зовнішніх перешкод або застиганні сигналів існуючі методи згорткової обробки сигналів вже не забезпечують необхідної якості переданої інформації, а при деяких умовах може виникнути повний зрив зв'язку.

Згорткові коди і алгоритми декодування по максимуму правдоподібності, алгоритм Вітербо знаходять основне застосування в системах космічного та супутникового зв'язку. Це пояснюється тим, що канали зв'язку в цих системах близькі за своїми властивостями до каналів з білим гауссівським шумом, які є симетричними каналами без пам'яті. Для подібних систем характерні жорсткі обмеження по потужності переданого сигналу, тому для них важливо здійснити

					ЕЛІТ 8.171.00.10.283 ПЗ	Арк.
Зм..	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		34

найбільш ефективно кодування і декодування, що дозволяє зменшити ймовірність помилки на декодований інформаційний символ при малому енергетичному потенціалі.

Для істотного поліпшення завадостійкості при використанні згорткових кодів необхідно збільшувати швидкість передачі символів, а отже, і ширину смуги, наприклад, в 2 рази при відносній швидкості передачі коду $1/2$ або в $4/3$ рази при відносній швидкості $3/4$. Таким чином, застосування згорткових кодів виявляється особливо вигідним в супутникових системах зв'язку, енергетичний потенціал яких обмежується потужністю бортового ретранслятора, тобто в каналах, де визначальним фактором є обмеження потужності, а не смуги частот. У системах з обмеженою енергетикою кодування дозволяє зменшити необхідне відношення сигнал/шум, оптимальним чином розподілити потужність ретранслятора між каналами і збільшити число каналів.

Таким чином, згорткові коди застосовуються в широкому спектрі сучасних систем зв'язку.

Каскадні коди. Важливим етапом у розвитку теорії завадостійкого кодування є поява каскадних кодів.

Каскадні коди були вперше запропоновані Форне як методу практичної реалізації коду з великою довжиною блоку і високою коригуючою здатністю. Каскадний код - створення нового коду шляхом декількох кодів. Каскадні коди складаються з двох або більше кодів, які будуються ступінчастим чином: кодові слова одного коду є інформаційними символами для коду наступному ступені. Каскадний принцип побудови коду ілюструється схемою, представленої на рисунку 2.2:

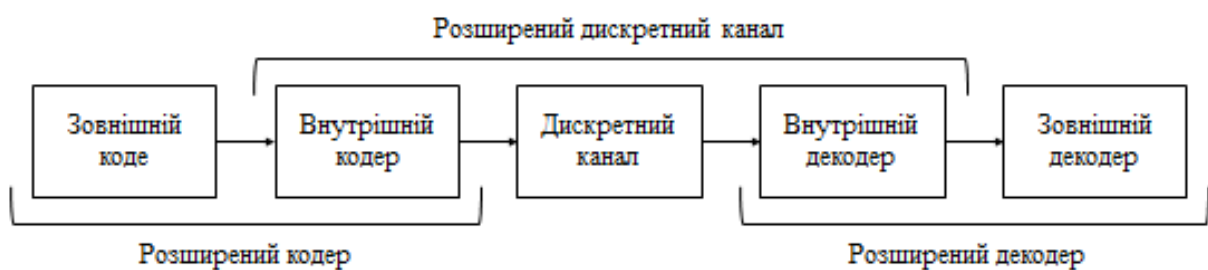


Рисунок 2.2 – Принципи побудови каскадного коду

Як видно з рисунку 2.2, система «внутрішній кодер – дискретний канал – внутрішній декодер» створює щодо зовнішніх кодера і декодера як би розширений зовнішній канал, що має словник з $2N$ кодових векторів, де N -

розрядність внутрішнього коду. Якщо розрядність зовнішнього коду дорівнює n , то розрядність каскадного коду $N_0 = nN$, і він містить $2N_n$ кодових слів. Перевагами каскадних кодів є відносно невелика складність їх технічної реалізації і можливість виправлення не тільки незалежних (одиночних) помилок, але і пакетів помилок. Це досягається за рахунок того, що в якості внутрішнього коду використовується код, який виправляє одиничні помилки, а в якості зовнішнього коду - код, виявляє і виправляє пакети помилок.

В якості зовнішнього коду найчастіше використовуються коди Ріда-Соломона, коригуючі пакетні помилки, а внутрішнім кодом можуть бути різні циклічні і згорткові коди, що корегують випадкові помилки. У реальних системах зв'язку в якості внутрішнього коду використовуються згорткові коди з алгоритмом декодування Вітербі.

Перевагою каскадних кодів є висока коригувальна здатність, а недоліком є висока надмірність інформації. З метою зменшення надмірності каскадного коду в якості внутрішнього коду використовуються високошвидкісні (мало надлишкові) згорткові коди. При значенні ймовірності помилки на вході приймального пристрою не більше 0,006 всі досліджувані коди справляються з виникаючими помилками. Починаючи з ймовірності помилки в каналі дорівнює $P_k = 0,012$ коди (RS (127,92) + CC (2/3), $R = 0,483$) і (RS (31,22) + CC (1/2), $R = 0,355$) вже не справляються з виникаючими помилками.

Каскадні коди застосовуються в гідроакустичному каналі з метою реалізації коду з більшою довжиною інформаційного блоку і високою коригувальною здатністю. В цілому таке можливе при включенні декількох рівнів кодування. Дане рішення має на увазі подачу з зовнішнього кодуєчого пристрою символів на вхід внутрішнього кодуєчого пристрою. Комбінація простих кодерів в сукупності представляє складну кодуєчу структуру, однак при декодуванні аналогічно можна використовувати каскадне з'єднання декодерів.

Також каскадні коди застосовують в радіоканалах, зокрема в стандарті стільникового зв'язку 4G. Так як каскадні коди забезпечують більшу завадостійкість під час передачі даних.

Турбо коди. Подальшим розвитком каскадних кодів стали турбо коди, які формуються шляхом каскадування двох або більше складових кодів. Перші турбо коди, запропоновані Беру і співавторами, склалися з двох паралельно з'єднаних через перемешник згорткових кодів. В загальному випадку турбо коди можуть виходити як при паралельному, так і послідовному з'єднанні кодів, розділених перемешником. Для підвищення кодової швидкості турбо коду може

застосовуватися виколування символів то однієї, то іншої перевірконої гілки. В результаті швидкість коду R збільшується до $1/2$. Подальше підвищення кодової швидкості може здійснюватися виколуванням більшого числа перевірочних символів. Найбільш важливим моментом при проектуванні турбо кодів є правильний вибір складових кодів і перемежителя. Для паралельного турбо коду найкращими складовими кодами є рекурсивні систематичні згорткові коди, оскільки їх застосування дозволяє значно зменшити число кодових слів низької ваги, що визначають ефективність турбо коду. Отриманий в результаті турбо код зазвичай називається згортковим турбо кодом (Turbo Convolutional Code - TCC). Роль перемежителя в турбо кодах складається в зменшенні кореляції між сусідніми символами кодового слова, що дозволяє на кожній ітерації декодування зменшувати ймовірність помилки. Крім цього, перемежитель також має великий вплив на мінімальну кодову відстань турбо коду і кількість кодових слів низької ваги, що визначають ефективність турбо коду.

Турбо-коди використовуються в якості методу каналного кодування в наступних системах передачі телеметричної інформації з космічних апаратів за рекомендацією CCSDS, системах рухомого радіозв'язку третього покоління UMTS і CDMA, системах цифрового телевізійного мовлення стандарту DVB-RCS, супутникових модемах, з підвищеною енергетичною ефективністю SDM-300a, CDM-550.

2.2 Аналіз ефективності завадостійкого кодування в радіоканалах зв'язку

Для дослідження були обрані: 1) модель радіоканалу при когерентному прийомі і частотної модуляцією з Гаусовим розподілом помилок і розподілом помилок при ймовірності $P = 0,25$ і $P = 0,75$, 2) Гідроакустичний канал є сильно зашумленими і вузько смуговим, помилки в каналі, для порівняння, взяті рівні $\rho_{\text{ош}} = 0,1$ і $\rho_{\text{ош}} = 0,01$. Тому на підставі цього для дослідження обрані циклічні і згорткові перешкодостійкі коди, згорткові коди з відносною швидкістю $R = 1/2$ і циклічні коди зі швидкістю близькою до швидкості $R=1/2$. Інші параметри модельного каналу зведені в таблицю 2.1.

Для проведення статистичних досліджень моделі системи передачі інформації (СПІ) необхідно задати параметри каналу: регулярну і випадкову складові відношення сигнал / перешкода; кратність рознесення; вид дискретної модуляції несучої сигналу, що передається; спосіб прийому; швидкість

					ЕЛІТ 8.171.00.10.283 ПЗ	Арк.
Зм..	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		37

завмирання в каналі, яка визначена як відношення швидкості передачі елементів сигналу до середньої швидкості замирання амплітуди сигналу (в програмі використовуються релеївське завмирання); порогові рівні (параметри відображення безперервного каналу в дискретний канал з трьома станами).

Прийнято рішення вважати параметрами модельного гідроакустичного каналу: частотна модуляція, некогерентний спосіб прийому. Такі параметри обрані на підставі того, що в передавальному тракті приймально-передавальної станції гідроакустичної зв'язку в модуляторах здійснюється амплітудна або частотна модуляції випромінюваного сигналу. А так само некогерентний спосіб прийому обраний у зв'язку з тим, що досліджуваний гідроакустичний канал - канал з великими втратами, постійними шумами, якість якого необхідно збільшувати. Для збільшення якості прийому необхідно використовувати завадостійке кодування. Тоді при когерентному прийомі ортогональних сигналів і ймовірності помилки 10^{-5} граничне значення ЕВК досягає 14,2 дБ, при некогерентному прийомі це значення ще вище. Існують декодери з м'яким і жорстким рішенням. Для моделі каналу обраний декодер з м'яким рішенням, тому що м'які рішення дозволяють забезпечити додатковий вигравш від кодування, але не більше 3 дБ і істотно менше при реальних відносинах сигнал / шум.

Таблиця 2.1 - Параметри модельного гідроакустичного каналу

H_p	H_c	M	Q	H_1	H_2
0	var	а) 1 б) 4	10^{-2}	mH_c	$0.25H_c$

Таблиця 2.2 - Параметри модельного радіоканалу

H_p	H_c	M	Q
Var	0	1	10^{-2}

де H_p - регулярна складова відносини сигнал / перешкода,

H_c - випадкова складова відносини сигнал / перешкода,

m - кратність рознесення,

Q - швидкість замирання в каналі, яка визначена як відношення швидкості передачі елементів сигналу до середньої швидкості замирання амплітуди сигналу,

параметри відображення безперервного каналу в дискретний канал з трьома станами: H_1 і H_2 - порогові рівні.

При моделюванні гідроакустичного і радіо каналів зв'язку слід враховувати кількість випробувань. Правильний вибір обсягу статистичних випробувань N_B з одного боку, дозволяє економно використовувати машинний час ЕОМ, а з іншого - забезпечити задану в масиві вихідних параметрів точність визначення оцінюваних величин. Мінімальна кількість кодових слів (або блоків) N_B для статистичних досліджень дискретного каналу (ДК) або пристрої захисту від помилок (УЗО, кодека) в залежності від середньої ймовірності помилки P (на виході каналу або на виході УЗО) визначається виразом

$$N_B = z_\alpha^2 \frac{P(1-P)}{\varepsilon_p^2 * n} \quad (2.1)$$

де n - довжина кодового слова;

ε_p - похибка оцінки в частках оцінюваної ймовірності P ; наприклад, якщо $\varepsilon_P = 0,1P$, то точність оцінки ймовірності становить 10%; z_α - визначається з двосторонньої статистики з нормованим нормальним розподілом

$$(1-\alpha) = \Phi(z_\alpha), \quad (2.2)$$

де $(1-\alpha)$ - міра надійності оцінки, або ймовірність того, що справжнє значення визначається середнього відстає від його оцінки не більше, ніж на величину ε_p . Наприклад, якщо α вибрати досить малим, так що $(1-\alpha) = 0,997$, то значення $z_\alpha = 2,95$.

Гідроакустичний канал. Для обробки результатів досліджень складена таблиця (таблиця 2.3), в якій відображені параметри досліджуваних кодів.

Таблиця 2.3 - Результати досліджень кодів

$\rho_{\text{ош}} = 0,01$					
Тип коду	m=1		m=4		ЭВК
	C_{max}	$K_{\text{ис max}}$	C_{max}	$K_{\text{ис max}}$	
Циклічний код (31,16)	0,515284	52,54192	0,504864	5,849462336	3,181
Циклічний код (63,36)	0,569838	35,88572	0,560214	9,476190302	5,34
Циклічний код (127,106)	0,8124	3,22177	0,561861	11,92481218	5,211

Циклічний код (36,18)	0,474699	2,75102039	0,492278	9,286885414	6,021
Циклічний код (64,32)	0,48205	4,09815947	0,492719	9,929824754	5,441
Циклічний код (134,67)	0,48899	7,41304408	0,493505	11,70000045	5,441

Тип коду	$\rho_{\text{ош}} = 0,1$			
	m=1		m=4	
	C_{max}	$K_{\text{ис max}}$	C_{max}	$K_{\text{ис max}}$
Циклічний код (31,16)	0,505496	5,806451561	0,505496	8,580645116
Циклічний код (63,36)	0,559535	8,3809524	0,565548	22,99999921
Циклічний код (127,106)	0,773557	1,438431901	0,807961	3,052418454
Циклічний код (36,18)	0,474055	2,172727274	0,488292	6,166666623
Циклічний код (64,32)	0,490595	9,785714209	0,4983	58,5000945
Циклічний код (134,67)	0,485959	5,99999904	0,491223	7,090909257

Для порівняння використаних кодів розглянуті такі параметри як: виграш від завадостійкого кодування ($K_{\text{ис}}$) і пропускну здатність (C).

На графіках зображено залежність параметрів $K_{\text{ис}}$ і C при зміні ставлення сигнал/шум на вході приймача.

Можливі такі графіки рис. 2.3-2.6, отримані при дослідженнях, ($m = 1$, $\rho_{\text{ош}} = 0,1$, некогерентний прийом).

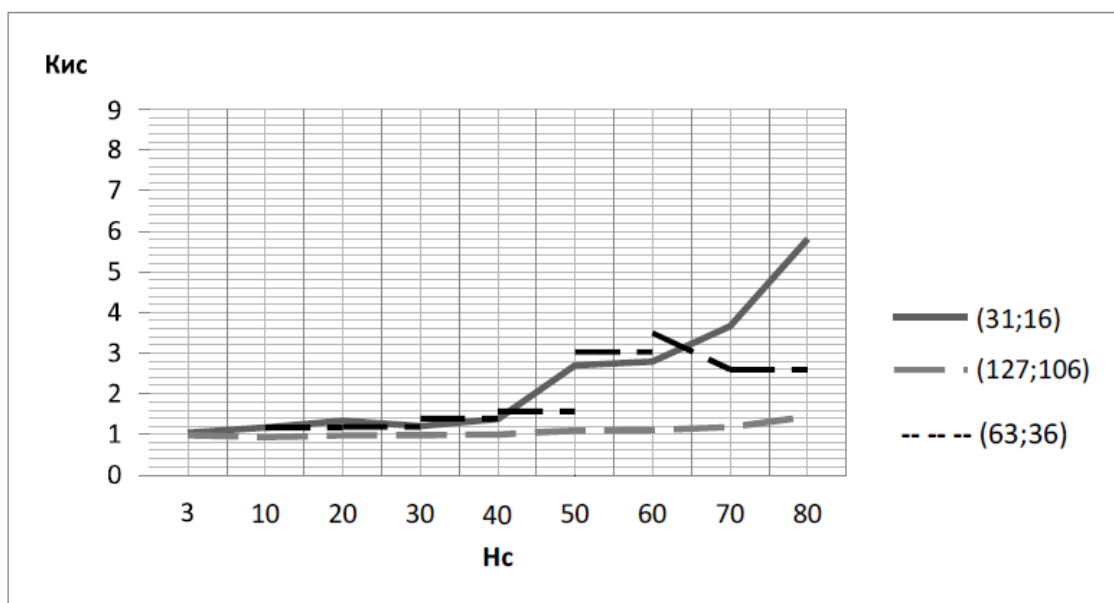


Рисунок 2.3 - Графік залежності $K_{\text{ис}} = f(H_c)$ для циклічних кодів

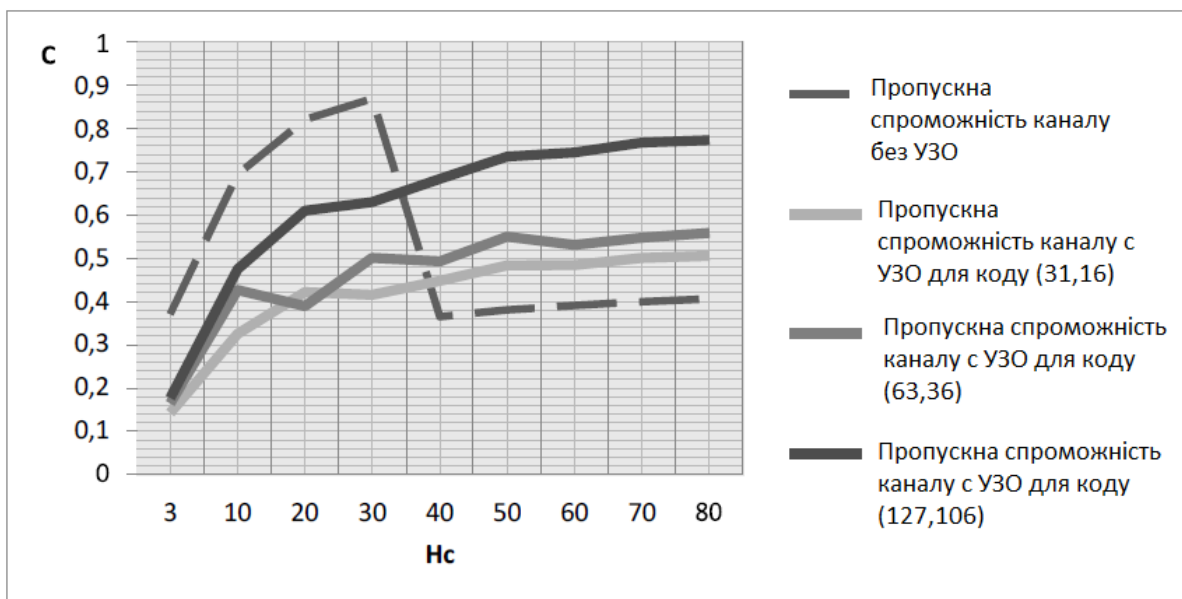


Рисунок 2.4 - Графік залежності $C = f(N_c)$ для циклічних кодів

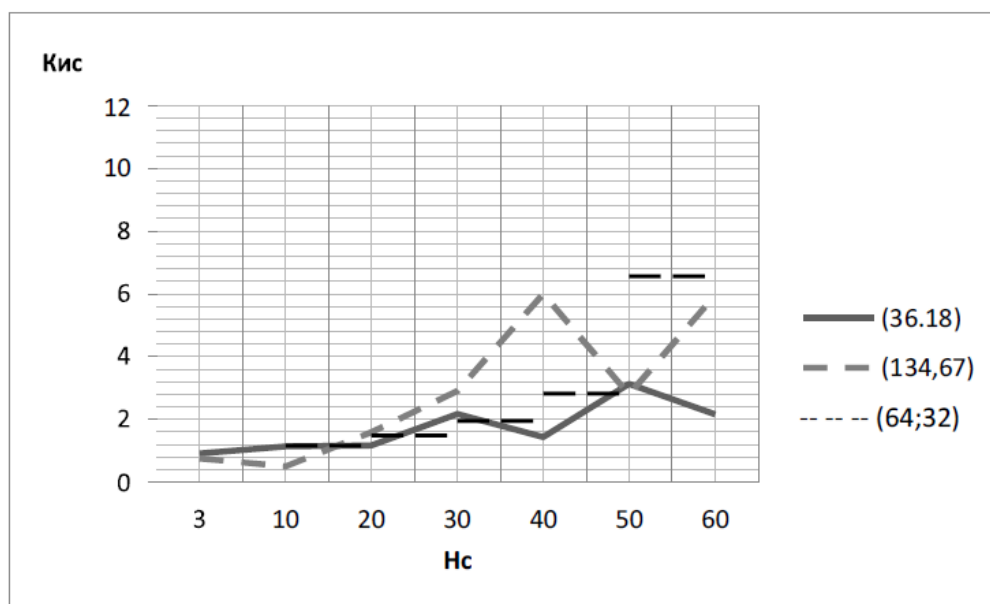


Рисунок 2.5 - Графік залежності $K_{ис} = f(N_c)$ для згорткових кодів

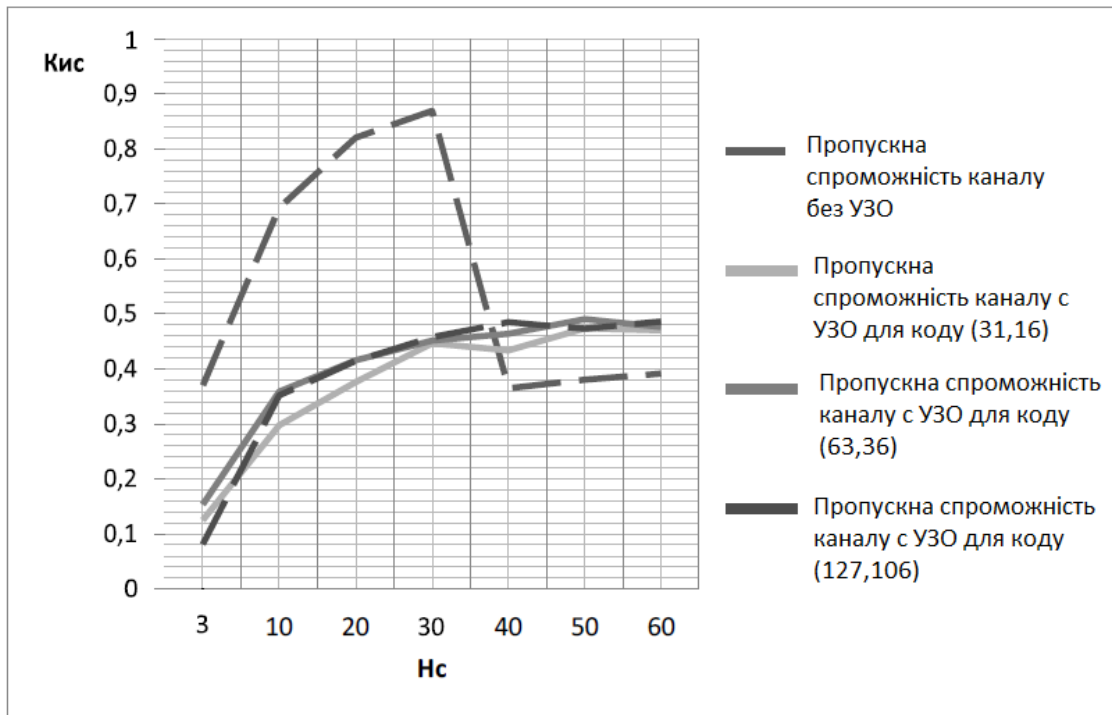


Рисунок 2.6 - Графік залежності $C = f(N_c)$ для згорткових кодів

Енергетичний вигравш від кодування (ЕВК) вказує на поліпшення якості системи зв'язку від використання даного способу кодування або методу захисту від помилок. У реальних системах зв'язку довжина коду і займана смуга частот обмежені, для цих умов може бути визначений асимптотический вигравш для даного коду, що залежить тільки від швидкості коду і кодового відстані. Розрахунок ЕВК здійснюється за формулою:

$$\text{ЕВК} = 10 \lg \left(\frac{h_1^2}{a \cdot h_2^2} \right), \text{ дБ} \quad (2.3)$$

где h_1^2, h_2^2 - відношення сигнал / шум в першій і другій порівнюваних системах зв'язку при однаковій ймовірності помилок на виході;

a - коефіцієнт, що вирівнює швидкість передачі інформації в порівнюваних системах.

Для каналів з жорстким рішенням (на виході демодулятора виконавчі символи 1 і 0):

$$\text{ЕВК} = 10 \lg \left(R \frac{d+1}{2} \right), \text{ дБ} \quad (2.4)$$

де d - кодова відстань;

R - швидкість коду.

Розрахунок ЕВК для циклічних кодів:

а. (31,16): $d = 7$ $R = 0.52$

$$\text{ЄВК} = 10 \lg \left(R * \frac{d+1}{2} \right) = 10 \lg \left(0.52 * \frac{7+1}{2} \right) = 3.181 \text{дБ}$$

б. (63,36): $d = 11$ $R = 0.57$

$$\text{ЄВК} = 10 \lg \left(R * \frac{d+1}{2} \right) = 10 \lg \left(0.57 * \frac{11+1}{2} \right) = 5.34 \text{дБ}$$

в. (127,106): $d = 7$ $R = 0.83$

$$\text{ЄВК} = 10 \lg \left(R * \frac{d+1}{2} \right) = 10 \lg \left(0.83 * \frac{7+1}{2} \right) = 5.211 \text{дБ}$$

Розрахунок ЄВК для згортувальних кодів:

а. (31,18): $d = 15$ $R = 0.5$

$$\text{ЄВК} = 10 \lg \left(R * \frac{d+1}{2} \right) = 10 \lg \left(0.5 * \frac{15+1}{2} \right) = 6.021 \text{дБ}$$

б. (64,32): $d = 13$ $R = 0.5$

$$\text{ЄВК} = 10 \lg \left(R * \frac{d+1}{2} \right) = 10 \lg \left(0.57 * \frac{13+1}{2} \right) = 5.441 \text{дБ}$$

в. (134,67): $d = 13$ $R = 0.5$

$$\text{ЄВК} = 10 \lg \left(R * \frac{d+1}{2} \right) = 10 \lg \left(0.5 * \frac{13+1}{2} \right) = 5.441 \text{дБ}$$

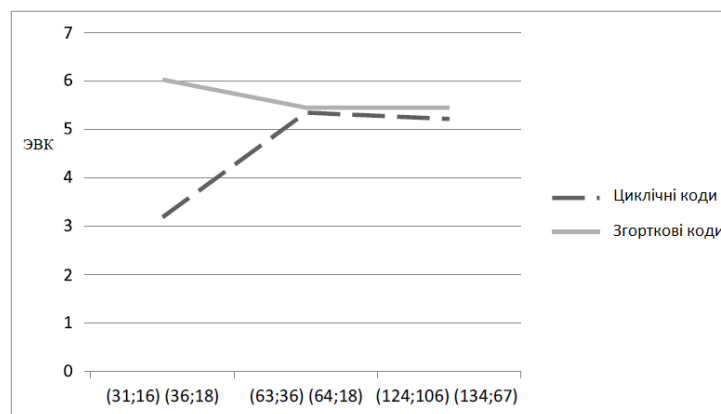


Рисунок 2.7 - Енергетичний виграш від кодування циклічними і згортковими кодами

Статистичні дослідження показали, що при ймовірності помилок в каналі $\rho_{\text{шо}} = 0,1$, які близькі до розглянутого сильно зашумлення гідроакустичного каналу, підвищення достовірності інформації що передавалась, ефективніше забезпечують згорткові коди з пороговим ітераційним декодуванням, в порівнянні з циклічними кодами з декодуванням за алгоритмом Берлікемпа-Мессі. Такий висновок зроблено на підставі того, що ЄВК при застосуванні

згортальних кодів становить від 0 до 3 дБ, що дозволить зменшити потужність передавача.

Радіоканал. Для порівняння були обрані кілька циклічних і згорткових кодів з різною довжиною кодового слова. результати моделювання представлені в Таблицях 2.4-2.28. За даними таблиці складені графіки, представлені на Рисунках 2.8-2.15.

У таблицях 2.4-2.27 представлені результати ймовірностей помилок СПІ без кодування і з використанням завадостійкого кодування. У таблиці 2.28 представлені значення ЕВК СПІ з різними кодами, за порівняно з системою без кодування.

Таблиця 2.4 - Результати моделювання для циклічного коду 15,7 для ймовірності $P = 0,25$.

N_p	0,5	1	1,5	2	2,5
$P_{ВХ}$	0,3818	0,30946666	0,237	0,1866	0,1466
$P_{ВИХ}$	0,3944285714	0,322	0,2348571429	0,1657142857	0,1065714286
N_p	3	3,5	4	4,5	5
$P_{ВХ}$	0,11104	0,0876133	0,06832	0,05236667	0,04175333
$P_{ВИХ}$	0,0644285714	0,0370428571	0,0199857143	0,010428571	0,0063142857

Таблиця 2.5 - Результати моделювання для циклічного коду 31,16 для ймовірності $P = 0,25$.

N_p	0,5	1	1,5	2	2,5
$P_{ВХ}$	0,3895548387	0,3026354839	0,2367129032	0,184083871	0,1435258065
$P_{ВИХ}$	0,39681875	0,3149	0,24785	0,18950625	0,13413125
N_p	3	3,5	4	4,5	5
$P_{ВХ}$	0,1120677419	0,0863354839	0,0680677419	0,0529774194	0,0410741935
$P_{ВИХ}$	0,08799375	0,04929375	0,0277375	0,0134875	0,00599375

Таблиця 2.6 - Результати моделювання для циклічного коду 63,30 для ймовірності $P = 0,25$.

N_p	0,5	1	1,5	2	2,5
$P_{ВХ}$	0,389633333	0,3033857143	0,2368047619	0,1842984127	0,1434968254
$P_{ВИХ}$	0,393633333	0,3094066667	0,2450833333	0,190096667	0,13967
N_p	3	3,5	4	4,5	5
$P_{ВХ}$	0,1110761905	0,0871587302	0,06782222	0,05249523281	0,040831746

$P_{\text{вих}}$	0,0843566667	0,04287	0,01793333	0,0060133333	0,0018366667
------------------	--------------	---------	------------	--------------	--------------

Таблиця 2.7 - Результати моделювання для циклічного коду 127,64 для ймовірності $P = 0,25$.

H_p	0,5	1	1,5	2	2,5
$P_{\text{вх}}$	0,0389029921	0,3033984252	0,235280315	0,183288189	0,1428692913
$P_{\text{вих}}$	0,3907359375	0,30665	0,2388640625	0,188196875	0,1469859375
H_p	3	3,5	4	4,5	5
$P_{\text{вх}}$	0,1111645669	0,0867015748	0,0677472441	0,0529188976	0,0410354331
$P_{\text{вих}}$	0,1056625	0,060671875	0,0253578125	0,0074453125	0,00149375

Таблиця 2.8 - Результати моделювання для згорткового коду 14,7 для ймовірності $P = 0,25$.

H_p	0,5	1	1,5	2	2,5
$P_{\text{вх}}$	0,3895071429	0,3043785714	0,2343142857	0,1858928571	0,1427
$P_{\text{вих}}$	0,4413714286	0,3813714286	0,3126571429	0,2470571429	0,1809714286
H_p	3	3,5	4	4,5	5
$P_{\text{вх}}$	0,1114071429	0,0875642857	0,0677	0,0535357143	0,0411785714
$P_{\text{вих}}$	0,1277714286	0,0865	0,0580571429	0,0374714286	0,0222857143

Таблиця 2.9 - Результати моделювання для згорткового коду 30,15 для ймовірності $P = 0,25$.

H_p	0,5	1	1,5	2	2,5
$P_{\text{вх}}$	0,38921	0,3022266667	0,2373266667	0,18403	0,1424
$P_{\text{вих}}$	0,44194	0,3814866667	0,3179066667	0,2501133333	0,18302
H_p	3	3,5	4	4,5	5
$P_{\text{вх}}$	0,1117733333	0,08655	0,06718	0,0531	0,0406833333
$P_{\text{вих}}$	0,12876	0,0880533333	0,0548266667	0,0378933333	0,02214

Таблиця 2.10 - Результати моделювання для згорткового коду 62,31 для ймовірності $P = 0,25$.

H_p	0,5	1	1,5	2	2,5
$P_{\text{вх}}$	0,3897983871	0,3029629032	0,2353919355	0,1842467742	0,1431193548
$P_{\text{вих}}$	0,418483871	0,3499387097	0,2817064516	0,2177225806	0,1518032258
H_p	3	3,5	4	4,5	5

$P_{ВХ}$	0,1119451613	0,0870645161	0,0678225806	0,0525435484	0,0409451613
$P_{ВИХ}$	0,0981516129	0,0574193548	0,0312903226	0,0164193548	0,0082645161

Таблиця 2.11 - Результати моделювання для згорткового коду 134,67 для ймовірності $P = 0,25$.

H_p	0,5	1	1,5	2	2,5
$P_{ВХ}$	0,0389045522	0,3033626866	0,2365574627	0,1839134328	0,1435492537
$P_{ВИХ}$	0,4287686567	0,3688492537	0,3181955224	0,2643104478	0,2100029851
H_p	3	3,5	4	4,5	5
$P_{ВХ}$	0,1118067164	0,0869365672	0,0675567164	0,0525350746	0,0411567164
$P_{ВИХ}$	0,1478373134	0,0892014925	0,04171029851	0,0221223881	0,0103014925

Таблиця 2.12 - Результати моделювання для циклічного коду 15,7 для ймовірності $P = 0,5$.

H_p	0,5	1	1,5	2	2,5
$P_{ВХ}$	0,22568	0,14964	0,1104	0,074753	0,05846667
$P_{ВИХ}$	0,220028571	0,11472857	0,0623	0,02634286	0,01278571
H_p	3	3,5	4	4,5	5
$P_{ВХ}$	0,03942667	0,03006	0,021753333	0,01688	0,01126
$P_{ВИХ}$	0,00528571	0,00204286	0,001085714	0,00027143	0,00021429

Таблиця 2.13 - Результати моделювання для циклічного коду 31,16 для ймовірності $P = 0,5$.

H_p	0,5	1	1,5	2	2,5
$P_{ВХ}$	0,224925807	0,14993226	0,11009355	0,07448387	0,0547
$P_{ВИХ}$	0,22800625	0,1355125	0,07861875	0,0313875	0,0136
H_p	3	3,5	4	4,5	5
$P_{ВХ}$	0,0402	0,03042903	0,021332258	0,01711935	0,01085806
$P_{ВИХ}$	0,005325	0,00199375	0,00058125	0,00035	0,00001875

Таблиця 2.14 - Результати моделювання для циклічного коду 63,30 для ймовірності $P = 0,5$.

H_p	0,5	1	1,5	2	2,5
$P_{ВХ}$	0,224612698	0,15000476	0,10985556	0,07474127	0,0550254
$P_{ВИХ}$	0,23252	0,14684333	0,08294667	0,02651667	0,00820667
H_p	3	3,5	4	4,5	5

$P_{ВХ}$	0,04043016	0,03009841	0,021157143	0,01693651	0,01085873
$P_{ВИХ}$	0,00163333	0,00038333	0,000033333	0,00002	0

Таблиця 2.15 - Результати моделювання для циклічного коду 127,64 для ймовірності $P = 0,5$.

H_p	0,5	1	1,5	2	2,5
$P_{ВХ}$	0,225055118	0,14987165	0,11055512	0,07480079	0,05523228
$P_{ВИХ}$	0,229248438	0,15443438	0,10465156	0,03733594	0,00919531
H_p	3	3,5	4	4,5	5
$P_{ВХ}$	0,04004646	0,0300874	0,02167874	0,01703543	0,01099685
$P_{ВИХ}$	0,00124219	0,000125	2,96875E-05	0	0

Таблиця 2.16 - Результати моделювання для згорткового коду 14,7 для ймовірності $P = 0,5$.

H_p	0,5	1	1,5	2	2,5
$P_{ВХ}$	0,22585	0,14938571	0,11035714	0,07439286	0,05482857
$P_{ВИХ}$	0,298828571	0,1895	0,12707143	0,06764286	0,0381
H_p	3	3,5	4	4,5	5
$P_{ВХ}$	0,04008571	0,02969286	0,021835714	0,01641429	0,01065714
$P_{ВИХ}$	0,02214286	0,01154286	0,005914286	0,00385714	0,0015

Таблиця 2.17 - Результати моделювання для згорткового коду 30,15 для ймовірності $P = 0,5$.

H_p	0,5	1	1,5	2	2,5
$P_{ВХ}$	0,225606667	0,14942333	0,10936667	0,0755333	0,05491333
$P_{ВИХ}$	0,304093333	0,19774	0,12629333	0,06960667	0,03986667
H_p	3	3,5	4	4,5	5
$P_{ВХ}$	0,04017667	0,02943667	0,02168	0,01699	0,01726667
$P_{ВИХ}$	0,02246667	0,01196667	0,006426667	0,00418	0,00180667

Таблиця 2.18 - Результати моделювання для згорткового коду 62,31 для ймовірності $P = 0,5$.

H_p	0,5	1	1,5	2	2,5
$P_{ВХ}$	0,225248387	0,15038387	0,11008871	0,07506129	0,05471452
$P_{ВИХ}$	0,270990323	0,16452903	0,09453548	0,04014194	0,01753548
H_p	3	3,5	4	4,5	5

P_{BX}	0,04006935	0,03021935	0,021424194	0,01723226	0,01079032
$P_{ВИХ}$	0,00762903	0,00311613	0,001316129	0,00075484	0,00022903

Таблиця 2.19 - Результати моделювання для згорткового коду 134,67 для ймовірності $P = 0,5$.

H_p	0,5	1	1,5	2	2,5
P_{BX}	0,224845522	0,15018731	0,11033209	0,07530522	0,0550194
$P_{ВИХ}$	0,307952239	0,21925522	0,14460149	0,06137164	0,02477015
H_p	3	3,5	4	4,5	5
P_{BX}	0,03990373	0,03015373	0,021426866	0,01702761	0,01102612
$P_{ВИХ}$	0,00953881	0,00405075	0,001247761	0,00067463	0,00016866

Таблиця 2.20 - Результати моделювання для циклічного коду 15,7 для ймовірності $P = 0,75$.

H_p	0,5	1	1,5	2	2,5
P_{BX}	0.38678	0.30396	0.237713333	0.18526666	0.01445
$P_{ВИХ}$	0.3995857143	0.3152	0.2385571429	0.1620857143	0.1060142857
H_p	3	3,5	4	4,5	5
P_{BX}	0.11104	0.08666	0.06696	0.05338	0.04102666
$P_{ВИХ}$	0.0629571429	0.0374857143	0.0194	0.0110714286	0.0057

Таблиця 2.21 - Результати моделювання для циклічного коду 31,16 для ймовірності $P = 0,75$.

H_p	0,5	1	1,5	2	2,5
P_{BX}	0.3891387097	0.3023193548	0.2372774194	0.1832806452	0.1431387097
$P_{ВИХ}$	0.39615625	0.31394375	0.25010625	0.1889375	0.13361875
H_p	3	3,5	4	4,5	5
P_{BX}	0.1106516129	0.086983871	0.0681451613	0.0523870968	0.0414451613
$P_{ВИХ}$	0.085875	0.0510625	0.026925	0.01289375	0.0065125

Таблиця 2.22 - Результати моделювання для циклічного коду 63,30 для ймовірності $P = 0,75$.

H_p	0,5	1	1,5	2	2,5
P_{BX}	0.3900015873	0.3040603175	0.2358857143	0.1842746032	0.1428650794
$P_{ВИХ}$	0.3941233333	0.309976667	0.2431566667	0.1901566667	0.13695
H_p	3	3,5	4	4,5	5

P _{ВХ}	0.1120555556	0.0864047619	0.0674603175	0.05299968254	0.0409222222
P _{ВИХ}	0.08699	0.04294	0.01861	0.0065033333	0.0020633333

Таблиця 2.23 - Результати моделювання для циклічного коду 127,64 для ймовірності P = 0,75.

H _p	0,5	1	1,5	2	2,5
P _{ВХ}	0.3892110236	0.3031559055	0.236176378	0.1831598425	0.1430086614
P _{ВИХ}	0.3916609375	0.306365625	0.2400171875	0.1880609375	0.14729375
H _p	3	3,5	4	4,5	5
P _{ВХ}	0.1117023622	0.087080315	0.0680188976	0.0526141732	0.0408519685
P _{ВИХ}	0.106428125	0.0617765625	0.02580625	0.0071359375	0.00175

Таблиця 2.24 - Результати моделювання для згорткового коду 14,7 для ймовірності P = 0,75.

H _p	0,5	1	1,5	2	2,5
P _{ВХ}	0,39015	0,3030857143	0,023665	0,1854928571	0,14215
P _{ВИХ}	0,4405428571	0,3805857143	0,3138714286	0,2491571429	0,1781857143
H _p	3	3,5	4	4,5	5
P _{ВХ}	0,1131071429	0,0862714286	0,0668	0,0527714286	0,0411071429
P _{ВИХ}	0,1290285714	0,0847571429	0,0545285714	0,0358571429	0,0214

Таблиця 2.25 - Результати моделювання для згорткового коду 30,15 для ймовірності P = 0,75.

H _p	0,5	1	1,5	2	2,5
P _{ВХ}	0,0389276667	0,30294	0,2342933333	0,1848766667	0,1431733333
P _{ВИХ}	0,4437533333	0,3817866667	0,3149333333	0,2502066667	0,1839066667
H _p	3	3,5	4	4,5	5
P _{ВХ}	0,1115466667	0,0868233333	0,0679366667	0,0524766667	0,0410466667
P _{ВИХ}	0,1295066667	0,0883066667	0,0585266667	0,0362733333	0,02268

Таблиця 2.26 - Результати моделювання для згорткового коду 62,31 для ймовірності P = 0,75.

H _p	0,5	1	1,5	2	2,5
P _{ВХ}	0,3885822581	0,3027209677	0,2357951613	0,1840532258	0,1429080645
P _{ВИХ}	0,4189193548	0,3493387097	0,2831516129	0,2148935484	0,1504193548
H _p	3	3,5	4	4,5	5

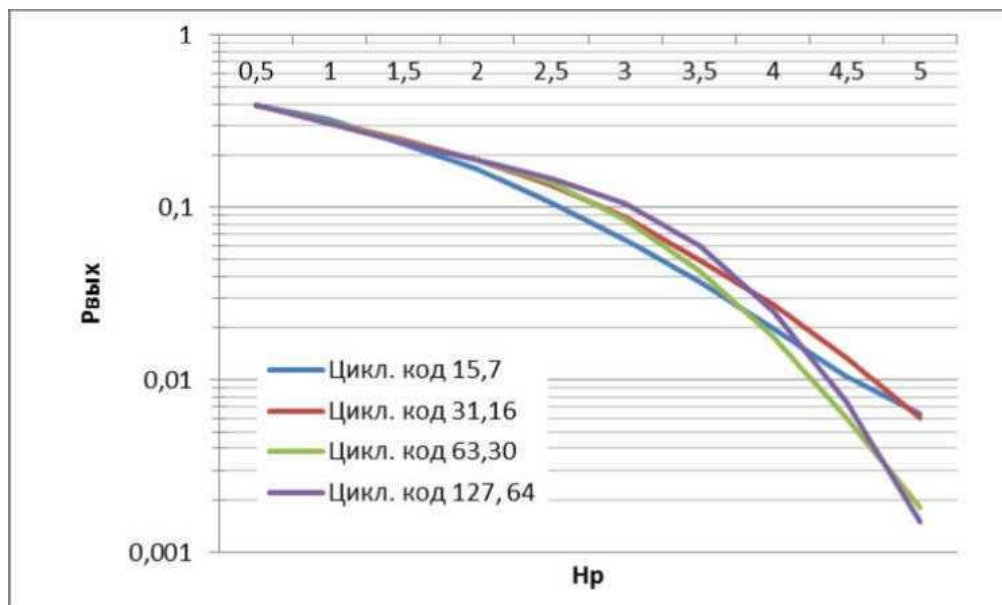
$P_{ВХ}$	0,1121274194	0,0870016129	0,0678806452	0,0529516129	0,0412983871
$P_{ВИХ}$	0,0989387097	0,0569580645	0,0312548387	0,016587097	0,008183871

Таблиця 2.27 - Результати моделювання для згорткового коду 134,67 для ймовірності $P = 0,75$.

H_p	0,5	1	1,5	2	2,5
$P_{ВХ}$	0,389288806	0,303441791	0,2364164179	0,1836723881	0,1436447761
$P_{ВИХ}$	0,4280970149	0,3694686567	0,3176402985	0,2643477612	0,2092925373
H_p	3	3,5	4	4,5	5
$P_{ВХ}$	0,1113656716	0,0873492537	0,0676910448	0,0527268657	0,0412731343
$P_{ВИХ}$	0,1473432836	0,0897537313	0,0467791045	0,0230507463	0,0101970149

Таблиця 2.28 - ЕВК для різних типів кодів.

П		15	30	60	130
P=0,25	ЦК	-0,212	0,226	-0,124	0,122
	СК	-1,072	-1,072	0,088	-1,072
P=0,5	ЦК	0,211892991	0,649408069	2,798406966	3,044362444
	СК	0,087739243	0,087739243	0,087739243	1,426675036
P=0,75	ЦК	-0,212	0,226	-0,124	0,122
	СК	-1,072	-1,072	0,088	-1,072



Рисунки 2.8 - Графік залежності ймовірності помилки на виході СП $P_{ВИХ}$ від відношення сигнал / шум H_p при $P = 0,25$ для циклічного коду.

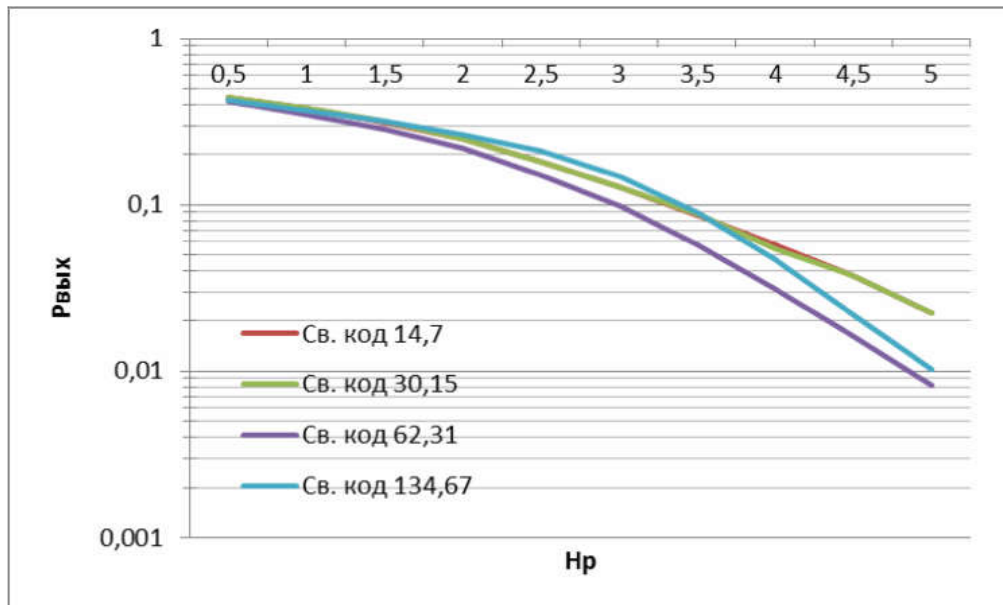


Рисунок 2.9 - Графік залежності ймовірності помилки на виході СПІ $P_{\text{вих}}$ від відношення сигнал / шум N_p при $P = 0,25$ для згорткового коду.

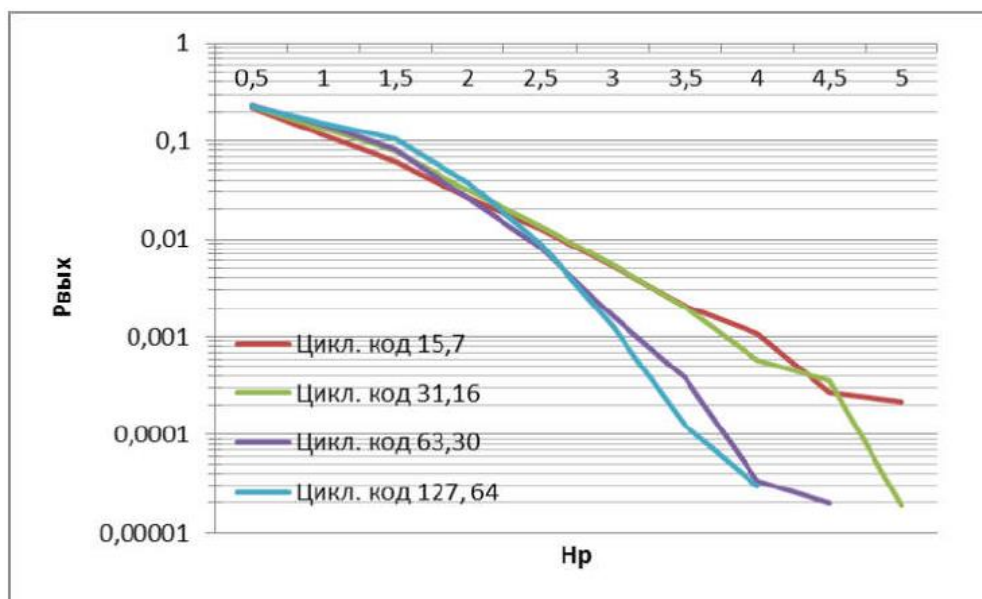


Рисунок 2.10 - Графік залежності ймовірності помилки на виході СПІ $P_{\text{вих}}$ від відношення сигнал / шум N_p при $P = 0,5$ для циклічного коду.

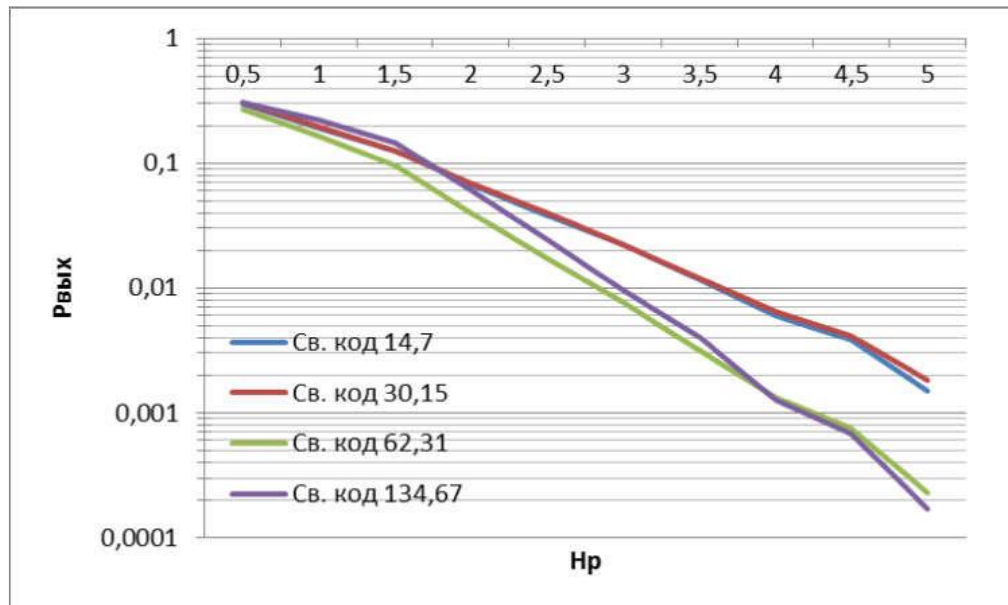


Рисунок 2.11 - Графік залежності ймовірності помилки на виході СПИ $P_{\text{вих}}$ від відношення сигнал / шум H_p при $P = 0,5$ для згорткового коду.

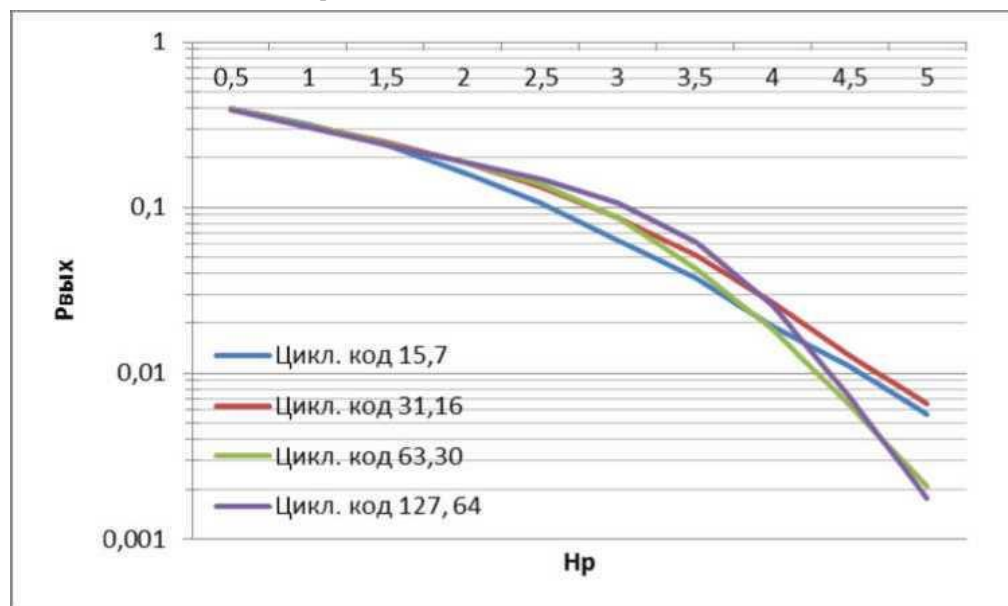


Рисунок 2.12 - Графік залежності ймовірності помилки на виході СПИ $P_{\text{вих}}$ від відношення сигнал / шум H_p при $P = 0,75$ для циклічного коду.

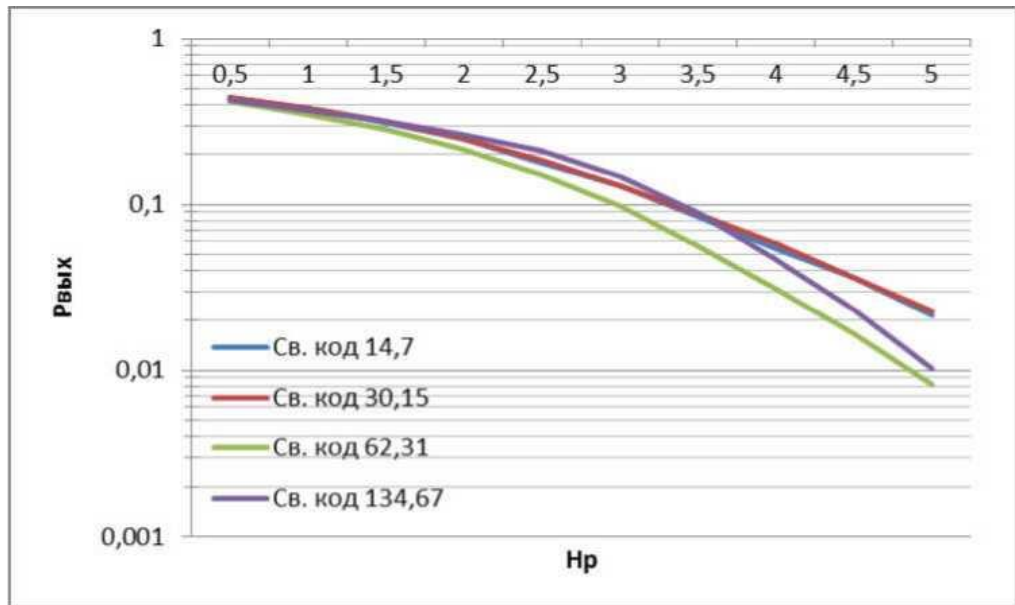


Рисунок 2.12 - Графік залежності ймовірності помилки на виході СПІ $P_{\text{вих}}$ від відношення сигнал / шум H_p при $P = 0,75$ для згорткового коду.

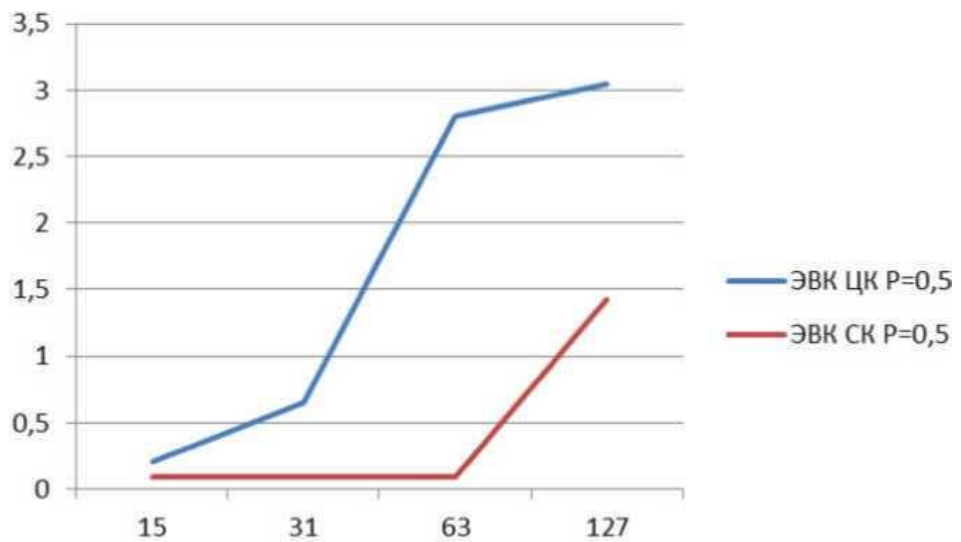


Рисунок 2.13 - Графік залежності ЕВК від довжини кодового слова n для ймовірності $P = 0,5$.

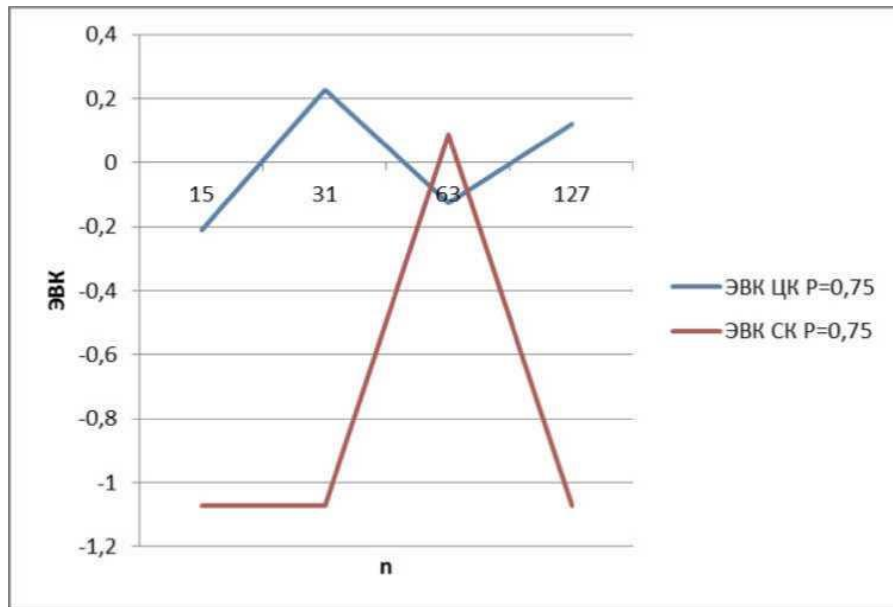


Рисунок 2.14 - Графік залежності ЕВК від довжини кодового слова n для ймовірності $P = 0,25$.

3 РОЗРОБКА РАДІОМОДЕМА СИСТЕМИ ДИСПЕТЧЕРСЬКОГО УПРАВЛІННЯ НА БАЗІ РАДІОМЕРЕЖІ

3.1 Розробка алгоритму функціонування пристрою

Принцип роботи радіомодема системи диспетчерського управління на базі радіомережі полягає в двосторонньому обміні даними з базовою станцією. У стані очікування радіомодем перебуває в режимі прийому даних від базової станції, також відбувається прийом і аналіз керуючих команд від сервера, до якого підключений радіомодем. При надходженні від базової станції запиту на з'єднання радіомодем встановлює з'єднання і відбувається передача даних від базової станції до сервера чи іншого пристрою-отримувача даних (комп'ютер, мікроконтролер, тощо). При надходженні від сервера команди на передачу даних радіомодем переходить в режим передачі. Розглянемо цей випадок більш детально.

Схему алгоритму роботи радіомодема в режимі передачі даних представлено на рисунку 3.1.

Перебуваючи в режимі очікування радіомодем проводить циклічне опитування інтерфейсів обміну даними з сервером та радіоканалом. Якщо від сервера через комунікаційний порт надійшла команда про пересилку даних, то модем переходить в режим передачі даних. Наступним кроком роботи є надсилання запиту на встановлення з базовою станцією з'єднання та очікування відповіді. По закінченню часового інтервалу очікування проводиться перевірка надходження відповіді від базової станції. Якщо відповідь не надійшла, то відбувається перевірка кількості спроб з'єднання; при досягненні максимальної кількості спроб з'єднання система завершує цикл з сигналом про помилку з'єднання; в протилежному випадку відбувається повторна спроба з'єднання з базовою станцією. При успішному встановленні з'єднання модем проводить передачу даних, після чого надсилає запит базовій станції на підтвердження про одержання пакету даних.

Після передачі даних радіомодем переключається в режим прийому даних і очікує надходження підтвердження від базової станції про одержання пакету даних. У разі відсутності зворотного пакету даних з відповіддю на перевищення максимального часу очікування відповіді робота цикл завершається з сигналом про помилку з'єднання, про що надсилається повідомлення на сервер.

					ЕЛІТ 8.171.00.10.283 ПЗ	Арк.
Зм..	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		55

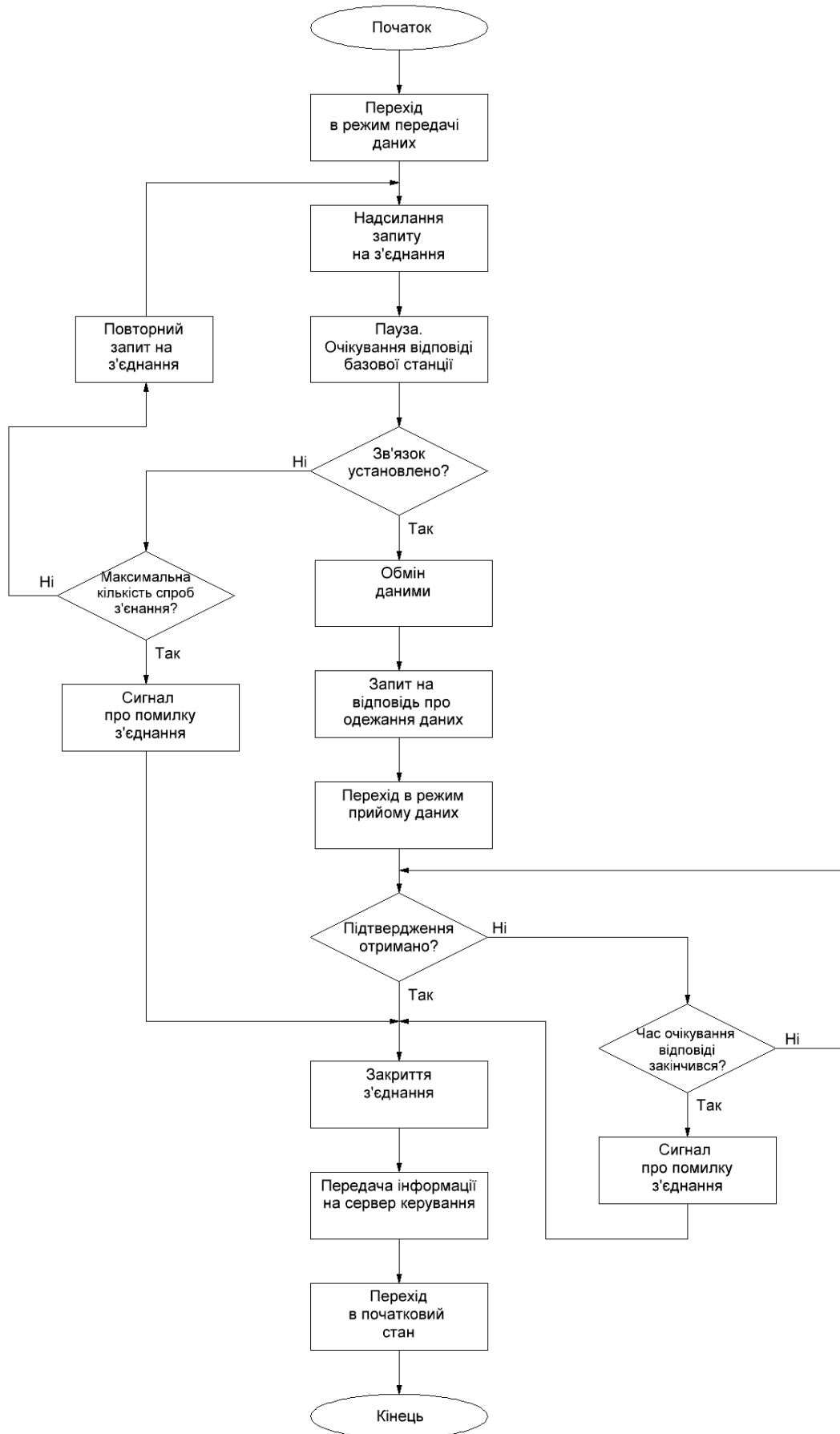


Рисунок 2.1 – Блок-схема алгоритму роботи радіомодема в режимі передачі даних

При успішному обміні даними модем одержує від базової станції підтвердження про одержання даних, цикл передачі завершується і робота модема продовжується в нормальному режимі.

3.2 Розробка структурної схеми пристрою

Структурна схема радіомодема системи диспетчерського управління представлена на рис. 3.2. З урахуванням алгоритму роботи пристрою та виходячи з аналізу літературних даних було визначено основні структурні блоки, яких складається модем: центральний сигнальний процесор, комунікаційний інтерфейс «сервер-модем», модулятор-демодулятор сигналу, передавач радіосигналу, приймач радіосигналу.

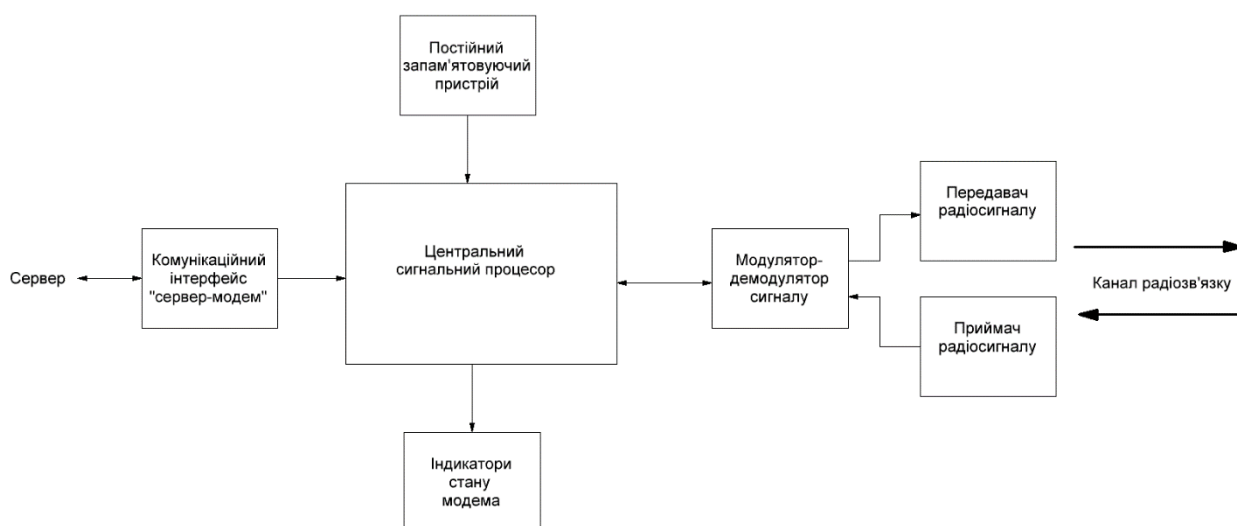


Рисунок 3.2 – Структурна схема радіомодема

Центральний сигнальний процесор виконує функції керування, прийому-передачі даних від сервера в канал зв'язку і в зворотному напрямі, контролю обміну даними, контролю параметрів передачі даних.

Постійний запам'ятовуючий пристрій є невід'ємною частиною центрального сигнального процесора і призначений для зберігання даних про параметри з'єднання з базовою станцією.

Комунікаційний інтерфейс «сервер-модем» призначений для обміну даними між сервером та центральним сигнальним процесором радіомодема. В залежності від потреб користувача модем може бути оснащений кількома інтерфейсами передачі даних, наприклад RS-232, RS-485, USB, Ethernet.

Допоміжними складовими є індикатори стану модема, що візуально виводять інформацію про стан з'єднання, режим роботи прийом/передача, сигнал про помилку.

Модулятор-демодулятор сигналу — пристрій, що здійснює процес зміни одного або кількох параметрів високочастотного модульованого коливання за законом низькочастотного інформаційного сигналу (модуляція) та зворотне перетворення (демодуляція). Приймач та передавач призначені для обміну сигналами по радіоканалу зв'язку.

3.3 Розробка функціональної схеми пристрою

Вибір функціональних блоків радіомодема варто проводити з урахуванням технічних вимог до пристрою та протоколів обміну, по яким відбувається передача даних між модемом та сервером, та обмін даними по радіоканалу.

Вибір радіоканалу передачі даних. Для застосування в мережах загального користування доцільно використовувати GPRS-технологію передачі даних, що підтримується мережами стільникового зв'язку.

В даний час передача даних по GSM каналам організована таким чином: абоненту виділяється окремий канал, який використовується системою для передачі голосу, за допомогою модему, вбудованого в мобільний термінал, відбувається передача даних через цей канал, при цьому в проміжках між передачею даних канал залишається зайнятим. GPRS (General Packet Radio Service) - це система, яка реалізує і підтримує протокол пакетної передачі інформації в рамках мережі стільникового зв'язку GSM. При використанні системи GPRS інформація збирається в пакети і передається в ефір, вони заповнюють ті "порожнечі" (які не використовуються в даний момент голосові канали), які завжди є в проміжках між розмовами абонентів, а використання відразу декількох голосових каналів забезпечує високі швидкості передачі даних. При цьому етап встановлення з'єднання займає кілька секунд. В цьому і полягає принципова відмінність режиму пакетної передачі даних. В результаті у абонента з'являється можливість передавати дані, не займаючи канали в проміжках між передачею даних, більш ефективно використовуються ресурси мережі.

Сучасні GPRS-модеми випускаються як модульне рішення, що включає в своєму складі модулятор-демодулятор сигналу, блоки фільтрів, підсилювачів сигналу, приймач та передавач сигналу та вихід для антени. Таким чином для

					ЕЛІТ 8.171.00.10.283 ПЗ	Арк.
Зм..	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		58

підключення GPRS-модема до мікроконтролера використовується інтерфейс, передбачений виробником.

Вибір інтерфейсу зв'язку сервера з радіомодемом. Обмін даними між радіомодемом та сервером може здійснюватися за допомогою різних дротових інтерфейсів передачі даних, вибір яких залежить від вимог користувача та побудови системи передачі даних в цілому. Виходячи з аналізу літературних даних та технічних характеристик існуючих радіомодемів для застосування в радіомодемі системи диспетчерського управління, що розробляється в даному проекті було обрано інтерфейси Ethernet та RS-232.

Як було зазначено в постановці задачі проектування, застосування інтерфейсу RS-232 передбачено при обміні даними безпосередньо з одним пристроєм (ПЛК, датчик, одноплатний комп'ютер, тощо). При більш складній конфігурації обладнання на об'єкті керування і наявності локальної мережі Ethernet, що об'єднує датчики, ПЛК та інші пристрої, для підключення цієї системи до GPRS-радіомодему доцільно використовувати також Ethernet.

Промисловий протокол Ethernet (EtherNet / IP) - відкритий промисловий мережевий стандарт, який підтримує неявний обмін повідомленнями (обмін повідомленнями введення / виведення в реальному часі), явний обмін (обмін повідомленнями) або обидва і використовує широко поширені комерційні чіпи зв'язку Ethernet і фізичні носії. Оскільки технологія Ethernet використовується з середини 1970-их і широко практикується в усьому світі, то продукти Ethernet підтримує велику кількість постачальників. Використовуючи продукти Ethernet, ви не тільки прямуєте за загальним напрямком сучасної технології, - у вас є можливість мати доступ до всіх пристроїв рівня даних з Internet. EtherNet / IP виник через високий попит на використання мережі Ethernet для додатків управління.

EtherNet / IP - відкрита мережа, оскільки вона використовує:

- Стандарт IEEE 802.3 для фізичного носія і рівня даних.
- Блок протоколів стандарту Ethernet TCP / IP (протокол контролю передачі / протокол Internet), - промисловий стандарт Ethernet.
- Інформаційно-керуючий протокол (CIP) - протокол, який забезпечує обмін повідомленнями введення / виведення в реальному часі і прямий обмін інформаційними повідомленнями. Мережі ControlNet і DeviceNet також використовують CIP.

TCP / IP - протокол транспортного і мережного рівнів Internet і широко пов'язаний з мережами Ethernet і діловим світом. TCP / IP забезпечує набір

					ЕЛІТ 8.171.00.10.283 ПЗ	Арк.
Зм..	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		59

сервісів, які, для спільного використання даних, можуть використовувати будь-які два пристрої. Оскільки технологія Ethernet і стандартні блоки протоколу, наприклад, TCP / IP опубліковані для громадського використання, то стандартизовані сервісні програми та фізичні носії виробляються масово і легко доступні, що дає вам дві переваги: відома технологія та доступність.

UDP / IP (протокол датаграм користувача), також використовується спільно з мережею Ethernet. UDP / IP забезпечує швидку, ефективну доставку даних, необхідну для обміну даними в реальному часі.

Приклад організації мережі в АСУ ТП з використанням Ethernet представлено на рис.3.3.

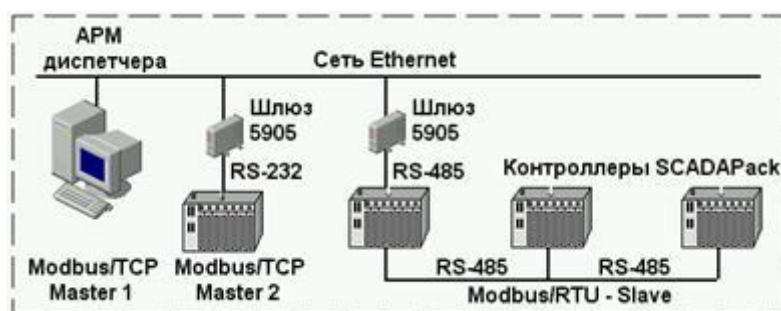


Рисунок 3.3 – Використання мережі Ethernet в складі АСУ ТП.

RS-232 — стандарт інтерфейсу обміну даними між двома пристроями шляхом послідовної передачі даних (асинхронний зв'язок або синхронний зв'язок), знаходить використання у послідовних портах комп'ютерів та інших пристроях.

Стандарт визначає номенклатуру ланцюгів та технічні вимоги до них (типи з'єднувачів, призначення їх контактів, робочі напруги і т. д.), що використовуються для з'єднання двох класів пристроїв:

- Кінцеве обладнання обробки інформації, наприклад, термінал чи послідовний порт COM1 персонального комп'ютера;
- Кінцеве устаткування лінії зв'язку, наприклад, модем.

Стандарт не визначає швидкості передачі. Загальноприйнята швидкість передачі для RS-232 — 9600 біт/сек на відстань до 15 м. Сучасні пристрої підтримують швидкість 115 кбіт/сек та більше.

У загальному випадку описує чотири інтерфейсні функції:

- визначення керуючих сигналів через інтерфейс;
- визначення формату даних користувача, переданих через інтерфейс;
- передачу тактових сигналів для синхронізації потоку даних;

- формування електричних характеристик інтерфейсу.

Фізичний інтерфейс. В стандарті RS-232 дані передаються у вигляді часової послідовності бітів. Стандарт підтримує синхронну та асинхронну передачу даних.

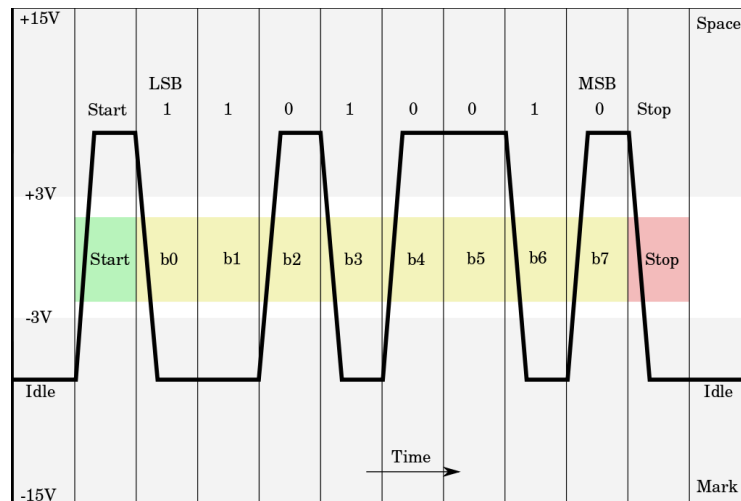


Рисунок 3.4 – Осцилограма рівнів напруги при передачі символу «К» (0x4B в ASCII). 1 старт-біт, 8 біт даних і 1 стоп-біт.

Рівні напруги. Стандарт RS-232 визначає рівні напруги, що відповідають логічним рівням «0» і «1». Допустимий діапазон значень напруги для логічної «1» складає від -3 до -15 В, для логічного «0» — від 3 до 15 В відносно загальної землі («GND»). Значення напруги від -3 до 3 В є забороненими, це зроблено для покращення завадостійкості передачі.

Центральний сигнальний процесор. Даний блок виконаний на базі мікроконтролера. Мікроконтролер повинен відповідати таким вимогам як наявність достатньої кількості портів введення-виведення для підключення периферійних пристроїв, мати вбудовані інтерфейси для обміну даними як із сервером, так і з GPRS-модулем, достатньо високу обчислювальну потужність з метою обробки і передачі даних в реальному часі.

Обмін даними з GPRS-модулем зазвичай здійснюється за допомогою інтерфейсу UART шляхом передачі AT-команд керування. Також порт UART необхідний для організації обміну даними по інтерфейсу RS-232. Таким чином, для реалізації обміну даними з сервером та GPRS-модулем потрібна наявність в мікроконтролері двох портів UART.

Для організації обміну даними з використанням інтерфейсів RS-232 та Ethernet потрібно застосовувати перетворювачі інтерфейсів, що здійснюють

перетворення на фізичному та логічному рівнях. Підключення перетворювача Ethernet до мікроконтролера виконується через SPI інтерфейс, який підтримується більшістю сучасних мікроконтролерів.

Функціональна схема проектованого пристрою зображена на рисунку 3.5.

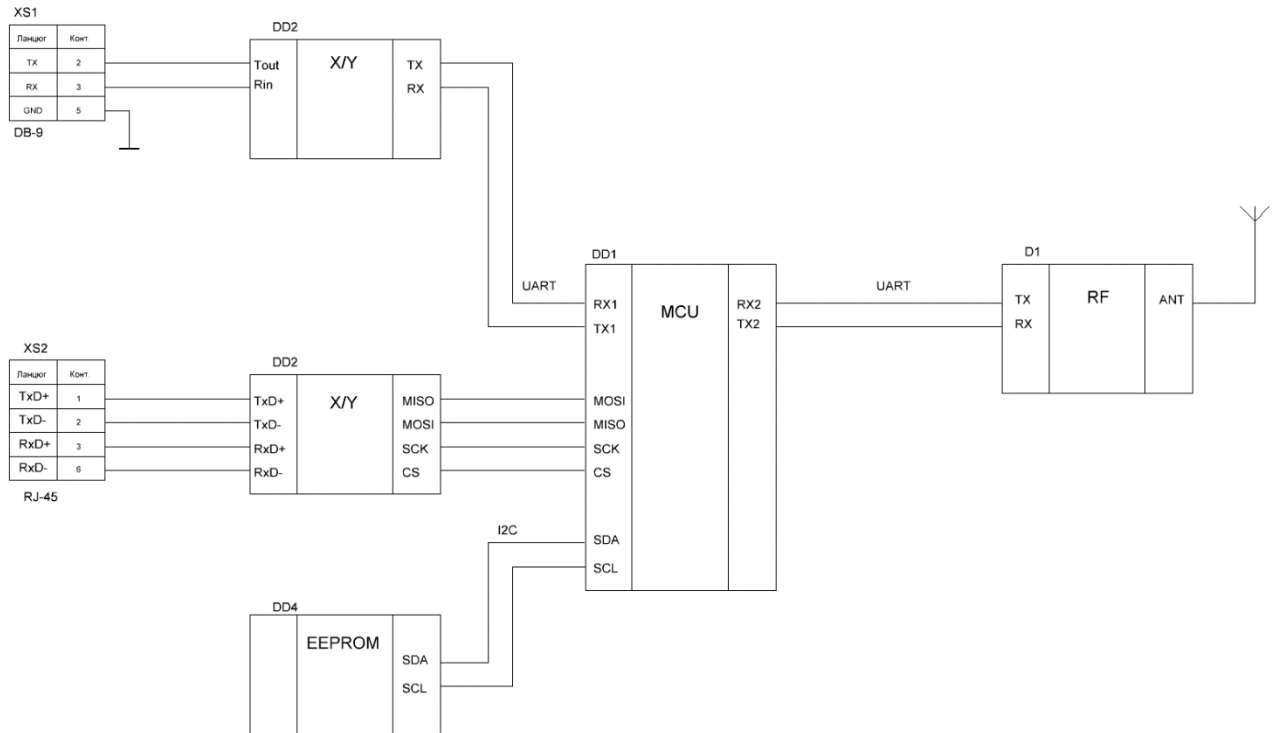


Рисунок 3.5 – Функціональна схема радіомодема

3.4 Вибір елементної бази

Вибір мікроконтролера. Для виконання задач передачі даних в реальному часі, обробки команд, аналізу правильності даних, що надійшли зі сторони радіоканалу потрібен мікроконтролер, що має високу потужність і швидкість обробки даних, та розвинену периферію. В порівнянні з широко розповсюдженими мікроконтролерами Atmega виробництва Atmel, мікроконтролери сімейства STM32 є більш потужними, мають більший об'єм пам'яті, в кілька разів вищу тактову частоту роботи. Порівняння мікроконтролерів STM32F103C8T6 та Atmega 328 представлені в таблиці 3.1.

Як слідує з таблиці, мікроконтролер STM32F103C8T6 задовольняє вимогам до центрального сигнального процесора радіомодема, тому буде використаний в даному проекті.

Основні характеристики мікроконтролера STM32F103CB:

Пам'ять: 64 kB Flash, 20 kB RAM

32-бітна архітектура ARM CORTEX-M3, до 72МГц, 1.25MIPS / MHz

Напруга живлення 3.3В (2.7-3.6), майже всі піни 5В-толерантні.

Піни загального призначення GPIO - 26

З них: PWM - 12

Входів АЦП - 6 (12 бітний, 1 мкс)

Периферія:

- 3x USART
- 2x I2C
- 2x SPI (18Mbit / s)
- 1 x CAN 2.0B
- USB 2.0 FS (FullSpeed - 12Mbit)
- 3x 16 бітних таймера + 1 PWM timer
- DMA - 7 каналів (АЦП, SPI, I2C, USART)

Таблиця 3.1 – Порівняння характеристик мікроконтролерів

Характеристики	STM32F103C8T6	Atmega 328
Частота, МГц	72	16
Пам'ять програм, кБайт	64	32
Живлення, В	3.3	5
ОЗУ, кБайт	20	2
USB 2.0	так	ні
DMA	так	ні
CAN	так	ні
RTC	так	ні
UART	3	1
Ціна, \$	2.1	1.8

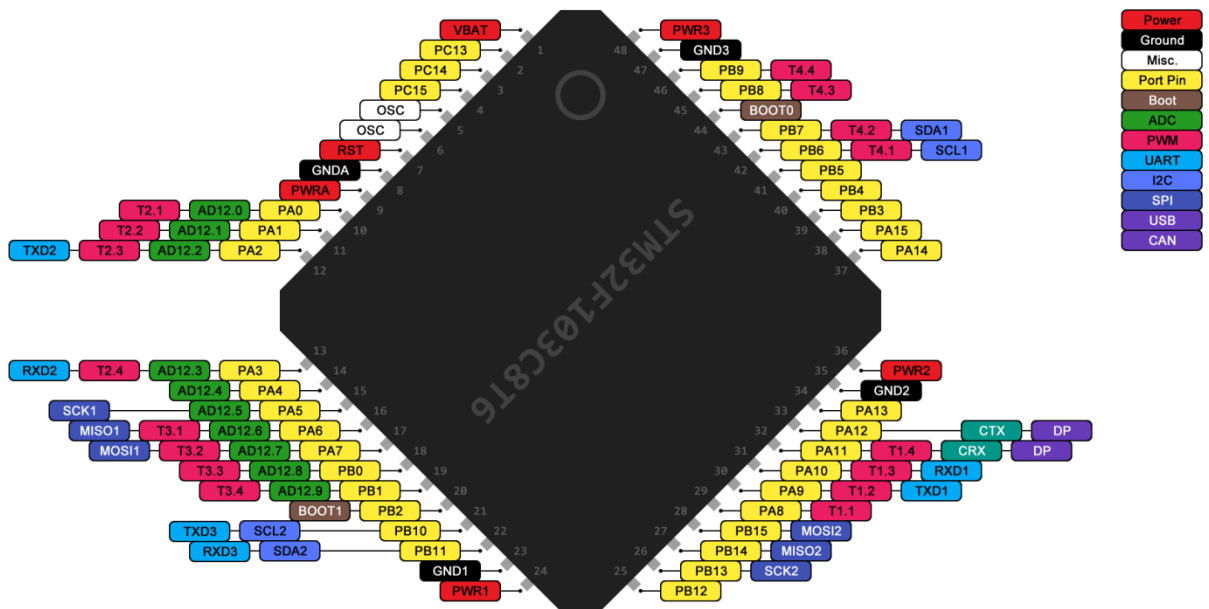


Рисунок 3.6 – Призначення виводів мікроконтролера STM32F103C8T6

Вибір мікросхеми пам'яті. Для зберігання даних про роботу модема, параметри, тощо необхідна мікросхема пам'яті, що має достатній об'єм, високу швидкість доступу до даних та високу надійність в роботі.

24AA256 / 24LC256 / 24FC256 - це ППЗУ з електричним стиранням з організацією пам'яті 32Кх8 (256 Кбіт), що працює в широкому діапазоні напруг живлення (1.7В-5.5В). Створено для застосування в передових системах збору даних (зв'язки, збір даних). Надає можливість інтерактивні записи даних розміром до 64 байт. Підтримується як послідовне, так і вибіркове зчитування даних. Адресні виходи дозволяють організувати єдиний адресний простір до 2 Мбіт, розмістивши на одній шині до 8-ми мікросхем. Мікросхема доступна в 8-ми вивідних корпусах DIP, SOIC, TSSOP, MSOP і DFN. А 24AA256 ще і в 8-ми вивідному корпусі розміром з кристалом (рис. 3.7).

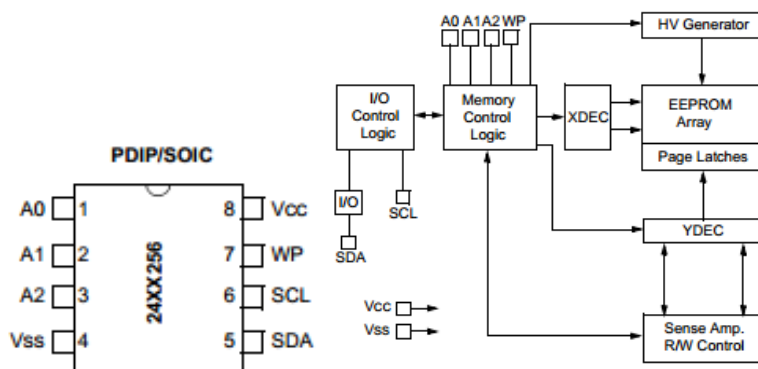


Рисунок 3.7 – Призначення виводів та блок-схема мікросхеми 24AA256

Характеристики мікросхеми 24AA256:

Джерело живлення з напругою:

від 1.7В для мікросхеми 24AA256 і 24FC256;

від 2.5В для мікросхеми 24LC256.

КМОП-технологія з низьким енергоспоживанням:

* споживання в активному режимі 400мкА.

* споживання в режимі очікування 100нА.

I²C-сумісний інтерфейс.

Каскадне включення до 8 мікросхем.

Входи з триггерами Шмітта.

Контроль фронтних вихідних сигналів для усунення комунікаційних приміщень.

Сумісність з тактовими частотами 100 і 400 кГц.

Максимальне час запису сторінок 5мс.

Внутрішнє тактування записів / стирання.

64-байтний буфер записує сторінок.

Апаратна захист від записів.

Збереження даних > 200 років.

Температурні діапазони:

Промисловий від -40 ° С до + 85 ° С

Автомобільний від -40 ° С до + 125 ° С

Таким чином, обрана мікросхема пам'яті відповідає вимогам для використання в пристрої, що розробляється в даному проекті.

Вибір мікросхеми перетворювача інтерфейсу RS-232. Для перетворення логічних рівнів інтерфейсу UART в рівні інтерфейсу RS-232 використовується мікросхема MAX232.

Як відомо, комунікаційний послідовний інтерфейс RS-232 працює в діапазоні напружень (від -15В до + 15В), які не сумісні з логічними рівнями сучасних комп'ютерів. З іншого боку, традиційна TTL логіка комп'ютера працює між 0В ... + 5В. У сучасних схемах з малим енергоспоживанням логічних рівнів може бути в діапазоні від 0В і до + 3,3В або навіть нижче.

Таким чином, максимальні рівні сигналів RS-232 занадто високі для електронної логіки сучасних мікроконтролерів, не говорячи про рівні інтерфейсу

					ЕЛІТ 8.171.00.10.283 ПЗ	Арк.
Зм..	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		65

RS-232 з негативною напругою. Тому, щоб отримати останні дані з інтерфейсом RS-232, напруга повинна бути знижена та інвертована для логічного «0» і логічної «1». У зворотному порядку (відправлення даних з якого-небудь зовнішнього пристрою на сторону RS-232) навантаження низького логічного рівня необхідно підвищити, а також сформувати негативну напругу для високого логічного рівня RS-232 (Табл. 3.2)

Таблиця 3.2 – Логічні рівні RS-232 та TTL

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

Мікросхема MAX232 перша створена інтегральна схема для RS-232, яка в одному корпусі містить все необхідне для узгодження рівнів RS-232 з дискретною логікою TTL - два передатчика і два приймача. Свою популярність мікросхема MAX232 заслужила завдяки використанню однополярного живлення в 5 вольтів, а рівні рівня напруження RS-232 (близько -10 і +10В) генеруються самою мікросхемою.

Це значно покращує конструкцію схеми управління. При створенні пристроїв тепер немає необхідності використовувати живлення з трьома напругами (наприклад, -12, +5 В і +12 В), просто потрібно забезпечити просте однополярне п'ятивольтове джерело живлення, наприклад, за допомогою простого регулятора напруги 78L05.

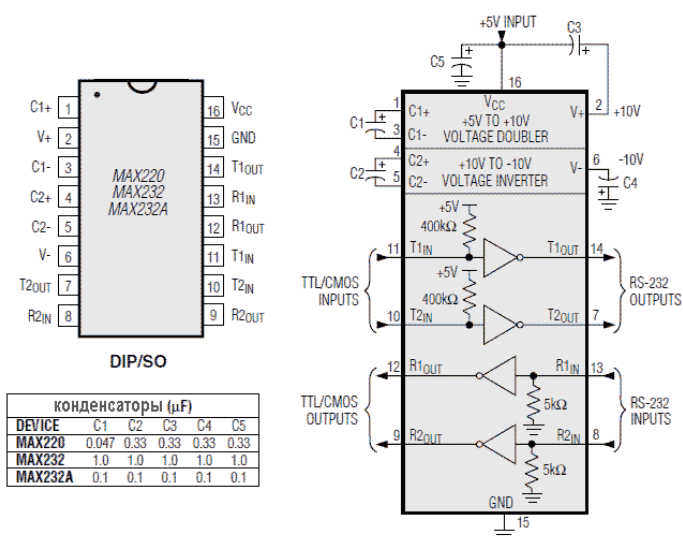


Рисунок 3.8 – Призначення виводів та блок-схема мікросхеми MAX232

Вибір мікросхеми перетворювача інтерфейсу Ethernet. Для з'єднання мікроконтролера по інтерфейсу Ethernet використовується спеціалізована мікросхема ENC28J60.

ENC28J60 - Ethernet-адаптер на одному чипі, розроблений фірмою Microchip. Мікросхемі не потрібно для роботи багато зовнішніх компонентів, до мікроконтролера підключається за допомогою SPI. Повністю відповідає специфікації IEEE 802.3.

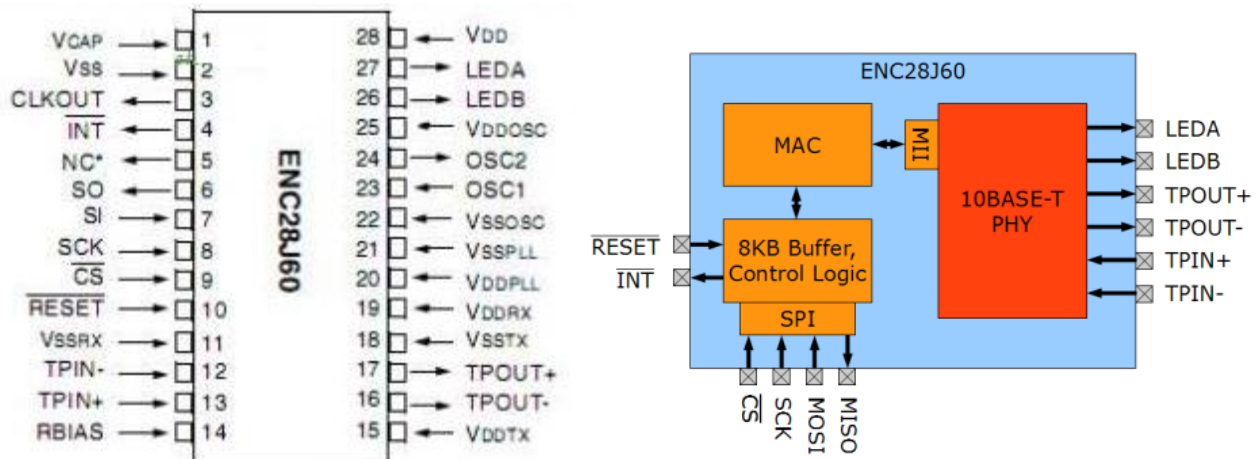


Рисунок 3.9 – Призначення виводів та блок-схема мікросхеми ENC28J60

Контролер ENC28J60, має наступні характеристики:

- Підтримка IEEE 802.3
- Повна сумісність із мережами 10/100/1000 Base-T
- Інтегрований MAC і 10 Base-T PHY
- Підтримка одного порталу Base-T з автоматичним визначенням полярності і корекцією
 - Піддержка режимів Full і Half Duplex
 - Програмована функція повторення передачі при помилці
 - Програмовані функції підбивання та генерування CRC
 - Програмована функція фільтрації помилкових пакетів
 - Інтерфейс SPI з високою тактовою частотою (до 20МГц)

Вибір GPRS-модуля. Вибір GPRS/GSM-модуля є важливою задачею при розробці радіомодема, оскільки саме цей модуль відповідає за якість з'єднання і передачі даних. Для розробки радіомодема в даному проекті обрано модуль SIM800.

Модуль виконаний на основі компонента SIM800L і використовується для відправки смс, реалізації дзвінків та обміну даними по GPRS. У модулі встановлюється мікросім карта. Пристрій має вбудовану антенну и роз'єм, до якого можна підключити зовнішню антенну. Живлення до модуля надходить від зовнішнього джерела або через DC-DC перетворювач. Управління здійснюється за допомогою комп'ютера через UART, мікроконтролера, одноплатного комп'ютера або аналогічних пристроїв.

Технічні характеристики:

- Напруга живлення: 3,7 В - 4,2 В;
- Струм режиму очікування: 0,7 мА;
- Піковий струм: 2 А;
- Максимальна напруга високого рівня UART: 2,8 В;
- Швидкість UART: 1200 - 115200 бод;
- Формат SIM-карт: microsim;
- Робочі діаграми: EGSM900, DCS1800, GSM850, PCS1900;
- Потужність передачі DCS1800, PCS1900: 1 Вт;
- Потужність передачі GSM850, EGSM900: 2 Вт;
- Робочі частоти: 850, 900, 1800, 1900 ГГц;
- Режим мережі: 2G;
- Управління: AT команди;
- Відправка та отримання: GPRS, SMS;
- Максимальна швидкість передачі даних GPRS: 85,6 Кбод;
- Кодування: CS-1, CS-2, CS-3, CS-4;
- Підтримка: PBCCH, CSD, USSD, PAP, RTC;
- Розміри: 25 x 24 x 4 мм;
- Автоматичний пошук у чотирьох частотних діапазонах;
- Робоча температура від -30С до 75С.

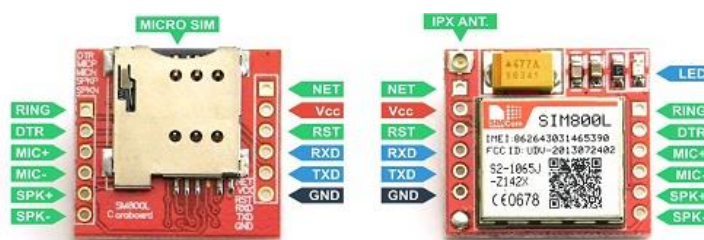


Рисунок 3.10 – Призначення виводів та зовнішній вигляд GSM/GPRS модуля SIM800

3.5 Розробка схеми електричної принципової

Підключення мікроконтролера. Підключення мікроконтролера STM32F103 не потребує великої кількості допоміжних елементів. Мікроконтролер має три входи живлення, які підключені до джерела живлення 3,3В. Кожен з цих входів зашунтований на «землю» (ланцюг GND) через конденсатор 0,1 мкФ для захисту від перешкод в колі живлення. До входів OSC1 та OSC2 підключений кварцовий резонатор з частотою 8 МГц, виводи зашунтовані на GND конденсаторами 22 пФ. Схема підключення мікроконтролера показана на рис. 3.11.

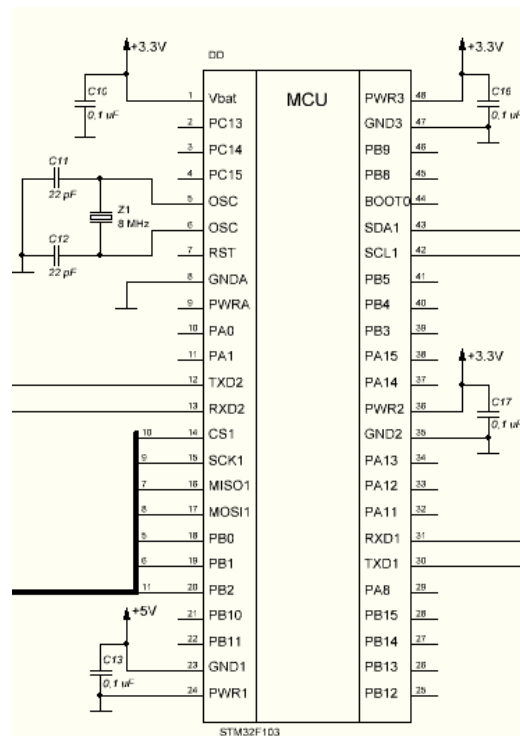


Рисунок 3.11 – Підключення мікроконтролера STM32F103

Підключення перетворювача інтерфейсу RS-232. Типова схема підключення мікросхеми MAX232 зображена на рис. 3.12. Живиться мікросхема від +5 В.

Між виводами 1 і 3 та 4 і 5, підключені конденсатори 10 мкФ, вони є частиною подвоювача напруги, необхідні для одержання значень напруги, що відповідають логічним рівням інтерфейсу RS-232. Виводи V+ та V- зашунтовані через конденсатори 10 мкФ на шину живлення +5В та на шину GND. Виводи приймача R2IN та передавача T2OUT підключені до роз'єму DB-9 інтерфейсу

RS-232. З мікроконтролером мікросхема з'єднується через інтерфейс UART, використовуються виводи R2OUT та T2IN, що підключені до виводів TXD2 та RXD2 мікроконтролера.

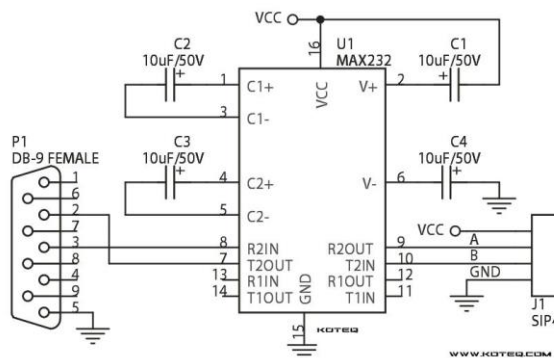


Рисунок 3.12 – Типова схема підключення мікросхеми MAX232

Підключення перетворювача мережі Ethernet. Типова схема підключення мікросхеми ENC28J60 представлена на рис. 3.13. Напряга живлення мікросхеми складає +3,3В. Обмін даними з мікроконтролером відбувається по інтерфейсу SPI. Для підключення по SPI задіяні лінії MOSI, MISO, SCK, CS. Також задіяні службові виходи INT, WOL, RST. До виводів LedA та LedB підключені світлодіоди.

Для обміну даними по мережі Ethernet використовуються виводи приймача TPIN+ і TPIN- та передавача TPOUT+ і TPOUT-. Для підключення до мережі застосована гальванічна трансформаторна розв'язка, яка в свою чергу підключена до роз'єму RJ-45.

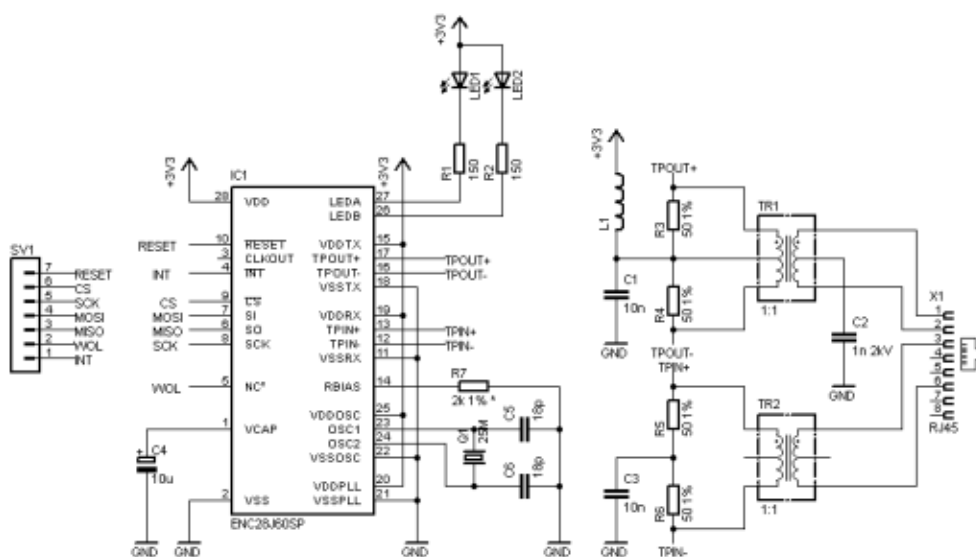


Рисунок 3.13 – Типова схема підключення ENC28J60

Підключення мікросхеми пам'яті. Типова схема підключення мікросхеми пам'яті 25AA256 представлена на рис. 3.14. Напруга живлення мікросхеми складає +3,3В.

До мікроконтролера мікросхеми пам'яті підключена по інтерфейсу I²C, для підключення використовуються лінії SDA та SCL, що підтягнуті до шини живлення +3,3В резисторами номіналом 4,7 кОм. Вивід WP призначений для захисту мікросхеми від запису і може бути підключений до шини живлення або до землі. Виводи A0-A2 підключаються до землі.

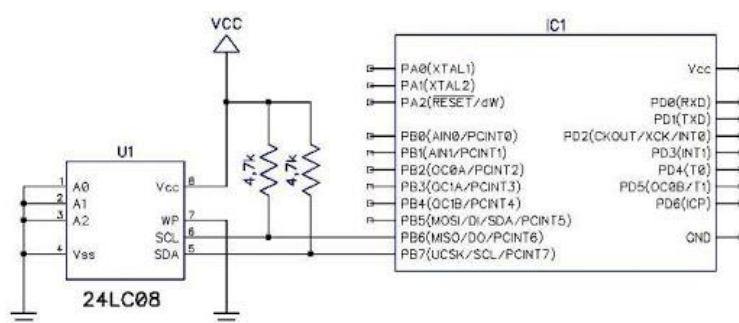


Рисунок 3.14 – Типова схема підключення мікросхеми 25AA256

Підключення GSM модуля. Типова схема підключення GSM/GPRS модуля SIM800 представлена на рис. 3.15. Напруга живлення модуля складає від +3,7 до 4,2 В. Даний модуль вміщує на одній платі всі необхідні для роботи компоненти. Для підключення до мікроконтролера використовують лінії TX та RX інтерфейсу UART. Типова схема підключення модуля SIM800 показана на рис. 3.15.

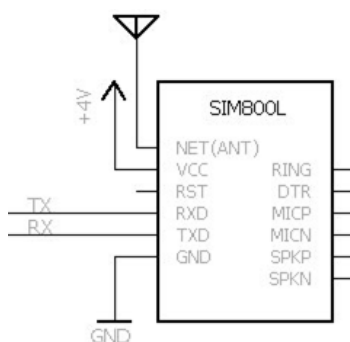


Рисунок 3.14 – Типова схема підключення модуля SIM800

3.6 Розробка програмного забезпечення

У даному пункті наведені основні функції обміну даними з перетворювачем інтерфейсу для підключення до мережі Ethernet та для обміну даними з GSM модулем.

Функція ініціалізації ENC28J60:

```
uint16_t enc28j60_rxdpt = 0;

void enc28j60_init(uint8_t *macadr)
{
    // Налаштування SPI
    ENC28J60_SPI_DDR |= ENC28J60_SPI_CS|ENC28J60_SPI_MOSI|ENC28J60_SPI_SCK;
    ENC28J60_SPI_DDR &= ~ENC28J60_SPI_MISO;
    enc28j60_release();

    SPCR = (1<<SPE)|(1<<MSTR);
    SPSR |= (1<<SPI2X);

    // Виконуємо скидання
    enc28j60_soft_reset();

    // Налаштування розміру буфера для приймання пакетів
    enc28j60_wcr16(ERXST, ENC28J60_RXSTART);
    enc28j60_wcr16(ERXND, ENC28J60_RXEND);

    // Вказівник для зчитування прийнятих пакетів
    enc28j60_wcr16(ERXRDPT, ENC28J60_RXSTART);
    enc28j60_rxdpt = ENC28J60_RXSTART;

    // налаштуємо MAC
    enc28j60_wcr(MACON2, 0); // очищуємо скидання
    enc28j60_wcr(MACON1, MACON1_TXPAUS|MACON1_RXPAUS| // включаємо керування
    потоком
    MACON1_MARXEN); // дозвіл на приймання даних
    enc28j60_wcr(MACON3, MACON3_PADCFG0| // дозвіл на паддинг
    MACON3_TXCRCEN| // дозвіл на розрахунок контрольної суми
    MACON3_FRMLNEN| //дозвіл на контроль довжини фреймів
    MACON3_FULDPX); // вмикаємо повний дуплекс
    enc28j60_wcr16(MAMXFL, ENC28J60_MAXFRAME); // встановлюємо максимальний
    розмір фрейма
    enc28j60_wcr(MABBIPG, 0x15); // встановлюємо проміжок між фреймами
```

					ЕЛІТ 8.171.00.10.283 ПЗ	Арк.
Зм..	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		72

```

enc28j60_wcr(MAIPGL, 0x12);
enc28j60_wcr(MAIPGH, 0x0c);
enc28j60_wcr(MAADR5, macadr[0]); // встановлюємо MAC-адресу
enc28j60_wcr(MAADR4, macadr[1]);
enc28j60_wcr(MAADR3, macadr[2]);
enc28j60_wcr(MAADR2, macadr[3]);
enc28j60_wcr(MAADR1, macadr[4]);
enc28j60_wcr(MAADR0, macadr[5]);

// налаштування PHY – фізичного рівня
enc28j60_write_phy(PHCON1, PHCON1_PDPXMD); // вмикаємо повний дуплекс
enc28j60_write_phy(PHCON2, PHCON2_HDLDIS); // вимикаємо loopback
enc28j60_write_phy(PHLCON, PHLCON_LACFG2| // налаштування світлодіодів
    PHLCON_LBCFG2|PHLCON_LBCFG1|PHLCON_LBCFG0|
    PHLCON_LFRQ0|PHLCON_STRCH);

// дозвіл на приймання пакетів
enc28j60_bfs(ECON1, ECON1_RXEN);
}

```

Надсилення даних на ENC28J60:

```

void enc28j60_send_packet(uint8_t *data, uint16_t len)
{
    // очікування готовності передатчика
    while(enc28j60_rcr(ECON1) & ECON1_TXRTS)
        ;

    // запис пакета в буфер
    enc28j60_wcr16(EWRPT, ENC28J60_TXSTART);
    enc28j60_write_buffer((uint8_t*)"x00", 1);
    enc28j60_write_buffer(data, len);

    // встановлюємо вказівники ETXST и ETXND
    enc28j60_wcr16(ETXST, ENC28J60_TXSTART);
    enc28j60_wcr16(ETXND, ENC28J60_TXSTART + len);

    // дозвіл на відправку
    enc28j60_bfs(ECON1, ECON1_TXRTS);
}

```

Зчитування даних з ENC28J60:

```
uint16_t enc28j60_rxdpt = 0;
```

					ЕЛІТ 8.171.00.10.283 ПЗ	Арк.
Зм..	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		73

```

uint16_t enc28j60_recv_packet(uint8_t *buf, uint16_t buflen)
{
    uint16_t len = 0, rxlen, status, temp;

    // чи є прийняті пакети?
    if(enc28j60_rcr(EPKTCNT))
    {
        // зчитуємо заголовок
        enc28j60_wcr16(ERDPT, enc28j60_rxdpt);

        enc28j60_read_buffer((void*)&enc28j60_rxdpt, sizeof(enc28j60_rxdpt));
        enc28j60_read_buffer((void*)&rxlen, sizeof(rxlen));
        enc28j60_read_buffer((void*)&status, sizeof(status));

        // Пакет прийнятий успішно?
        if(status & 0x80)
        {
            // відкидуємо контрольну суму
            len = rxlen - 4;

            // Читаємо пакет в буфер
            if(len > buflen) len = buflen;
            enc28j60_read_buffer(buf, len);
        }

        // встановлюємо ERXRDPT на адресу наступного пакета - 1
        temp = (enc28j60_rxdpt - 1) & ENC28J60_BUFEND;
        enc28j60_wcr16(ERXRDPT, temp);

        // зменшуємо лічильник пакетів
        enc28j60_bfs(ECON2, ECON2_PKTDEC);
    }

    return len;
}

```

Налаштування модуля SIM800 та передача даних по каналу GPRS

```

#include <SoftwareSerial.h>;
//#include <Wire.h>;
SoftwareSerial mySerial(9, 8); // RX, TX
String apn = "MTS Internet.ru"; //APN

```

					ЕЛІТ 8.171.00.10.283 ПЗ	Арк. 74
Зм..	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

```

String apn_u = &quot;mts&quot;; //APN-Username
String apn_p = &quot;mts&quot;; //APN-Password
String url = &quot;http://arduino.site/meteo/index.php&quot;; //URL
for HTTP-POST-REQUEST
// адреса хоста
String data1; //String for the first Paramter (e.g. Sensor1)
String data2; //String for the second Paramter (e.g.
Sensor2)

void setup() {
// Open serial communications and wait for port to open:
Serial.begin(9600);
// set the data rate for the SoftwareSerial port
mySerial.begin(9600);
delay(10000);
}
void loop() { // цикл

data1 = &quot;111&quot;; // дані для пересилки
data2 = &quot;444&quot;;
gsm_sendhttp(); // запуск
delay(60000); //Wait one minute
}
void gsm_sendhttp() {
mySerial.println(&quot;AT&quot;);
runsl();//Print GSM Status an the Serial Output;

delay(4000);
mySerial.println(&quot;AT+SAPBR=3,1,Contype,GPRS&quot;);
runsl();
delay(100);
mySerial.println(&quot;AT+SAPBR=3,1,APN,&quot; + apn);
runsl();
delay(100);
mySerial.println(&quot;AT+SAPBR=3,1,USER,&quot; + apn_u);
//Comment out, if you need username
runsl();
delay(100);
mySerial.println(&quot;AT+SAPBR=3,1,PWD,&quot; + apn_p);
//Comment out, if you need password
runsl();
delay(100);

```

					ЕЛІТ 8.171.00.10.283 ПЗ	Арк.
Зм..	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		75

```

mySerial.println(&quot;AT+SAPBR =1,1&quot;);
runsl();
delay(100);
mySerial.println(&quot;AT+SAPBR=2,1&quot;);
runsl();
delay(2000);
mySerial.println(&quot;AT+HTTPINIT&quot;);
runsl();
delay(100);
mySerial.println(&quot;AT+HTTTPARA=CID,1&quot;);
runsl();
delay(100);
mySerial.println(&quot;AT+HTTTPARA=URL,&quot; + url);
runsl();
delay(100);
mySerial.println(&quot;AT+HTTTPARA=CONTENT,application/
x-www-form-urlencoded&quot;);
runsl();
delay(100);
mySerial.println(&quot;AT+HTTPDATA=192,10000&quot;);
runsl();
delay(100);

mySerial.println(&quot;params=&quot; + data1 + &quot;~&quot; + data2);
runsl();
delay(10000);
mySerial.println(&quot;AT+HTTPACTION=1&quot;);
runsl();
delay(50000);
mySerial.println(&quot;AT+HTTPREAD&quot;);
runsl();
delay(100);
mySerial.println(&quot;AT+HTTPTERM&quot;);
runsl();
}
//Print GSM Status
void runsl() {
while (mySerial.available()) {
Serial.write(mySerial.read());
}
}
}

```

4 ТЕХНІКО – ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

4.1 Розрахунок економічного ефекту проектного пристрою

4.1.1 Розрахунок повної собівартості розроблюваного пристрою.

Собівартість розроблюваного пристрою - це виражені в грошовій формі поточні витрати підприємства на його виробництво і збут. Витрати на виробництво утворюють виробничу (заводську) собівартість, а витрати на виробництво і збут - повну собівартість. Розрахунок собівартості продукту, що розробляється за статтями витрат називається калькуляцією. Калькуляція собівартості розроблюваного пристрою здійснюється відповідно до «Типового положення з планування, обліку і калькуляції собівартості продукції (робіт, послуг) в промисловості».

Витрати, пов'язані з виробництвом і збутом (реалізацією) розроблювального пристрою групуються за такими статтями:

- основна заробітна плата;
- додаткова заробітна плата;
- відрахування від заробітної плати;
- матеріали і комплектуючі;
- оренда машинного часу або РСЕО;
- виробничі витрати;
- адміністративні витрати;
- позавиробничі (комерційні витрати).

1) Матеріали та комплектуючі виробу. Розглядаються виходячи з відомостей на матеріали, сировину, комплектуючі, кооперацію, яка припадає на одиницю випуску. Згруповані однорідні електричні компоненти розроблювального пристрою представлені в табл. 4.1, витрати на сировину і матеріали представлені в табл. 3.2. Ціни на комплектуючі взяті з Інтернет-магазину «Kosmodrom» - <http://www.kosmodrom.com.ua> станом на 13.12.2020.

З урахуванням транспортно-заготівельних витрат (кт.з. = 5-15%) вартість комплектуючих і матеріалів становить:

$$\begin{aligned} KM &= \frac{(K + M) \cdot (100 + k_{m.p.})}{100} = \frac{(630 + 63,00) \cdot (100 + 10)}{100} \\ &= 693,0 \text{ (Грн)} \end{aligned} \quad (4.1)$$

Таблиця 4.1 – Комплектуючі, що припадають на одиницю випуску

Назва	Ціна, грн
1. Мікроконтролер STM32F103	154,00

2. Модуль SIM800	183,00
3. Модуль ENC28J60	130,00
4. Мікросхема MAX232	63,00
5. Мікросхема 25AA256	20,00
6. Резистори, конденсатори	50,00
7. Дроти	30,00
Всього	630,00

Таблиця 4.2 – Витрати на сировину і матеріали

Матеріал, сировина	Одиниця вимірювання	Норма витрат	Ціна за одиницю, грн	Вартість, грн
Каніфоль	кг	0,1	30	3
Флюс з припоєм	кг	0,1	120	12
Фарба	кг	0,7	100	70
Сировина для корпусу	кг	0,2	150	30
Сумарні витрати				115,00

2) Витрати на основну заробітну плату. Роботи по розробці пристрою ведуться в апаратній області. Для реалізації апаратної частини пристрою необхідний 1 інженер – електронщик, який розробить схему структурну, функціональну, електричну принципіву, конструкторську документацію і реалізує пристрій.

Для виконання всіх робіт, орієнтовно буде витрачено 1 місяць, Коли апаратна частина пристрою буде розроблена, починається виробництво пристрою, яке приблизно займе 1 робочий день.

Витрати на основну заробітну плату розраховуються, використовуючи наступне співвідношення:

$$Z_0 = \sum_{i=1}^n T_{гi} \cdot H_{чi}, \quad (4.2)$$

де $T_{гi}$ - середня годинна тарифна ставка 1 робочого задіяного у виробництві продукту (грн. / год);

$H_{чi}$ - витрачений працівником час на виготовлення і налагодження приладу (годин.);

n - кількість працівників задіяних у виробництві.

Основна заробітна плата для кожного працівника розраховується індивідуально. При восьмигодинному робочому дні, термін роботи для інженера 1 міс. = 21 р.д. = 168 годин. Орієнтовна середньочасова трудова ставка становить:

$$T_{гi} = \frac{T_{мi}}{B_{\phi i} \cdot 8}, \quad (4.3)$$

$T_{мi}$ - місячна заробітна плата фахівця (грн.);

$B_{\phi i}$ - фактично відпрацьований час за розрахунковий період (місяць), днів (змін);

8 - кількість відпрацьованих годин за зміну.

$$T_{гi} = \frac{T_{мi}}{B_{\phi i} \cdot 8} = \frac{5040}{21 \cdot 8} = 30 \text{ (грн/год)} \quad (4.4)$$

$$Z_0 = \sum_{i=1}^n T_{гi} \cdot H_{чi} = 30 \cdot 8 = 240 \text{ (грн)} \quad (4.5)$$

3) Додаткова заробітна плата. Складає в середньому 10 ÷ 30% від основної заробітної плати. До неї відносяться премії, заохочення, позаурочні, святкові.

$$Z_d = Z_0 \frac{K_d}{100}, \quad (4.6)$$

де K_d - відсоток додаткової заробітної плати.

$$Z_d = Z_0 \frac{K_d}{100} = 240 \cdot \frac{10}{100} = 24 \text{ (грн)} \quad (4.7)$$

4) Відрахування від заробітної плати. До таких відрахувань відносяться: відрахування в пенсійний фонд - 33,2%, соціальне страхування - 2,9%, фонд зайнятості (безробіття) - 1,9%, нещасні випадки на виробництві - 0,5 - 1,0. Загалом, відрахування від заробітної плати становлять 38,52%.

$$V_{соц} = (Z_0 + Z_d) \cdot \frac{(38,52)}{100} = (240 + 24) \cdot \frac{38,52}{100} = 101,7 \text{ (грн)} \quad (4.8)$$

5) Витрати на утримання і експлуатацію обладнання. Так як робоче виробниче обладнання знаходиться на балансі підприємства, витрати на

					ЕЛІТ 8.171.00.10.283 ПЗ	Арк.
Зм..	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		79

утримання та експлуатацію устаткування (ВУЕУ) = заробітна плата · % ВУЕУ (приймаємо % ВУЕУ = 120-150%), тобто маємо: $240 \cdot 1,2 = 288$ (грн).

6) Загальновиробничі витрати. Являють собою витрати, пов'язані з управлінням підрозділу, витрати на службові відрядження працівників цеху (підрозділу), амортизаційні відрахування від вартості основних фондів загальноцехового призначення і т. д.

Визначаються в розмірі 130-250% від основної заробітної плати:

$$240 \cdot 1,5 = 360 \text{ (грн).}$$

Сума статей 1.1 - 1.6 являє виробничу собівартість приладу (установки).

$$\text{Маємо: } 745 + 240 + 24 + 101,7 + 288 + 360 = 1758,7.$$

7) Адміністративні витрати. Можуть містити в собі:

- витрати, пов'язані з управлінням підприємства;
- витрати на службові відрядження адміністрації підприємства;
- витрати на пожежну і сторожову охорону;
- витрати, пов'язані з підготовкою (навчанням) і перепідготовкою кадрів;
- витрати на перевезення працівників до місця роботи і назад;
- витрати на оплату відсотків за фінансові кредити, а також відсотків за товарні і комерційні кредити; витрати, пов'язані з оплатою відсотків за користування матеріальними цінностями, взятими в оренду (лізинг);
- витрати, пов'язані з оплатою послуг комерційних банків та інших кредитно-фінансових установ;
- податкові відрахування.

Визначаються в розмірі 140-200% відсотків від основної заробітної плати.

Оціночно адміністративні витрати складуть 160% від Z_0 - 384 грн.

8) Витрати на збут. Включають витрати на рекламу і на підготовку приладу перед реалізацією. Орієнтовно ці витрати визначаються в розмірі 5-10% від виробничої собівартості. Оціночно витрати на збут складуть 175,9 грн.

Сума статей 1.1-1.8 виявляє повну собівартість приладу:

$$1758,7 + 384 + 175,9 = 2318,6 \text{ (грн).}$$

Таблиця 4.3 - Калькуляція собівартості приладу

Назва	Ціна, грн
1. Матеріали і комплектуючі виробу	630
2. Витрати на сировину і матеріали	115

3. Витрати на основну заробітну плату	240
4. Додаткова заробітна плата	24
5. Відрахування від заробітної плати	101,7
6. Витрати на утримання і експлуатацію устаткування	288
7. Загальновиробничі витрати	360
Виробнича собівартість	1758,7
8. Адміністративні витрати	384
9. Витрати на збут	175,9
Повна собівартість приладу	2318,6

4.1.2 Визначення ціни приладу

1) **Розрахунок оптової ціни приладу.** У ринковій економіці існують різні методи ціноутворення: собівартість плюс прибуток, забезпечення фіксованого обсягу прибутку, в залежності від рівня попиту і т. д. Розрахунок оптової ціни приладу проводиться за схемою «собівартість плюс прибуток». Відповідно до даної методики оптова ціна виробу визначається як:

$$C_{\text{опт.}} = C + П, \quad (4.9)$$

де C - повна собівартість приладу;

$П$ - розмір прибутку.

Прибуток визначається виходячи з нормативу (показника) рентабельності виробництва продукції встановленого підприємством:

$$R = \frac{П}{C} \cdot 100\%, \quad (4.10)$$

де R - рентабельність продукції (продукту), приймається в розмірі 35%.

Тоді оптова ціна визначається:

$$C_{\text{опт.}} = C + \frac{R \cdot C}{100} = 2318,6 + \frac{0,35 \cdot 2318,6}{100} = 3130,11 \text{ (грн)} \quad (4.11)$$

2) **Відпускна ціна приладу.** Відпускна ціна приладу включає податок на додаткову вартість:

$$C_{\text{відп.}} = C_{\text{опт.}} \cdot 1,2 = 3130,11 \cdot 1,2 = 3756,13 \text{ (грн)} \quad (4.12)$$

де 20% - ПДВ.

Позитивні сторони даної методики полягають в її простоті, комплексної очевидності такої функції ціни як відшкодування витрат на виробництво і забезпечення прибутковості від створення і реалізації ПО. Недолік даної методики полягає в тому, що вона недостатньо враховує ринкові чинники ціноутворення і насамперед попит. Однак у реальній перехідній економіці існують ситуації, коли підприємствам доцільно її застосовувати: в умовах відсутності конкуренції (монополії), при обмеженні рентабельності продукції з боку держави, виконанні одноразових замовлень, виготовленні оригінальної продукції.

Для встановлення реальної ціни, яка б відповідала умовам існуючого ринку приладу, потрібні маркетингові дослідження.

4.1.3 Визначення річних витрат користувача.

Річні експлуатаційні витрати включають витрати на електричну енергію (живлення приладу), заробітну плату обслуговуючого персоналу, амортизаційні відрахування, витрати на поточний ремонт та інші витрати.

1) Витрати на електричну енергію визначаються за формулою:

$$V_e = W \cdot C_e \cdot t, \quad (4.13)$$

де W потужність приладу, кВт;

C_e - вартість одного кВт · год, грн / кВт · год;

t - час роботи приладу за рік.

Вартість електроенергії для промислових користувачів на 13.12.2020 становить 2,76 грн / кВт · год; кількість днів роботи приладу в році - 365.

Потужність приладу складає 20 Вт.

$$V_e = W \cdot C_e \cdot t = 0,020 \cdot 2,76 \cdot 365 \cdot 24 = 483,55 \text{ (грн)} \quad (4.14)$$

2) Розрахунок витрат на заробітну плату персоналу, який обслуговує прилад в разі потреби за формулою:

$$Z_{оп} = \sum_{j=1}^m T_{mj} \cdot k_{zj} \cdot k_{dj} \cdot k_{cj} \cdot C_j \cdot 12, \quad (4.15)$$

де T_{mj} - місячний оклад (ставка) фахівця j -ї професії;

k_{zj} - коефіцієнт зайнятості (залежить від часу обслуговування приладу фахівцем j -ої професії);

k_{dj} - коефіцієнт, який враховує додаткову заробітну плату (приймається $k_{dj} = 1,1-1,3$);

					ЕЛІТ 8.171.00.10.283 ПЗ	Арк.
Зм..	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		82

k_c - коефіцієнт, який враховує нарахування на заробітну плату (береться $k_c = 1,363$);

$Ч_j$ - кількість фахівців j -ої професії;

m - кількість професій.

$$Z_{оп} = \sum_{j=1}^m T_{mj} \cdot k_{zj} \cdot k_{dj} \cdot k_{cj} \cdot Ч_j \cdot 12 = 4700 \cdot 0,05 \cdot 1,2 \cdot 1,363 \cdot 1 \cdot 12 \quad (4.16)$$

$$= 2306,20(\text{грн})$$

Таблиця 4.4 - Розрахунок заробітної плати обслуговуючого персоналу

Вид обслуговування	Професія	Оклад, грн	Коефіцієнт зайнятості	Кількість персоналу, чол.		Річна заробітна плата, грн	
				По приладу аналога	По приладу проекту	По приладу аналога	По приладу проекту
Ремонт	Інженер	4700	0,05	1	1	4000	2306,2
Всього				1	1	4000	2306,2

3) Річна сума амортизаційних відрахувань визначається за відповідними нормами амортизації від первинної вартості приладу, яка включає: ціну приладу, витрати на транспортування і монтаж, які приймаються в розмірі 5-15% від ціни, приймаємо 425,61 грн.

Амортизацію електронних приладів має сенс розраховувати прямолінійним методом:

$$A = F \cdot a = 4256,13 \cdot 0,10 = 425,61 (\text{грн}), \quad (4.17)$$

де F - первинна вартість приладу;

a - річна норма амортизації,

$$F = C_{розд.} + B_{т.м.} = 3756,13 + 500 = 4256,13 (\text{грн}), \quad (4.18)$$

де $C_{розд.}$ - роздрібна ціна приладу;

$B_{т.м.}$ - витрати на транспортування і монтаж приладу.

Річна норма амортизації розраховується прямолінійним методом відповідно до терміну корисного застосування приладу:

$$a = \frac{1}{T_{заст.}} = \frac{1}{10} = 0,10, \quad (4.19)$$

де $T_{заст.}$ - строк корисного використання приладу, років. Відповідно до нового Податкового кодексу України дозволяється не менше 2 років.

4) Витрати на поточний ремонт та інші витрати включають в себе вартість електронних елементів, які виходять з ладу протягом року і вартість демонтажних і монтажних робіт. Витрати на ремонт приймаються рівними 5% від капітальних витрат з урахуванням прогнозування відмов:

$$B_{п.р.} = \frac{F \cdot k_{п.р.}}{100} = \frac{4256,13 \cdot 5}{100} = 212,8 \text{ (грн)}, \quad (4.20)$$

де $k_{п.р.}$ - відсоток витрат на поточний ремонт.

Таблиця 4.5 - Річні експлуатаційні витрати користувача

Статті експлуатаційних витрат	Річні експлуатаційні витрати, грн	
	Прилад-аналог	Проектний прилад
Вартість електроенергії	1000	483,55
Витрати на обслуговування приладу	4000	2306,2
Амортизаційні відрахування	600	425,61
Витрати на поточний ремонт	300	212,8
Всього (Вр.е)	5900	3428,16

4.1.4 Розрахунок повної ціни користувача.

Ціна користувача Цпол. Включає в себе капітальні вкладення F і сумарні річні витрати на експлуатацію приладу $B_{р.е.}$ протягом застосування приладу:

$$Ц_{кор.} = F + B_{р.е.} \cdot T_{заст.} = 4256,13 + 3428,16 \cdot 10 = 38537,73 \text{ (грн)} \quad (4.21)$$

4.1.5 Оцінка конкурентоспроможності проектного приладу.

Для оцінки конкурентоспроможності застосовується комплексний показник конкурентоспроможності $Q_{кон.}$, Що визначається за інтегральними показниками конкурентоспроможності приладів:

$$Q_{кон.} = \frac{Q_{н.п.} \cdot Q_m}{Q_e}, \quad (4.22)$$

де $Q_{н.п.}$ - інтегральний показник за нормативними параметрами (може приймати виключно два значення: нуль, якщо прилад не відповідає обов'язковим для даного ринку нормам і стандартам (частота і напруга живлення, точність вимірювання, конструктивні розміри), і одиницю, якщо відповідає. В проектному приладі $Q_{н.п.} = 1$);

Q_m . - порівняльна конкурентоспроможність приладу по його технічному рівню (наприклад, якщо швидкість передачі, або пропускна здатність приладу збільшена у 2,5 рази, то $Q_m = 2,5$);

Q_e . - інтегральний економічний показник.

Таблиця 4.6 - Порівняння техніко-економічних показників системи-аналога і проектної електронної системи

Показники	Одиниця вимірювання	Значення	
		прибор-аналог	проектний прилад
Технічні:			
Потужність приладу	Вт	15	20
Середнє напрацювання на відмову	год	24	24
Маса	кг	0,5	0,5
Економічні:			
Відпускна ціна	грн	6200	4256,13
Річні експлуатаційні витрати користувача	грн	5900	3428,16
Повна ціна користувача	грн	65200	38537,73
Показник якості за технічним рівнем		1	1
Інтегральний економічний показник конкурентоспроможності		1,7	0,6
Комплексний показник конкурентоспроможності		0,6	1,7

Конкурентоспроможність по економічному показнику Q_e . визначається за ціною користування виробів:

$$Q_e = \frac{C_{\text{вик.пр.}}}{C_{\text{вик.ан.}}}, \quad (4.23)$$

де $C_{\text{вик.пр.}}$ - ціна використання проектного приладу;

$C_{\text{вик.ан.}}$ - ціна застосування приладу-аналога.

Якщо коефіцієнт конкурентоспроможності $Q_{\text{кон.}}$ більше одиниці, відповідно система є конкурентоспроможною.

Висновки: з урахуванням розрахованих параметрів, можна зробити висновок про те, що розробка і впровадження даного пристрою має техніко-економічний сенс, так як він має високі експлуатаційні якості, більш низьку в порівнянні з аналогами вартість.

					ЕЛІТ 8.171.00.10.283 ПЗ	Арк.
						86
Зм..	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВОК

Побудова автоматизованої системи диспетчерського керування є комплексною задачею, що складається з побудови систем збору даних, передачі інформації, автоматизованого контролю та візуалізації даних.

Одним із важливих етапів при розробці АСДК є вибір каналу зв'язку та побудови системи передачі даних з використанням цього каналу. Серед доступних дротових та бездротових каналів зв'язку GSM канал представляє інтерес, оскільки мережа стільникового зв'язку охоплює всю країну, включаючи її найвіддаленіші точки, а також дозволяє передавати дані на високій швидкості.

У літературному огляді даної роботи було проведено дослідження складу систем диспетчерського управління, розглянуто роль АСУ ТП в побудові АСДК. Проведено аналіз систем передачі даних, що використовуються в системах диспетчерського управління, досліджено принципи побудови та обладнання технологічної радіомережі збору даних та керування. Розглянуто технологію та принципи передачі даних по GSM каналу зв'язку із застосуванням GPRS технології передачі даних.

У науково-дослідницькій частині були розглянуті методи завадостійкого кодування, що використовуються в радіоканалах зв'язку, та проведено аналіз ефективності завадостійкого кодування в радіоканалах зв'язку.

У розділі «Розробка радіомодема системи диспетчерського управління на базі радіомережі» розроблено алгоритм роботи, структурну та функціональну схеми радіомодема, проведено вибір елементної бази та розроблено принципову електричну схеми радіомодема. Розроблене програмне забезпечення, що реалізує передачу по GSM каналу зв'язку даних, до надходять на модем по мережі Ethernet та через інтерфейс RS-232, та в зворотному напрямку.

У техніко-економічній частині було розраховано собівартість виготовлення приладу та ціну для користувача з урахуванням витрат на обслуговування.

					ЕЛІТ 8.171.00.10.283 ПЗ	Арк.
						87
Зм..	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Кукк К. И. Спутниковая связь: прошлое, настоящее, будущее. — М.: Горячая линия – Телеком, 2015. — 256 с
2. Москвин Э. В. Автоматизированные системы диспетчерского управления. Основные принципы построения: учеб. пособие. Киров: Изд-во ВятГУ, 2015. - 60 с.
3. Антамошин, А.Н. Интеллектуальные системы управления организационно-техническими системами / А.Н. Антамошин, О.В. Блинова, А.В. Бобов, Большак . - М.: РиС, 2016. - 160 с.
4. Каганов, В.И. Радиоэлектронные системы автоматического управления. Компьютеризированный курс / В.И. Каганов. - М.: РиС, 2015. - 432 с.
5. Евменов, В.П. Интеллектуальные системы управления: превосходство искусственного интеллекта над естественным интеллектом? / В.П. Евменов. - М.: КД Либроком, 2016. - 304 с
6. Рыжко, А.Л. Информационные системы управления производственной компанией: Учебник для академического бакалавриата / А.Л. Рыжко, А.И. Рыбников, Н.А. Рыжко. - Люберцы: Юрайт, 2016. - 354 с.
7. Решмин, Б.И. Имитационное моделирование и системы управления / Б.И. Решмин. - Вологда: Инфра-Инженерия, 2016. - 74 с.
8. Бережна О.В. Про особливості побудови адаптивних систем передачі інформації / О.В. Бережна, О.А. Борисенко, М.М. Яковлев, О.О. Рахматоль, М.С. Фурса // Фізика, електроніка, електротехніка (ФЕЕ-2020). Матеріали та програма науково-технічної конференції. – Суми: СумДУ, 2019. - С.°90.
9. Москаленко, В.В. Системы автоматизированного управления электропривода / В.В. Москаленко. - Вологда: Инфра-Инженерия, 2016. - 208 с.
10. Das, S.K. GSM Radio Modem Design: From Speech to Radio Wave / In Mobile Handset Design, S.K. Das (Ed.). - John Wiley & Sons (Asia) Pte Ltd. – 2010.
11. C. D. Oancea GSM infrastructure used for data transmission / 2011 7TH International symposium on advanced topics in electrical engineering (ATEE), Bucharest. – 2011. - PP. 1-4.
12. M. Krishnan, M. Ismail and K. Annuar Radio resource and mobility management in GPRS network /Student Conference on Research and Development, Shah Alam, Malaysia. – 2002. - PP. 132-135
13. Xianlian Zhang, Minhui Wang Real-Time Vehicle Wireless Remote Positioning and Monitoring System Based on GPRS Network and Beidou / Cyber-

					ЕЛІТ 8.171.00.10.283 ПЗ	Арк.
Зм..	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		88

Enabled Distributed Computing and Knowledge Discovery (CyberC) 2016 International Conference. – 2016. – PP. 350-354

14. S.M.Verulkar and M.Limkar / Real Time Health Monitoring Using GPRS Technology // International Journal of Computer Science and Network.– 2012.– V. 1

15. (Электронный ресурс) Двухдиапазонный GSM-радиомодем IRZ MC52PU с возможностью перезагрузки модема сигналом DTR

http://www.kenwood-radio.su/irz/radiomodem/irz_mc52pu_gsm_dvuhdiapazonnyy_perezagruzka_signal_dtr_vozmozhnost.htm (доступ 20.12.2020)

16. (Электронный ресурс) Диспетчеризация водоканалов с использованием GSM/GPRS-модема ОБЕН ПМ01

https://owen.ru/project/dispatcherizatsiya_vodokanalov_s_ispolzovaniem_modema (доступ 20.12.2020)

17. (Электронный ресурс) MOXA | OnCell G3150-HSPA от MOXA.pro <https://moxa.pro/catalog/oncellg3150-hspa> (доступ 20.12.2020)

					ЕЛІТ 8.171.00.10.283 ПЗ	Арк.
						89
Зм..	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		