

## МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

«Цифровий пристрій передавання вимірювальної інформації  
телефонними лініями зв'язку»

Виконав: студент 2-го курсу,  
групи ТКС-22м  
спеціальності 172 – Телекомунікації та  
радіотехніка

Г.М. Диренко І.М.

Керівник: к.т.н., професор каф. ІКСТ  
Г.Г. Бортник Г.Г.

« 11 » 19 2023 р.

Опонент: д.т.н., професор, зав. каф. ІРТС

О.В. Осадчук О.В.

« 12 » 12 2023 р.

Допущено до захисту

Завідувач кафедри ІКСТ

В.М. д.т.н., проф. Кичак В.М.

« 12 » 12 2023 р.

Вінницький національний технічний університет  
Факультет інформаційних електронних систем  
Кафедра інфокомунікаційних систем і технологій  
Рівень вищої освіти II-й (магістерський)  
Галузь знань - 17- Електроніка та телекомунікації


(шифр і назва)  
Спеціальність - 172 – Телекомунікації та радіотехніка

(шифр і назва)  
Освітньо-професійна програма - Телекомунікаційні системи та мережі

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

**Завідувач кафедри ІКСТ**

**д.т.н., професор В.М. Кичак**

 **“19” 09 2023 року**

## **З А В Д А Н Н Я** **НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Диренку Івану Миколайовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Цифровий пристрій передавання вимірювальної інформації телефонними лініями зв'язку

керівник роботи Бортник Геннадій Григорович, канд. техн. наук, професор  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від “18” 09 2023 року № 247

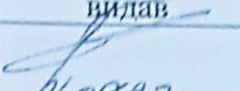

2. Строк подання студентом роботи 08 грудня 2023 року

3. Вихідні дані до роботи число вимірювальних аналогових сигналів - 6; тип лінії зв'язку - телефонна мережа загального користування; смуга робочих частот лінії зв'язку – 300 – 3400 Гц; динамічний діапазон вихідних сигналів до 40 дБ; режим зв'язку – дуплексний; вид модуляції вихідного сигналу – частотна маніпуляція.

4. Зміст текстової частини: розробка технічного завдання, аналіз двосторонніх каналів передавання вимірювальної інформації, розробка структурної схеми пристрою, розробка електричної принципової схеми та програмного забезпечення пристрою, дослідження характеристик і параметрів пристрою.

5. Перелік ілюстративного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) узагальнена структура цифрового пристрою передавання вимірювальної інформації, структурна схема цифрового пристрою передавання вимірювальної інформації, принципова схема цифрового пристрою передавання вимірювальної інформації, блок-схема алгоритму функціонування пристрою передавання вимірювальної інформації, моделювальна схема активного ФНЧ, результати моделювання ФНЧ.

## 6. Консультанти розділів роботи

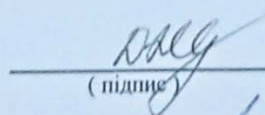
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Спеціальна частина	Бортник Г.Г., професор кафедри ІКСТ		
<del>Економічна частина</del>	<del>к.е.н.доц. Кавалюк В.В.</del>	<del>09.09.23</del>	<del>11.12.23</del>
<del>Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях</del>	<del>проф. кафедри БУСДТБ Дубіцька С.В.</del>	<del>09.09.23</del>	<del>11.12.23</del>

7. Дата видачі завдання 01 вересня 2023 року

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

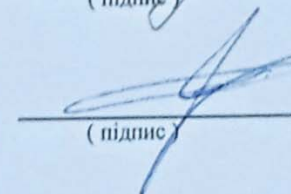
№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Розробка технічного завдання	08.09.2023р.	
2.	Технічне обґрунтування розробки	17.09.2023р.	
3.	Аналіз двосторонніх каналів передавання вимірювальної інформації	06.10.2023р.	
4.	Розробка структурної і принципової схеми цифрового пристрою	27.10.2023р.	
5.	Комп'ютерне моделювання цифрового пристрою	10.11.2023р.	
6.	Аналіз економічної ефективності розробки	17.11.2023р.	
7.	Охорона праці та безпека життєдіяльності	24.11.2023р.	
8.	Оформлення пояснювальної записки та ілюстративної частини	01.12.2023р.	
9.	Нормоконтроль МКР	04.12.2023р.	
10.	Попередній захист МКР, опонування МКР	08.12.2023р.	
11.	Захист МКР ЕК	14.12.2023р.	

Студент

  
 (підпис)

Диренко І.М.

Керівник роботи

  
 (підпис)

Бортник Г.Г.

## АНОТАЦІЯ

УДК 621.391

Диренко І.М. Цифровий пристрій передавання вимірювальної інформації телефонними лініями зв'язку. Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 172 – телекомунікації та радіотехніка, освітня програма – телекомунікаційні системи та мережі. Вінниця: ВНТУ, 2023. 111 с.

На укр. мові. Бібліогр.: 24 назв; рис.: 27; табл. 14.

Робота присвячена розробці цифрового пристрою передавання вимірювальної інформації телефонними лініями зв'язку.

Метою даної магістерської кваліфікаційної роботи є підвищення ефективності передавання вимірювальної інформації телефонними лініями зв'язку за рахунок використання цифрових засобів оброблення сигналів.

Проведено аналіз особливостей побудови двосторонніх каналів передавання вимірювальної інформації.

В ході виконання роботи синтезована структурна схема пристрою, проведений електричний розрахунок каскадів та побудована принципова електрична схема пристрою. При розробці пристрою був використаний мікроконтролер AT90S2313 та інша сучасна елементна база.

Виконано комп'ютерне моделювання фільтра нижніх частот та досліджено основні показники надійності пристрою.

## THE ABSTRACT

Dyrenko I.M. A digital device for transmitting measurement information via telephone communication lines. Master's thesis on specialty 172 - telecommunications and radio engineering, educational program - telecommunications systems and networks. Vinnytsia: VNTU, 2023. 111p.

In Ukrainian language. Bibliogr .: 24 titles; fig .: 27; table. 14.

The work is devoted to the development of a digital device for the transmission of measurement information via telephone communication lines.

The purpose of this master's thesis is to increase the efficiency of transmission of measurement information by telephone communication lines due to the use of digital signal processing tools.

An analysis of the features of the construction of two-way channels for the transmission of measurement information was carried out.

In the course of the work, the structural diagram of the device was synthesized, the electrical calculation of the cascades was carried out, and the basic electrical diagram of the device was built. AT90S2313 microcontroller and other modern element base were used in the development of the device.

Computer modeling of the low-pass filter was performed and the main reliability indicators of the device were investigated.

## ЗМІСТ

	С.
ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ.....	6
ВСТУП.....	7
1 РОЗРОБКА ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ.....	10
2 АНАЛІЗ ДВОСТОРОННІХ КАНАЛІВ ПЕРЕДАВАННЯ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ ІНФОРМАЦІЇ .....	12
3 РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ ПРИСТРОЮ .....	25
3.1 Розробка узагальненої структури.....	25
3.2 Вибір та обґрунтування типу модуляції для пристрою передавання.....	26
3.3 Вибір та обґрунтування методу передавання файлів в лінію зв'язку.....	33
3.4 Реалізація комутації та обробки вхідних аналогових сигналів.....	37
3.5 Організації двостороннього каналу передачі сигналів.....	40
3.6 Вибір та обґрунтування ФНЧ для реалізації модуляції.....	41
3.7 Вибір та обґрунтування типу мікроконтролера.....	42
3.8 Структурна схема пристрою.....	43
4 РОЗРОБКА ЕЛЕКТРИЧНОЇ ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ ТА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРИСТРОЮ .....	44
4.1 Розрахунок кіл мікроконтролера.....	44
4.2 Електричний розрахунок попереднього підсилювача вхідних сигналів.....	46
4.3 Обґрунтування схеми дифсистеми.....	48
4.4 Електричний розрахунок ФНЧ.....	49
4.5 Розробка програмного забезпечення пристрою.....	52
4.5.1 Опис протоколу передавання даних Xmodem.....	52
4.5.2 Обґрунтування методу циклічного кодування .....	54
4.5.3 Блок-схема алгоритму функціонування пристрою передавання вимірювальної інформації .....	59
5 ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК І ПАРАМЕТРІВ ПРИСТРОЮ.....	61
5.1 Аналіз параметрів надійності пристрою.....	61
5.2 Комп'ютерне моделювання фільтра нижніх частот пристрою.....	64
6 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	67

6.1	Проведення комерційного та технологічного аудиту науково-технічної розробки.....	67
6.2	Розрахунок узагальненого коефіцієнта якості розробки.....	71
6.3	Розрахунок витрат на проведення науково-дослідної роботи.....	72
6.3.1	Витрати на оплату праці.....	73
6.3.2	Відрахування на соціальні заходи.....	75
6.3.3	Сировина та матеріали.....	76
6.3.4	Розрахунок витрат на комплектуючі.....	77
6.3.5	Спецустаткування для наукових (експериментальних) робіт.....	77
6.3.6	Програмне забезпечення для наукових робіт.....	78
6.3.7	Амортизація обладнання, програмних засобів та приміщень.....	79
6.3.8	Паливо та енергія для науково-виробничих цілей.....	80
6.3.9	Службові відрядження.....	81
6.3.10	Витрати на роботі, які виконують сторонні підприємства.....	81
6.3.11	Інші витрати.....	82
6.3.12	Накладні (загальновиробничі) витрати.....	83
6.4	Розрахунок економічної ефективності науково-технічної розробки при її можливій комерціалізації потенційним інвестором.....	84
	Висновки до розділу.....	86
7	ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ .....	89
7.1	Технічні рішення щодо безпечного виконання роботи.....	90
7.2	Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії.....	92
7.2.1	Мікроклімат.....	92
7.2.2	Склад повітря робочої зони.....	93
7.2.3	Виробниче освітлення.....	94
7.2.4	Виробничий шум.....	95
7.2.5	Виробничі випромінювання.....	96
7.3	Безпека в надзвичайних ситуаціях.....	97
7.3.1	Дія електромагнітних випромінювань на радіоелектронні системи.....	97
7.3.2	Дослідження стійкості роботи РЕС.....	98
7.3.3	Розробка превентивних заходів з підвищення стійкості роботи РЕС.....	99
	ВИСНОВКИ.....	102
	ПЕРЕЛІК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ.....	103
	ДОДАТКИ.....	106
	Додаток А. Ілюстративна частина .....	107

Додаток Б. Протокол перевірки кваліфікаційної роботи на наявність текстових запозичень .....	114
---	-----



**ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ**

- АМ – амплітудна модуляція  
АЦП – аналого-цифровий перетворювач  
БК – блок керування  
БП – блок порівняння  
ДОН – джерело опорної напруги  
К – комутатор  
ЛА – лічильник адреси  
НР – набір резисторів  
ОМР – одиниця молодшого розряду  
ОП – операційний підсилювач  
ПП – перехідний пристрій  
ПЗП – постійний запам'ятовуючий пристрій  
РП – розв'язувальний пристрій  
СМ – суматор  
ТЛЗК – телефонна лінія загального користування  
ФК – формувач кодів  
ФМ – фазова модуляція  
ЦАП – цифро-аналоговий перетворювач  
ЧМ – частотна модуляція  
ЧНН – час найбільшого навантаження

## ВСТУП

*Актуальність теми.* Сьогодні в Україні, як і в усьому світі, все гостріше постає проблема підвищення швидкості передавання інформації телефонними лініями зв'язку. При експлуатації віддалених приладів чи систем постає задача контролю їх параметрів. Причому цей контроль необхідно здійснювати періодично, в більшості випадків віддалено [1].

Вирішенням цієї проблеми є використання систем диспетчеризації віддалених об'єктів. Дана система складається з передавальної та приймальної частини. В даній магістерській кваліфікаційній роботі буде розроблена передавальна частина даної системи, яка в подальшому називається пристроєм передавання вимірювальної інформації.

Вибір найбільш прийнятної системи зв'язку для кожного конкретного випадку — складне завдання, що має вирішуватися з урахуванням двох основних критеріїв: перший пов'язаний з визначенням видів і послуг зв'язку, другий враховує економічні аспекти, включаючи вартість устаткування, кількість абонентів.

Пристрій передавання вимірювальної інформації виконує функції збору, обробки та передавання вимірювальної інформації.

У зв'язку з цим задача підвищення ефективності передавання вимірювальної інформації телефонними лініями зв'язку є актуальною.

*Аналіз останніх досліджень.* До пристроїв передавання вимірювальної інформації висувається ряд вимог, серед яких точність перетворення вимірювальних сигналів в цифрову форму, надійність роботи, перевірка достовірності переданих даних, мала споживана потужність та використання телефонної мережі загального користування в якості каналу зв'язку [2, 3].

При розробці блок-схеми алгоритму передавання інформації, електричної структурної та електричної принципової схеми необхідно обрати найбільш підходящий вид модуляції та протокол передавання пакетів даних. В наш час найбільш розповсюдженим видом завадостійкого кодування є

циклічне кодування (CRC). Завадостійкий код ефективніше реалізувати програмними методами [4, 5].

*Мета і завдання роботи.* Метою даної магістерської кваліфікаційної роботи є підвищення ефективності передавання вимірювальної інформації телефонними лініями зв'язку за рахунок використання цифрових засобів оброблення сигналів.

Для досягнення цієї мети під час проведення теоретичних та експериментальних досліджень висувались такі задачі:

- розробити технічне завдання;
- розробити структурну електричну схему пристрою;
- здійснити вибір елементної бази;
- виконати електричні розрахунки та побудувати принципову електричну схему пристрою;
- розробити блок-схему алгоритму функціонування та програмне забезпечення мікропроцесорного пристрою;
- виконати дослідження характеристик розробленого пристрою передавання вимірювальних сигналів телефонними лініями зв'язку;
- здійснити економічні розрахунки МКР;
- виконати розділ охорони праці та безпеки життєдіяльності.

*Об'єктом дослідження* є процеси передавання вимірювальних сигналів телефонними лініями зв'язку.

*Предметом дослідження* є методи та засоби передавання вимірювальних сигналів телефонними лініями зв'язку.

*Методи дослідження.* У процесі дослідження застосовувалися: теорія аналого-цифрового перетворення для формування вимірювальних сигналів; теорія сигналів для синтезу вихідних сигналів пристрою; теорія цифрового оброблення сигналів для розроблення засобу передавання цифрової інформації; евристичний синтез для розробки структури пристрою передавання цифрової інформації; комп'ютерне моделювання для перевірки отриманих теоретичних положень роботи.

*Наукова новизна одержаних результатів* полягає в тому, що:

- вперше запропоновано вирази для оцінювання заводозахищеності двосторонніх каналів зв'язку на базі трансформаторного та резисторного розв'язувального пристроїв;
- вперше запропоновано спосіб кодування вимірювальної сигналів для їх передавання телефонними лініями зв'язку.

*Апробація результатів магістерської кваліфікаційної роботи.* Основні ідеї роботи доповідались і обговорювались на ЛІІ науково-технічній конференції підрозділів Вінницького національного технічного університету у 2023 році.

## 1 РОЗРОБКА ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ

Для досягнення мети даної магістерської кваліфікаційної роботи, а саме: підвищення ефективності передавання вимірювальної інформації телефонними лініями зв'язку за рахунок використання цифрових засобів оброблення сигналів, необхідно виконати розробку цифрового мікропроцесорного пристрою передавання телефонних сигналів. Визначимо основні вимоги до даного пристрою.

Призначення пристрою передавання вимірювальних сигналів.

Число вимірювальних аналогових сигналів: 6.

Вид модуляції вихідних вимірювальних сигналів: частотна маніпуляція (30-50кГц).

Тип лінії зв'язку: телефонна мережа загального користування.

Пристрій повинен використовувати стабілізоване електроживлення та надавати можливість отримання даних про виміряні сигнали в будь-який момент часу. Елементна база цифрового мікропроцесорного пристрою: великі інтегральні мікросхеми.

З початку розвитку електрозв'язку в багатоканальних системах використовують лише телефонні канали і на даний момент телефонний зв'язок є домінуючим, тому в якості стандартного каналу в сучасних телекомунікаційних системах є канали тональної частоти зі смугою пропускання 300 – 3400 Гц (3,1кГц).

Частота імпульсів тону мови знаходиться у смузі від 50-80 Гц до 200-250 Гц. Складові основного тону містять до 40 гармонік, при цьому амплітуди гармонік зменшуються при збільшенні частоти зі швидкістю 12 дБ/октаву.

Однією зі специфічних особливостей телефонного зв'язку є неперіодичність надходження мовного сигналу в канал зв'язку. Аналіз статистичних властивостей первинних телефонних сигналів дає змогу

стверджувати, що середнє значення коефіцієнта активності  $\eta$  наближається до рівня 0,25-0,35 [5].

Середня потужність первинного телефонного сигналу на інтервалах активності відповідно до вимогам Міжнародного союзу електрозв'язку (МСЕ) дорівнює 88 мкВт у точці з нульовим рівнем вимірювання. А враховуючи коефіцієнт активності на рівні  $\eta=0,25$  середня потужність телефонного сигналу у точці з нульовим вимірювальним рівнем у час найбільшого навантаження (ЧНН) дорівнює 22мкВт. Динамічний діапазон первинного мовного сигналу дорівнює 35-40 дБ, а пік-фактор дорівнює 14 дБ.

Встановлено, що якість мови є задовільною, якщо первинний телефонний сигнал знаходиться у смузі від 300 до 3400 Гц. Цю смугу частот МСЕ визначив як межі ефективного спектра. Для заданої смуги частот розбірливість мови по складах дорівнює 90%, а розбірливість фраз - перевищує 99% [7].

Параметри телефонного каналу:

- режим зв'язку: дуплексний;
- тип лінії зв'язку: металевий кабель;
- нормована смуга частот (Гц): 300 – 3400;
- тестова частота (Гц): 800;
- динамічний діапазон (дБ): 40;
- пікфактор: 5.
- вихідний опір 600 Ом при частоті 800 Гц.

Пристрій повинен бути виконаний у вигляді друкованої плати.

## 2 АНАЛІЗ ДВОСТОРОННІХ КАНАЛІВ ПЕРЕДАВАННЯ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ ІНФОРМАЦІЇ

Канали, що утворенні за допомогою аналогової системи передачі є односторонніми, тому передача сигналів цими каналами виконується в одному напрямку. Ця особливість обумовлена тим, що підсилювачі на кінцевих і підсилювальних станціях, функціонують сигнали тільки в одному напрямі. При передаванні телефонних сигналів односторонні канали на одному кінці каналу обладнані передавальним пристроєм, а на іншому кінці – приймальним пристроєм. Для забезпечення передавання телефонних сигналів у зворотному напрямку вмикають другий односторонній канал передачі. Передавання телефонних сигналів незалежними один від одного каналами можна виконувати одночасно.

Організація двостороннього зв'язку на місцевих телефонних мережах для при передачі телефонних сигналів базується на двопроводових фізичних колах. При цьому створюють два зустрічних канали. У такому випадку виникає необхідність під'єднання чотирипроводового блоку двостороннього каналу пристрою з двопроводовим локальним каналом. Таке під'єднання виконується за допомогою перехідних пристроїв (ПП) як представлено на рис. 2.1. При створенні двостороннього каналу виникає коло зворотного зв'язку  $c-b-c'-b'-c$ , що може створити режим самозбудження. Для уникнення цього потрібно забезпечити високе згасання ПП у напрямках  $c-b$  і  $c'-b'$ . Таким чином вдається розв'язати напрям передачі та приймання чотирипроводового каналу. А у напрямках  $a-c$ ,  $c'-a'$ ,  $a'-b'$  і  $c-a$ , в яких передається інформація, згасання ПП повинно бути мінімальним. Ці вимоги забезпечуються розв'язувальними пристроями (РП), які входять до складу ПП. Окрім того, ПП забезпечує узгодження вхідних опорів та рівнів передачі двопроводового та чотирипроводового закінчення двостороннього каналу.

РП є шестиполіусником, умовне представлення якого наведено на рис. 2.1. Напрямами пропускання РП називають кола передавчі сигналів з

мінімальним згасанням, напрямом розв'язки – кола з максимальним згасанням. Напрямок пропускання проходить між полюсами  $a - b$  і  $c - a$ , а напрям розв'язки проходить між полюсами  $c - b$ . Оптимальним вважається такий РП, у якого в частотній смузі та у динамічному діапазоні сигналів, що передаються, забезпечуються такі умови:

- мале згасання у напрямках пропускання, тобто,  $\alpha_{ab} = \alpha_{ca} = 0$ ;
- максимальне згасання у напрямі розв'язки, тобто,  $\alpha_{cb} = \infty$ ;
- вхідні опори каналів на всіх полюсах узгоджено з опорами навантаження.

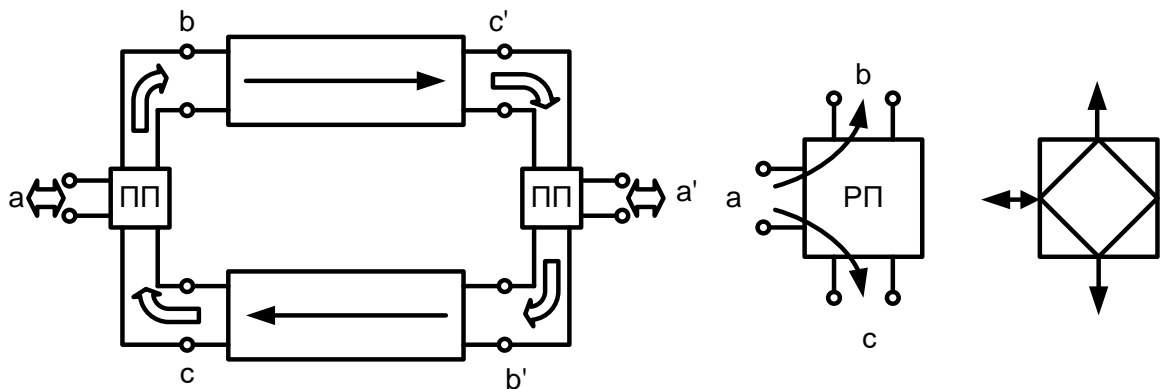


Рисунок 2.1 – Структури двостороннього каналу передачі з двопровідними закінченнями

Можна навести багато схем, що задовольняють такі умови. Існує три групи таких схем:

- лінійні РП на базі пасивних елементів з незмінними у часі параметрами;
- лінійні РП, на базі активних елементів з незмінними у часі параметрами;
- параметричні РП, на базі елементів зі змінними у часі параметрами.

Розв'язувальний пристрій вважається зворотним, за такої умови:



$$\alpha_{ab} = \alpha_{ba} = \alpha_{ac} = \alpha_{ca} = \alpha_{bc} = \alpha_{cb}. \quad (2.1)$$

У протилежному випадку РП вважається незворотним. До зворотних належать лінійні пасивні РП. Проаналізуємо деякі типи розв'язувальних пристроїв.

Диференціальний РП, що є зрівноваженим мостом представлено на рис. 2.2. В одному з плечі мосту вмикається двопроводова частина каналу, а три інших плеча створюють із допоміжних опорів. У діагоналі вмикають кола передачі та приймання чотирипроводової частини двостороннього каналу.

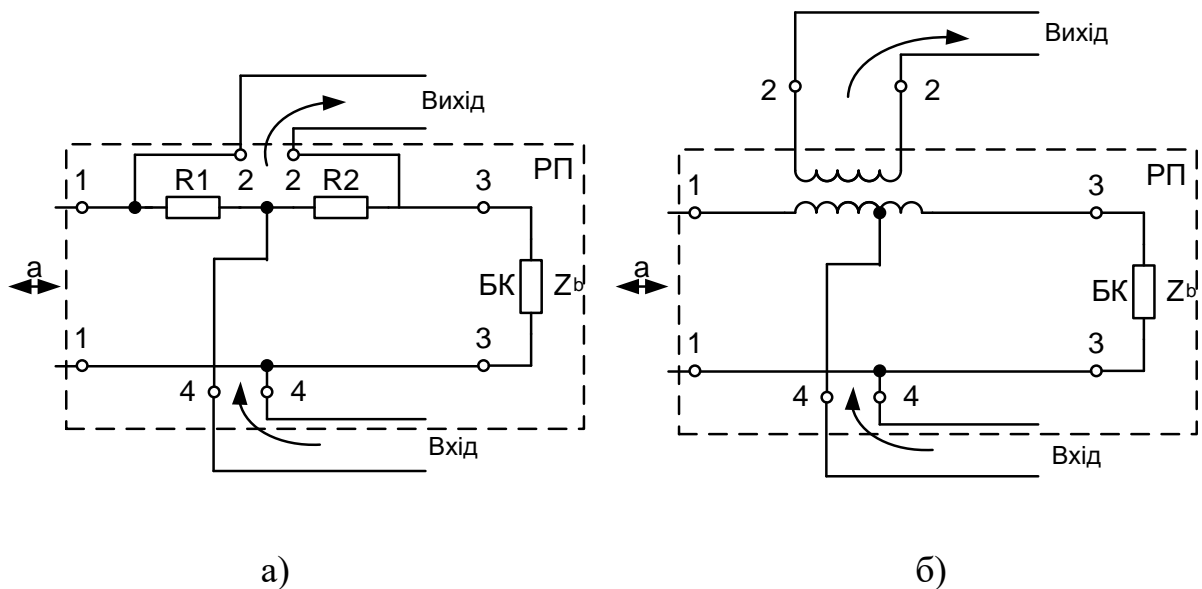


Рисунок 2.2 – Структури диференціальних РП

Урівноваження мосту здійснюється за рахунок підбору опорів допоміжних резисторів. В результаті виникає максимальне згасання між напрямками передавачі та приймання. В засобах телефонного зв'язку використовують мостові РП таких типів – резисторні, наведені на рис. 2.2, а та трансформаторні, що наведені на рис. 2.2, б.

Виконаємо аналіз трансформаторного РП. Для простоти аналізу вважаємо, що диференціальний трансформатор ідеалізований. Це означає, що

активні опори обмоток дорівнюють нулю, а індуктивності є нескінченно великими. Коефіцієнти трансформації дорівнюють

$$n = \frac{\omega_1' + \omega_2''}{\omega_2} = \frac{\omega_1}{\omega_2}; \quad m = \frac{\omega_1''}{\omega_1'}. \quad (2.2)$$

У випадку  $m \neq 1$  РП називають нерівноплечим. У засобах передачі встановлюють рівноплечі РП ( $m=1$ ). Розв'язувальний пристрій є зрівноваженим, якщо згасання в напрямку 4–2 буде нескінченно велике  $\alpha_{42} = \infty$ . Визначимо опір  $Z_b$ , для якого виконується дана умова. Для цього під'єднаємо джерело живлення  $G_c$  з внутрішнім опором  $Z_c$  до виводів 4–4; а виводи 1 – 1 та 2 – 2 навантажимо опорами  $Z_a$  і  $Z_b$ , як на рис. 2.3. У вторинній обмотці трансформатора наводиться електрорушійна сила (ЕРС), що є пропорційною результуючій магніторушійній силі (МРС) первинної обмотки. Напрями струмів  $I_1$  та  $I_3$  протилежні, тому результуюча МРС первинної обмотки дорівнює:  $I_1 \omega_1' - I_3 \omega_1''$ . За умови  $I_1 \omega_1' = I_3 \omega_1''$  напруга між полюсами 2 – 2 буде дорівнювати нулю,  $P_2 = 0$  та  $\alpha_{42} = \infty$ . Тому

$$I_1 = U_{44} / Z_a, \quad I_3 = U_{44} / Z_b, \quad (2.3)$$

де  $U_{44}$  – напруга на виводах 4 –4.

РП вважається збалансованим, якщо:

$$\frac{U_{44}}{Z_a} \omega_1' = \frac{U_{44}}{Z_b} \omega_1''. \quad (2.4)$$

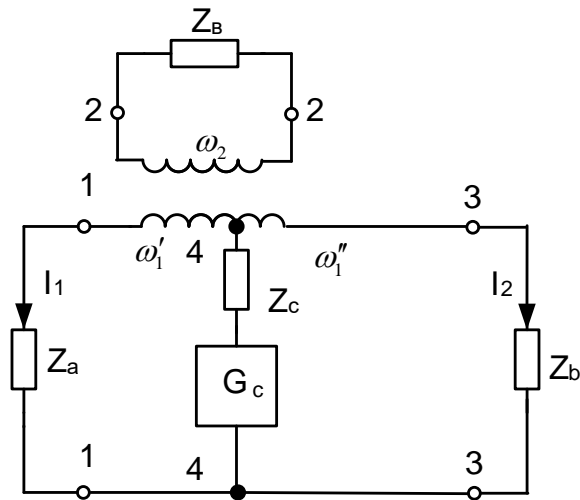


Рисунок 2.3 – Схема передавання сигналу від виводів 4 – 4

Умова рівноваги буде такою:

$$Z_b = mZ_a. \quad (2.5)$$

Двополюсник, що під'єднано до виводів 3 – 3 та урівноважує РП, називається балансним контуром. Визначимо тепер вхідний опір РП з боку виводів 4 – 4 ( $Z_{44}$ ). Враховуючи, що в урівноваженому РП енергія від виводів 4 – 4 до виводів 2 – 2 не передається, то опори  $Z_a$  та  $Z_b$  будуть увімкненими паралельно відносно виводів 4 – 4. Запишемо

$$Z_{44} = Z_a Z_b / (Z_a + Z_b). \quad (2.6)$$

Тоді отримаємо:

$$Z_{44} = Z_a \frac{m}{m+1}. \quad (2.7)$$

Якщо задати рівним цій величині опір резистора  $Z_c$ , що під'єднаний до виводів 4 – 4, то на виводах приймання (на виводах 4 – 4) буде спостерігатись режим узгодження РП з навантаженням.

Знайдемо вирази, як нададуть змогу визначити робоче згасання в напрямках 4 – 1 ( $\alpha_{41}$ ) і 4 – 3 ( $\alpha_{43}$ ). Схема, яка аналізується є зворотна, тому  $\alpha_{41} = \alpha_{44}$  та  $\alpha_{43} = \alpha_{34}$  за умови  $Z_c = Z_{44}$  (узгоджене увімкнення джерела),  $A_{41}$

$= 101g(P_{44}/P_{41})$  і  $\alpha_{43} = 101g(P_{44}/P_{43})$ . Тут  $P_{41}$ ,  $P_{43}$ ,  $P_{44}$  – значення потужностей на опорах  $Z_a$ ,  $Z_b$ ,  $Z_{44}$ . Опори  $Z_a$  і  $Z_b$  увімкнені паралельно відносно виводів 4 – 4, тому  $P_{41} = U_{44}^2/Z_a$ ,  $P_{43} = U_{44}^2/Z_b$  і  $P_{44} = U_{44}^2/Z_{44}$ .

Враховуючи (2.5) і (2.68), отримаємо:

$$\alpha_{41} = \alpha_{14} = 101g \left[ \frac{1+m}{m} \right], \quad (2.8)$$

$$\alpha_{43} = \alpha_{34} = 101g(1+m). \quad (2.9)$$

Якщо джерело енергії з внутрішнім опором  $Z_b$  під'єднано до виводів 2 – 2 та РП є зрівноваженим, тоді  $Z_b = mZ_a$  (див. рис. 2.4). Вважаємо, що  $Z_{22}$  – вхідний опір РП у напрямках 2 – 1 і 2 – 3. У схемі на рис. 2.4 виконується умова рівноваги, а саме  $\alpha_{24} = \alpha_{42} = \infty$ , при цьому різниця потенціалів між виводами 4 – 4 дорівнює нулю. Таким чином, стан схеми не залежить від значення опору, що увімкнено між цими виводами і тому можна вважати, що виводи розімкнено.

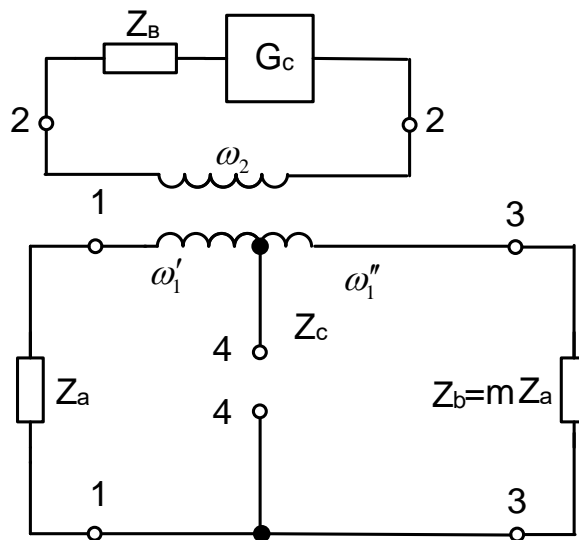


Рисунок 2.4 – Схема передачі сигналу від виводів 2 – 2

Опори  $Z_a$  і  $Z_b$  увімкнено послідовно відносно первинної обмотки трансформатора. Звідси  $Z_{22} = (Z_a + Z_b) \frac{1}{n^2}$ .

З урахуванням виразу (2.5) отримаємо:

$$Z_{22} = Z_a \frac{1+m}{n^2}. \quad (2.10)$$

На виводах 2 - 2 РП буде узгоджено з навантаженням при  $Z_b = Z_{22}$ . Для визначення робочих згасань  $\alpha_{21}$  та  $\alpha_{23}$ , вважається, що внутрішній опір  $Z_b$  узгоджений з вхідним опором  $Z_{22}$ . Звідси  $\alpha_{21} = 10 \lg \frac{P_{22}}{P_{21}}$  і  $\alpha_{23} = 10 \lg \frac{P_{22}}{P_{23}}$ . Тут  $P_{22}$  та  $P_{23}$  – потужності на опорах  $Z_a$ ,  $Z_{22}$  і  $Z_b$ . У схемі на рис. 2.4 видно, що

$$P_{22} = \frac{U_{22}^2}{Z_{22}}, P_{21} = \left( \frac{U_{22}n}{Z_a + Z_b} \right)^2 Z_a \quad (2.11)$$

і

$$P_{23} = \left( \frac{U_{22}n}{Z_a + Z_b} \right)^2. \quad (2.12)$$

З урахуванням виразів (2.9) та (2.10), після нескладних перетворень, можна отримати

$$\alpha_{21} = \alpha_{12} = 10 \lg(1+m), \quad (2.13)$$

$$\alpha_{23} = \alpha_{32} = 10 \lg \frac{1+m}{m}. \quad (2.14)$$

Перейдемо до аналізу випадку, при якому генератор з внутрішнім опором  $Z_a$  під'єднано до виводів 1 – 1, як на рис. 2.5. РП є зрівноваженим, тобто,  $Z_b = mZ_a$  і на виводах 2 – 2 та 4 – 4 навантаження є узгодженим. Згасання  $\alpha_{21}$  та  $\alpha_{14}$  визначаються за виразами (2.8) та (2.13). Знайдемо вирази, які визначають робоче згасання  $\alpha_{13}$ , в напрямку 1 – 3 та вхідний опір РП з боку виводів 1– 1. Нехай  $\alpha_{13} = 10 \lg \frac{P_{11}}{P_{13}}$ . Тут  $P_{11}$  є потужність генератора  $G_c$  на вході 1 – 1;  $P_{13}$  – споживана потужність від джерела  $G_c$  з опором  $Z_b$ . Але  $P_{11} = P_{12} + P_{14} + P_{23}$ . Тут  $P_{12}$ ,  $P_{14}$  є потужності джерела  $G_c$  на опорах  $Z_b$  і  $Z_c$ . При цьому

$$P_{12} = P_{11} \cdot 10^{-0,1\alpha_{12}}, \quad P_{14} = P_{11} \cdot 10^{-0,1\alpha_{14}}. \quad (2.15)$$

Підставимо в ці вирази  $\alpha_{12}$  та  $\alpha_{14}$  із формул (2.7) та (2.13). Звідси отримаємо, що  $P_{12} = \frac{P_{11}}{1+m}$ ;  $P_{14} = \frac{P_{11}m}{1+m}$ , тому  $P_{12} + P_{14} = P_{11}$  і  $P_{13} = 0$ . Звідки

$$\alpha_{13} = \alpha_{13} = \infty. \quad (2.16)$$

Отже, в трансформаторному РП є два напрями розв'язки: 4 – 2 і 1 – 3.

Якщо  $P_{13} = 0$ , то в схемі на рис. 2.5 можна розімкнути виводи 3 – 3, не змінюючи її режиму.

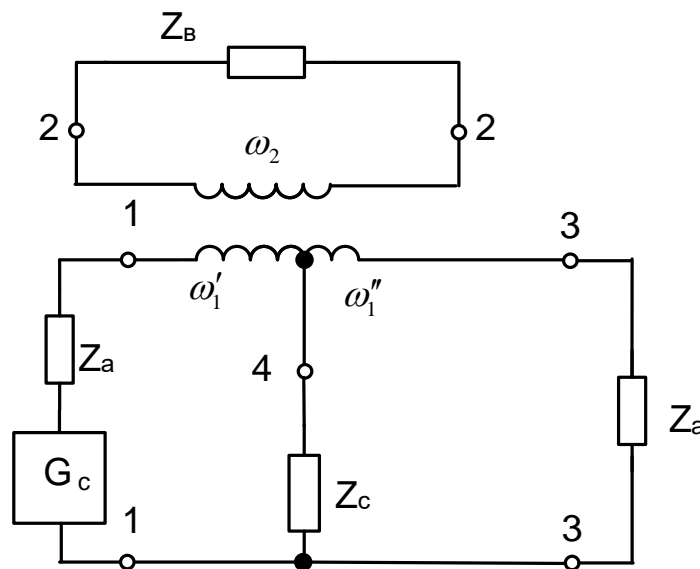


Рисунок 2.5 – Схема передачі сигналу від виводів 1-1

Отримаємо схему, зображену на рис. 2.6, з якої видно, що

$$Z_{11} = Z_b \frac{\omega'_1}{\omega_2} + Z_c. \quad (2.17)$$

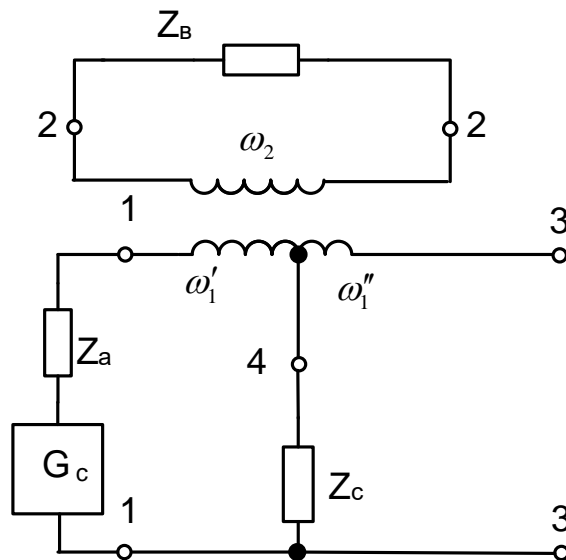


Рисунок 2.6 – Структурна схема визначення вхідного опору

За узгодженого ввімкнення

$$Z_b = \frac{Z_a(1+m)}{n^2}, \quad Z_c = \frac{Z_a m}{m+1}. \quad (2.18)$$

Окрім того,  $\frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{n}{1+m}$ , тому підставляючи ці вирази у формулу (2.17),

отримаємо:

$$Z_{11} = Z_a. \quad (2.19)$$

Враховуючи умови рівноваги РП ( $Z_b = mZ_a$ ), можна записати:

$$Z_{11} = \frac{Z_b}{m}. \quad (2.20)$$

В реальності при під'єднанні до РП двопроводової лінії передачі опір балансного опору  $Z_b$  наближено дорівнює вхідному опору лінії  $Z_{in}$ . Опори резисторів  $Z_c$  та  $Z_b$  також не відповідають точним значенням, що визначаються за виразами (2.7) і (2.10). Отже, в реальних умовах можна лише

наближено імітувати умови рівноваги. Визначимо згасання в напрямках розв'язки 4 – 2 (2 – 4) наближено зрівноваженого РП.

Нехай до полюсів 4 – 4 під'єднано генератор, як на рис. 2.7 і знайдемо згасання  $\alpha_{42}$ .

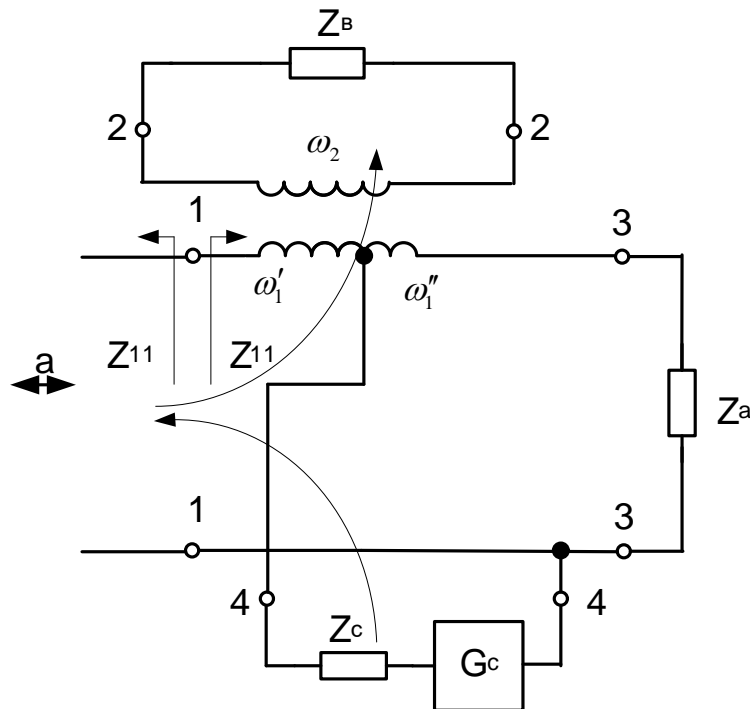


Рисунок 2.7 – Схема шляхів передачі сигналу в незрівноваженому РП  $Z_{11}$

Вхідний опір  $Z_{11} = \frac{Z_b}{m} \neq Z_{л}$ , тому в точках 1 – 1 не спостерігається узгодженого ввімкнення лінії передачі. При цьому частина енергії, що надходить від генератора, відображається в сторону РП та на шляху 1 – 2, зі згасанням  $\alpha_{12}$ , буде надходити до навантаження  $Z_b$ . Звідси:

$$\alpha_{42} = \alpha_{41} + \alpha_{\text{відб1}} + \alpha_{12}. \quad (2.21)$$

Тоді згасання відбиття дорівнює

$$\alpha_{\text{відб1}} = 20 \lg \left| \frac{Z_{л} + Z_{11}}{Z_{л} - Z_{11}} \right|. \quad (2.22)$$



Підставимо  $Z_{11}$  і  $Z_b/m$  і позначимо отримане значення через  $A_e$ :

$$A_e = 20 \lg \left| \frac{mZ_n + Z_b}{mZ_n - Z_b} \right|. \quad (2.23)$$

Згасання  $A_e$  називаються балансним. Підставляючи у вираз (2.13) значення  $\alpha_{11}$  і  $\alpha_{42}$ , що знаходяться за формулами (2.8) і (2.14), отримаємо:

$$\alpha_{42} = A_e + 10 \lg \left| \frac{(1+m)^2}{m} \right|. \quad (2.24)$$

Для рівноплечого РП, коли  $m=1$  і  $A_{42} = A_e + 6$  дБ:

$$A_e = 20 \lg \left| \frac{Z_n + Z_b}{Z_n - Z_b} \right|. \quad (2.25)$$

В реальності балансне згасання не перевищує значень 25 – 30 дБ у тих випадках, коли балансний контур моделює хвильовий опір лінії передачі. Якщо для балансного контура використовується резистор з опором, що дорівнює значенню хвильового опору лінії передачі ( $Z_b = 600$  Ом), тоді балансне згасання дорівнює 5 – 8 дБ. У табл. 2.1 представлено вирази, які призначені для трансформаторного РП.

Таблиця 2.1 – Параметри трансформаторного РП

Напрямок передачі	Згасання РП, дБ		Вхідний опір РП, Ом	
	$m \neq 1$	$M = 1$	$m \neq 1$	$M = 1$
1 – 2, 2 – 1	$10 \lg(1+m)$	$\sim 3$	$Z_{11} = Z_0/m$	$Z_{11} = Z_b$
2 – 3, 3 – 2	$10 \lg[(1+m)/m]$	$\sim 3$	$Z_{22} = Z_a(1+m)/n^2$	$Z_{22} = 2Z_a/n^2$
4 – 1, 4 – 1	$10 \lg[(1+m)/m]$	$\sim 3$	$Z_{44} = Z_a m/(m+1)$	$Z_{22} = Z_a/2$
4 – 2, 2 – 4 Незрівноважений РП	$A_e + 10 \lg[(1+m)^2/m]$	$\sim A_e + 6$	–	–
4 – 3, 3 – 4	$10 \lg(1+m)$	$\sim 3$	$Z_{33} = mZ_a$	$Z_{33} = Z_a$

Виконаємо аналіз резисторного РП. Структурна схема одного з варіантів резисторного РП представлена на рис. 2.2, б. Для режиму, коли джерело сигналу з внутрішнім опором  $Z_c$  під'єднано до виводів 4 – 4, а виводи 1 – 1 і 2 – 2 навантажені резисторами з опором  $Z_a$  і  $Z_b$ , структурна схема резисторного РП представлена на рис. 2.8.

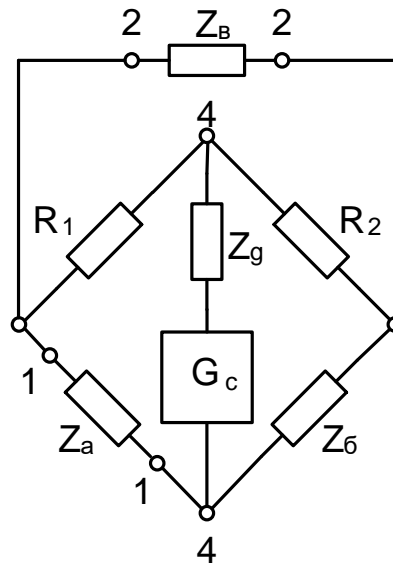


Рисунок 2.8 – Структурна схема резисторного РП

Такий РП називають рівноплечим при  $R_1 = R_2 = R$ . Зрозуміло, що рівновага рівноплечого РП, а саме виконання рівності  $\alpha_{42} = \alpha_{24} = \infty$ , досягається при умові  $Z_b = Z_a$ . Визначимо робоче згасання рівноплечого РП в напрямках пропускання за умови, що навантаження на всіх виводах увімкнено узгоджено.

Схема, що аналізується є зворотною. Якщо обрати опори  $R_1 = R_2 = Z_a$ , тоді схема буде симетричною відносно виводів 4 – 4 та 2 – 2, та  $\alpha_{21} = \alpha_{12} = \alpha_{14} = \alpha_{41} = \alpha_0$ . Позначимо як  $P_{44}$  потужність, що спостерігається на навантаженні, яке під'єднано до виводів 4 – 4 і через  $P_{41}$  – потужність на опорі  $Z_a$ . Зі схеми, зображеної на рис. 2.5 видно, що  $P_{44}/P_{41} = 4$ . Тому  $\alpha_0 = 10 \lg(P_{44}/P_{41}) \approx 6$  дБ.

У симетричній схемі маємо  $Z_{11} = Z_{22} = Z_{44} = Z_b$ . Якщо до виводів 1 – 1

під'єднана двопроводова лінія з вхідним опором  $Z_A \neq Z_b$ , тоді РП буде вважатись незрівноваженим. Згідно з наведеною методикою аналізу трансформаторного РП, визначимо згасання незрівноваженого РП у напрямку 4 – 2.

$$\alpha_{42} = A_e + 12, \text{ дБ}, \quad (2.26)$$

де  $A_e = 20 \lg |(Z_A + Z_b)/(Z_A - Z_b)|$ .

Отже, згасання сигналів у резисторних РП виявляються вищими, ніж в трансформаторних РП.

## 3 РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ ПРИСТРОЮ

### 3.1 Розробка узагальненої структури

У загальному випадку цифровий пристрій передавання вимірювальної інформації телефонними лініями зв'язку повинен виконувати такі основні функції:

- реєстрування сигналів;
- перетворення сигналів;
- обробка даних;
- передавання даних телефонною лінією зв'язку;

На рис. 3.1 представлено узагальнену структуру цифрового пристрою передавання вимірювальних сигналів, що побудована на базі вимог, наведених у технічному завданні.

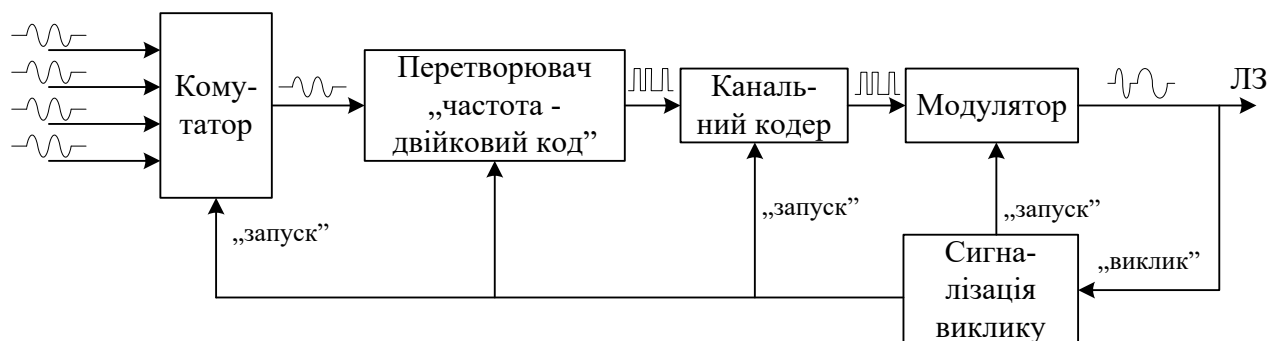


Рисунок 3.1 – Узагальнена структура цифрової системи передавання вимірювальної інформації

Після отримання сигналу виклику блок сигналізації виклику проводить запуск всіх інших елементів системи. Сигнал, що переносить вимірювальну інформацію, яку слід передати, поступає на вхід комутатора, який по черзі перемикає кожен сигнал на перетворювач „частота–двійковий код”. Канальний кодер утворює пакет даних із кожного перетвореного вхідного аналогового сигналу. Двійкова послідовність з пакету поступає на модулятор, який перетворює відеоімпульсний двійковий сигнал у

радіоімпульсний сигнал, який за своїми характеристиками узгоджено з характеристиками телефонної мережі загального користування.

При синтезі структурної схеми пристрою необхідно провести аналіз на вибір не тільки елементної бази, але й методів кодування та модуляції.

### **3.2 Вибір та обґрунтування типу модуляції для пристрою передавання**

Модуляція застосовується для перетворення первинних сигналів електрозв'язку у вторинні і навпаки. Спектр первинного сигналу (верхня і нижня частоти) звичайно не збігається зі смугою пропускання каналу, тому спектр сигналу потрібно перенести в смугу пропускання каналу.

Найбільш просто описується математично (і реалізується практично) амплітудна модуляція. Розглянемо амплітудну модуляцію (АМ) на прикладі, коли роль носійної відіграє високочастотне гармонічне коливання  $S_H(t) = U_H \cos(\omega_H t)$  і сигнал, що модулює, також є гармонійним коливанням низької частоти:

$$S(t) = U \cos(\Omega t).$$

$$S_{AM}(t) = U_H (1 + mS(t)) \cos(\omega_H t);$$

$$S_{AM}(t) = U_H (1 + mU \cos(\Omega t)) \cos(\omega_H t) = U_H \cos(\omega_H t) + mU_H U \cos(\Omega t) \cos(\omega_H t);$$

$$S_{AM}(t) = U_H \cos(\omega_H t) + 0,5mU_H U \cos((\omega_H - \Omega)t) + 0,5mU_H U \cos((\omega_H + \Omega)t),$$

де  $m \leq 1$  - коефіцієнт модуляції.

В результаті АМ утворюються так звані комбінаційні частоти чи бічні смуги (у випадку, якщо сигнал, що модулює, відрізняється від гармонічного) – верхня і нижня.

Різновидом АМ є балансна модуляція (АМ з подавленою носійною). Носійна частота не переносить інформаційний сигнал, але на неї приходить значна частина потужності сигналу АМ. Тому в ряді випадків носійну придушують. Сигнал балансної модуляції формується перемноженням носійної  $S_H(t) = U_H \cos(\omega_H t)$  і сигналу  $S(t) = U \cos(\Omega t)$ , що модулює:

$$S_H(t)S(t) = 0,5U_H U (\cos((\omega_H - \Omega)t) + \cos((\omega_H + \Omega)t)).$$

У свою чергу, різновидом АМ без носійної є односмугова модуляція (ОСМ) – чи амплітудна модуляція з однією бічною смугою (АМ-ОБС). Такий вид модуляції може бути отриманий за допомогою односмугового модулятора, який реалізовано фільтровим методом (рис. 3.2).

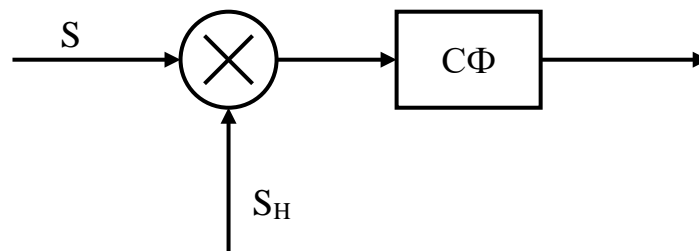


Рисунок 3. 2 – Односмуговий модулятор

Недоліками АМ, зокрема, лінійного модулятора є:

- у загальному випадку, необхідність придушення носійної;
- в АМ-сигналі інформація дублюється у двох бічних смугах;
- складність виконання смугового фільтра (СФ).

Зазначені недоліки, в основному, усуваються при використанні фазорізницевої схеми (рис. 3.3). У схемі фазорізницевого модулятора відбувається придушення однієї з бічних смуг, а потужність іншої бічної смуги подвоюється. Недоліком даної схеми є складність виконання фазоінвертора (ФІ) для всієї смуги частот сигналу, що модулює.

Розглянемо процес демодуляції сигналів. Часто процес демодуляції називають детектуванням.

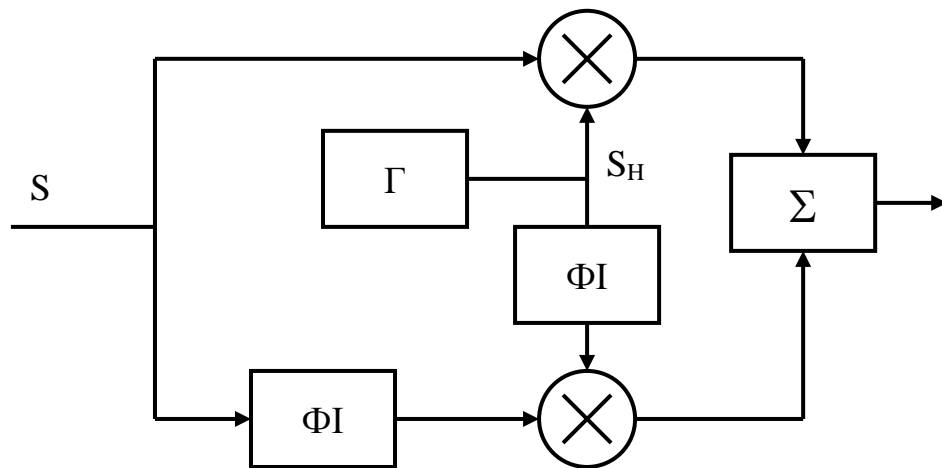


Рисунок 3.3 – Фазорізницевий балансний модулятор

Усі методи приймання (демодуляції), для реалізації яких необхідне точне апріорне значення початкових фаз вхідних сигналів, називається когерентним. У тих випадках, коли відомості про початкові фази очікуваних сигналів визначаються із самого прийнятого сигналу, прийом називають квазікогерентним. Якщо відомості про початкові фази вхідних сигналів відсутні чи їх по деяких причинах не використовують, то прийом називають некогерентним (рис. 3.4).

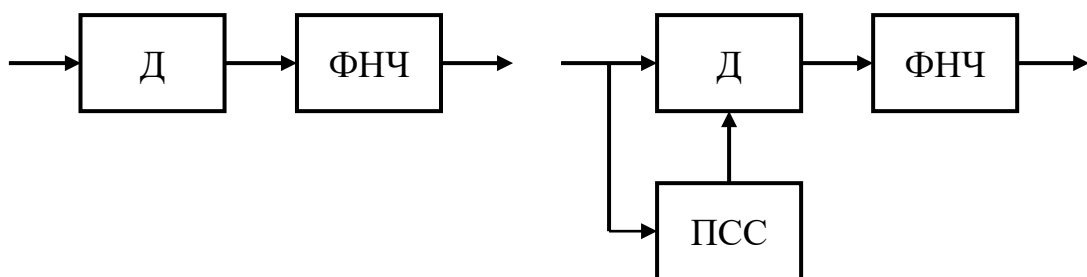


Рисунок 3.4 – Некогерентне та квазікогерентне приймання сигналів

Опорний сигнал при когерентному прийомі повинен мати ті ж початкові фази, що і вхідні сигнали, тобто повинен бути когерентним із вхідними сигналами. Це вимога зазвичай ускладнює реалізацію демодулятора і вимагає введення додаткових пристроїв (наприклад, приймач

синхросигналу (ПСС) на рис. 3.43), що забезпечують регулювання фаз опорних сигналів.

Проаналізуємо різні типи модуляцій з точки зору завадостійкості. За рівних умов завадостійкість частотної модуляції (ЧМ) значно вища, ніж АМ, а завадостійкість фазової модуляції (ФМ) незначно перевищує ЧМ. Однак складність реалізації приймальних пристроїв даних видів модуляції має таке ж співвідношення.

Частотну та фазову модуляцію розглянемо на прикладі модуляції гармонічного сигналу (носійної) дискретним (двійковим) сигналом, тобто випадки частотної і фазової маніпуляції. При частотній маніпуляції частота носійного колювання змінюється дискретно в залежності від значення сигналу, який модулює. На практиці застосовується не тільки двійкова ЧМ, але так само 4-х (рис. 3.5) і 8-рівнева ЧМ. При використанні багаторівневої ЧМ вихідна двійкова послідовність розбивається на відповідне число біт (дібіт, трибіт і т.і.) для визначення однієї з можливих частот носійної, що передається в даний момент.

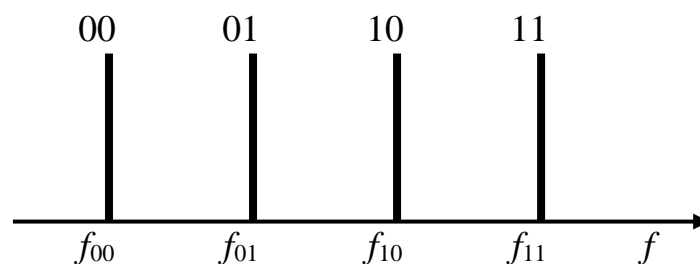


Рисунок 3.5 – Чотирирівнева частотна маніпуляція

Великий інтерес представляє частотна маніпуляція з мінімальним зміщенням (ЧММЗ), при якій фаза маніпульованого сигналу не має стрибків при зміні поточного значення носійної частоти. Для цього рознесення між частотами вибирається таким, щоб за час тривалості одного елемента фаза носійної змінилася рівно на  $\pi/2$ . У випадку ЧММЗ ефективність використання смуги частот вище, ніж у звичайної ЧМ.



Фазова модуляція в класичному вигляді не знайшла практичного застосування через так звану "зворотну роботу", коли при помилці в приймачі одного біта наступні за ним будуть прийняті інверсно. Практично застосовується відносна фазова модуляція (ВФМ), при якій інформація представляється не абсолютним значенням фази, а різницею фаз несучої на двох сусідніх інтервалах часу. Застосовуються не тільки дворівнева, але і багаторівнева (4, 8 і т.і.) ФМ (рис. 3.6).

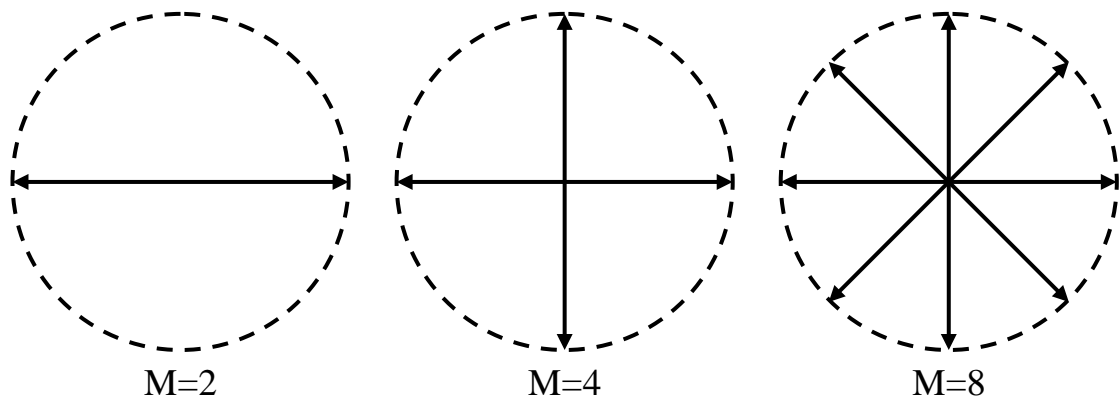


Рисунок 3.6 – Фазова маніпуляція

Сигнал всіх типів ФМ може бути отриманий за допомогою балансної схеми (КАМ-модулятора) (рис. 3.7), причому забезпечення ВФМ досягається відповідною зміною бітового потоку в кодері К.

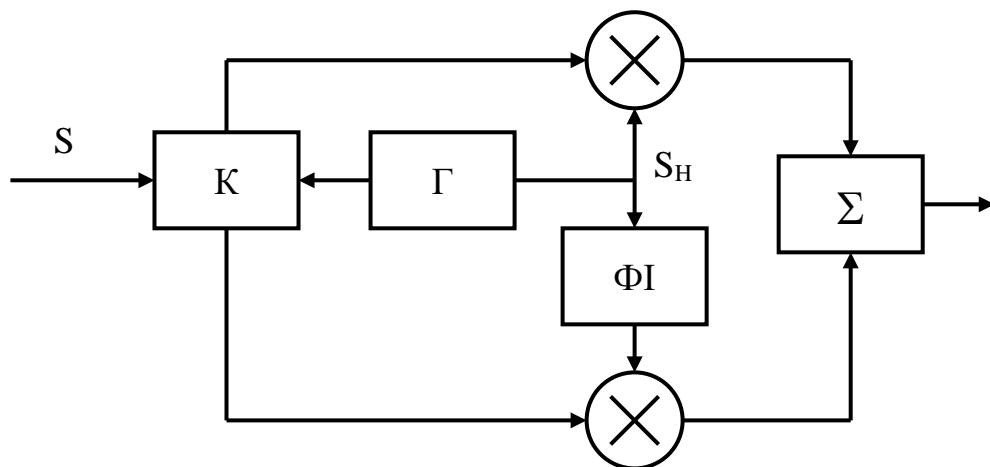


Рисунок 3.7 – КАМ-модулятор

Широке застосування знаходить квадратурна амплітудна маніпуляція (КАМ). Цей вид маніпуляції, власне кажучи, є сполученням АМ і ФМ, у зв'язку з чим його ще називають амплітудно-фазовою маніпуляцією (АФМ). У випадку КАМ змінюється і фаза і амплітуда носійної. Застосовуються КАМ 4-го рівня і вище (КАМ-4, КАМ-16 (рис. 3.8), КАМ-64 і т.і.), причому КАМ-4 збігається з ВФМ 4-го рівня.

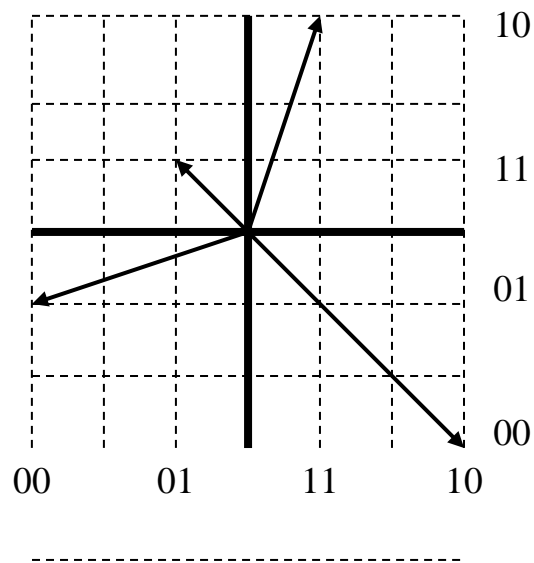


Рисунок 3.8 – КАМ-16 із прикладами сигнальних точок

1110, 1000, 0111, 0001

Згідно технічного завдання, швидкість передавання інформації в лінії зв'язку (ЛЗ) не є критичною; критичним є лише смуга пропускання ЛЗ, що складає 3100 кГц. Враховуючи той факт, що функції модулятора можна виконати програмно, для реалізації системи обирається дворівнева частотна маніпуляція (рис.3.9).

При виборі частоти для передачі високого та низького рівнів сигналу даних керуємось тим, що частоти повинні входити в смугу пропускання ТЛЗК. Отже, обираємо:

1. Рівень логічної "0" відповідає 1200 Гц
2. Рівень логічного "1" – 1800 Гц.

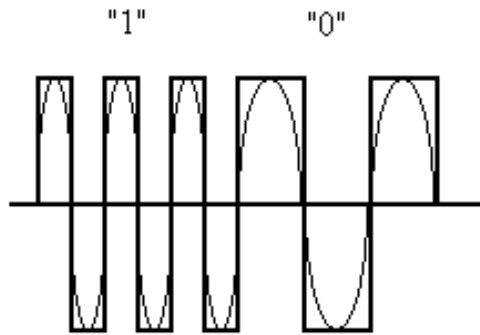


Рисунок 3.9 – Реалізація частотної маніпуляції

Частотну маніпуляцію вихідного сигналу розроблюваного пристрою пропонується здійснювати програмним шляхом, формуючи на одному із виходів зовнішнього інтерфейсу сигнал прямокутної форми необхідної частоти зі шпаруватістю 2.

Знайдемо часові параметри формування рівнів логічної “1” та логічної “0” на базі двійкових послідовностей:

$$t_{"1"} = \frac{1}{2f_{"1"}} = \frac{1}{2 \cdot 1800} = 0,28 \text{ мс},$$

$$t_{"0"} = \frac{1}{2f_{"0"}} = \frac{1}{2 \cdot 1200} = 0,4 \text{ мс}.$$

Сформований цифровий сигнал з такими параметрами подається на вхід фільтра нижніх частот (ФНЧ), в смузі пропускання якого лежать лише перші гармоніки даного сигналу. На виході ФНЧ отримаємо синусоїдальні сигнали з частотами 1200 Гц для рівня логічної “0” та 1800 Гц для рівня логічної “1”.

### 3.3 Вибір та обґрунтування методу передавання файлів в лінію зв'язку

Розглянемо протоколи, що дозволяють організувати приймання і передавання файлів.

Протокол ASCII працює без корекції помилок. В результаті при передачі файлів по телефонних лініях через шум прийнятий файл може сильно відрізнятись від переданого. Якщо передається виконуваний файл, то помилки при передачі можуть стати фатальними – отримана програма не буде працювати. Якщо ж передаються короткі текстові повідомлення, то помилки легко можуть бути виправлені.

Найбільш поширені три різновиди протоколу Xmodem [10]:

- Оригінальний протокол Xmodem;
- Xmodem з CRC;
- 1K Xmodem.

Оригінальний протокол Xmodem розробив Вард Кристенсен (Ward Christensen) у 1977 році. Вард Кристенсен був одним з перших фахівців із протоколів обміну даними. На честь його цей протокол іноді називають також протоколом Кристенсена (Xmodem Christensen).

При передачі файлів за допомогою протоколів Xmodem формат даних повинен бути наступним: 8-бітові дані, один стоповий біт і відсутність перевірки на парність. Для передачі використовується напівдуплексний метод, тобто дані можуть передаватися в кожен момент часу тільки в одному напрямку.

Протокол Xmodem Checksum передає дані пакетами по 128 байт. Разом з пакетом передається його контрольна сума. При одержанні пакета контрольна сума обчислюється знову і порівнюється із сумою, яка обчислена на передавальній машині. Якщо ці дві суми збігаються, вважається що пакет переданий без помилок.

Цей метод забезпечує досить добрий захист від помилок. Тільки один з 256 пакетів може містити помилки, хоча контрольна сума вірна.

Більш захищеним від помилок є протокол Xmodem CRC (Cyclic Redundancy Check). Xmodem CRC – протокол з перевіркою циклічним надлишковим кодом. У ньому 8-бітова контрольна сума замінена на 16-бітовий циклічний надлишковий код. Цей протокол гарантує ймовірність виявлення помилок, рівну 99,9984%. Тільки один з 700 мільярдів поганих пакетів буде мати правильний CRC-код. Протокол Xmodem CRC також передає дані пакетами по 128 байт [10].

Якщо передача йде без помилок, протокол 1К Xmodem збільшує розмір пакета з 128 до 1024 байт. При збільшенні числа помилок розмір пакета знову зменшується. Така зміна довжини пакета дозволяє збільшити швидкість передачі файлів. В іншому протокол 1К Xmodem збігається з протоколом Xmodem CRC.

Протокол Ymodem розробив Чак Форсберг (Chuck Forsberg) у 1984 - 1985 роках. Протокол Ymodem схожий на протокол 1К Xmodem, але має одну відмінність: протокол Ymodem може передавати або приймати за один захід кілька файлів [10].

Існує модифікація протоколу Ymodem – Ymodem G. Протокол Ymodem G призначений для використання з модемами, що автоматично здійснюють корекцію помилок на апаратному рівні. Наприклад, MNP-модеми з апаратною реалізацією MNP. У цьому протоколі спрощений захист від помилок, тому що її виконує сам модем. Протокол не використовується, якщо модем не здійснює апаратну корекцію помилок.

Іншою особливістю протоколу Ymodem є те, що разом з файлом передаються всі його атрибути. У результаті як мінімум ім'я файлу і дата залишаються незмінними.

Zmodem – це досить швидкий протокол передачі даних, що використовує вікна. Zmodem здійснює передачу даних пакетами по кілька штук у вікні. При цьому приймаючий дані комп'ютер не передає сигнал

підтвердження чи сигнал запиту невірною пакета, поки не одержить усі пакети у вікні.

Протокол Zmodem, так само як і протокол 1K Xmodem, може змінювати довжину пакета (блоку) від 64 до 1024 байт у залежності від якості лінії [10]. Крім того, протокол має наступну корисну особливість: якщо при передачі файлу відбувся збій на лінії і передався весь файл, то наступного разу при передачі цього ж файлу він автоматично почне передаватися з того місця, де відбувся обрив зв'язку. Таким чином, дуже великі файли можна передавати частинами.

Особливістю протоколу Vmodem є можливість одночасного пересилання двох файлів у різних напрямках. Крім того, одночасно з передачею файлів можливо поговорити з оператором віддаленого комп'ютера за допомогою клавіатури.

Широко відомі два різновиди протоколу Kermit – стандартний і Super Kermit. Цей протокол був розроблений у Колумбійському університеті в 1981 році для зв'язку між різними типами комп'ютерів, включаючи великі комп'ютери, міні-комп'ютери і персональні комп'ютери. На відміну від протоколів Xmodem і Ymodem він використовує для передачі дані пакети змінної довжини з максимальним розміром 94 байт [10]. Так само як і Ymodem, протокол Kermit може чи передавати приймати кілька файлів за один сеанс.

Протокол Super Kermit призначений спеціально для використання в мережах типу Telenet чи Tymnet. Ці мережі мають дуже великі затримки при передачі даних. Так що якщо чекати підтвердження для кожного пакета, це може привести до різкого зниження швидкості обміну. У протоколі Super Kermit ця проблема зважується в такий спосіб: кілька пакетів передається за один раз (в одному вікні). Усі дії по контролі над помилками залишаються, за винятком того, що приймаючий дані комп'ютер не передає сигнал підтвердження чи сигнал на запит невірною пакета, доки не одержить усі пакети у вікні.

У результаті використання такого механізму відбувається різке скорочення часу затримки. Вікно може містити від одного до 31 пакета. На додаток Kermit використовує також попередню компресію даних для збільшення ефективної швидкості обміну даними.

На ранніх етапах застосування модемів функція захисту від помилок покладалася на окремі пристрої (ПЗП – пристрій захисту від помилок) чи вирішувалася програмно, за рахунок обчислювальних ресурсів. В даний час ця функція реалізується в більшості типів модемів, що випускаються. Поряд із захистом від помилок протоколами виконуються і інші функції рівня 2 (канального) еталонної моделі взаємозв'язку відкритих систем Міжнародної організації по стандартизації (МОС): встановлення логічного з'єднання, керування припиненням логічного з'єднання, керування припиненням фізичного з'єднання. Для захисту від помилок у модемах (а також при програмній реалізації цієї функції) використовуються різновиди протоколу з виявленням помилок по коду й автоматичному повторному запиту кадрів, прийнятих з помилками (ARQ – automatic request protocol) [11].

Фактичним промисловим стандартом на модеми став протокол захисту від помилок MNP (Micronom Network Protocol компанії Micronom). Зараз застосовується 10 класов цього протоколу, ряд з який, починаючи з 5-го класу, виконує функції стиснення даних, емуляції дуплексної передачі та інші функції. Цей протокол реалізований багатьма фірмами у вигляді програмного забезпечення ВІС мікроконтролерів типу Intel 8051 і використовується в багатьох модемах. Як міжнародний стандарт МККТТ був обраний протокол LAPM (Link Access Protocol for Modems). Докладніше опис цього протоколу приведено в Рекомендації V.42. Основним фактором, що обумовив вибір цього протоколу стала його сумісність з аналогічними протоколами для цифрових мереж з пакетною комутацією X.25 (протокол LAPXB) і цифрових мереж інтегрального обслуговування (протокол LAPD). Перевагою протоколу LAPM у порівнянні з протоколом MNP (клас 4) є можливість застосування адресного перезапиту, що дає значне зниження

втрат часу. Протокол MNP (клас 4) поміщений як альтернативний протокол у Додатку до Рекомендації V.42. Однак МККТТ припускає надалі розвивати тільки протокол LAPM. Такі модеми виявляють тип протоколу захисту від помилок, використовуваного протилежним модемом, і включають потрібний тип протоколу.

Для досить численної групи модемів, що не мають убудованої функції захисту від помилок, призначені програмні протоколи захисту від помилок: XModem, YModem, ZModem, Kermit та ін. Ці протоколи входять звичайно до складу програм зв'язку, що використовуються для керування модемами. Прикладами таких зв'язкових програм є програми Bitcom компанії Maqisoft (США) і NTZE [11]. Програмні протоколи розрізняються структурою кадрів, довжиною поля інформації в кадрі, використовуваними алгоритмами адаптації до умов передачі.

Зважаючи на малий обсяг інформації, що буде передаватися жоден з протоколів не є оптимальним вирішенням поставленої задачі, але необхідно забезпечити сумісність з існуючими стандартами так, щоб спростити приймальну частину. Тому для реалізації системи обираємо протокол Xmodem з CRC. Реалізація протоколу та алгоритму CRC буде проведена при розробці програмного забезпечення.

### **3.4 Реалізація комутації та обробки вхідних аналогових сигналів**

Комутацію телефонної лінії здійснюємо за допомогою електромеханічного реле РЭС-60. Основні характеристики такого реле наведено нижче [12]:

№ паспорта РЭС4.569.440;

$R_{обм} = 32,4...39,6 \text{ Ом};$

$I_{спр} < 60 \text{ мА};$

$I_{від} > 13 \text{ мА};$



$$U_{\text{роб}} = 3,5 \dots 4,5 \text{ В};$$

$$t_{\text{спр}} < 3,5 \text{ мс};$$

$$t_{\text{від}} < 1,5 \text{ мс}.$$

У процесі збирання інформації важливим етапом є комутація великої кількості аналогових сигналів (згідно ТЗ – 4 сигнали) в одну лінію для подальшої обробки та виведення.

Існує 3 шляхи вирішення даної задачі:

1. Перетворення кожного сигналу в двійкову форму, комутація за допомогою цифрового мультиплексора та подальша цифрова обробка. В цьому випадку необхідно реалізувати аналого-цифрове перетворення на кожен із 4 вхідних каналів, але спрощується система обробки вхідного сигналу.

2. Комутація аналогових сигналів за допомогою аналогового мультиплексора, аналого-цифрове перетворення, обробка цифрового сигналу. В даному випадку необхідний 1 АЦП для всіх вхідних каналів, система обробки сигналів залишається такою ж як і в попередньому варіанті.

3. Комутація аналогових сигналів за допомогою аналогового мультиплексора, обробка аналогових сигналів. В даному випадку використовується мінімальна кількість елементів, але ускладнюється система обробки сигналів, а саме програмне забезпечення даної системи. З метою підвищення надійності системи та зменшення витрат на комплектуючі обираємо 3 варіант вирішення даної проблеми.

В якості комутатора обираємо аналоговий комутатор ADG608 фірми Analog Devices. Наведемо основні параметри мікросхеми [13]:

Напруга живлення	+3, +5, ±5В
Вхідний опір	> 300 Ом
Час перемикання	
$t_{\text{вмикання}}$	> 75 нс
$t_{\text{вимикання}}$	> 45 нс
Потужність споживання	> 1,5 мкВт

Діапазон вхідних аналогових сигналів

$0..V_{DD}$

Існує необхідність гальванічної розв'язки зовнішніх ліній зв'язку, через які надходять вимірювальні сигнали, та кіл системи передавання. Використання трансформаторної схеми розв'язки є недоцільним, оскільки при великій кількості вхідних ліній зв'язку (згідно ТЗ їх кількість дорівнює 6) значно збільшуються габаритні розміри системи, маса та вартість.

Альтернативою трансформаторним схемам є використання оптопар, принцип дії яких полягає в тому, що сигнал передається за допомогою світлодіода, який випромінює пучок, сила світла якого пропорційна прикладеній напрузі. Даний пучок потрапляє на фотодіод, вихідний струм буде прямопропорційним силі світла пучка.

Недоліком даних елементів є значний перехідний коефіцієнт послаблення та робота тільки з однополярними сигналами. Для подальшої обробки, сигнал необхідно підсилити.

Обираємо мікросхему оптопар типу КР249КН2А з параметрами

Максимальний вхідний струм	10мА
Максимальний вихідний струм	2мА
Залишкова вихідна напруга	4мкВ
Час спрацювання	4мкс

Необхідний коефіцієнт підсилення каскаду за струмом:

$$K_i = \frac{I_{вих}}{I_{вх}}$$

Звідси отримаємо

$$K_i = \frac{10mA}{1mA} = 10 = 6(\text{дБ}).$$

Визначається коефіцієнт підсилення за потужністю транзистора VT1 та величина його вихідної потужності VT1:

$$K_{P(VT1)} = 0,7h_{21e} = 0,7 \cdot 25 = 17,5 (12,4\text{дБ}).$$

Визначається максимально допустимі параметри транзистора VT1:

$$E = 2\sqrt{2P_{вих}R_n} + U_{зал} = 2\sqrt{2 \cdot 3,03м \cdot 6,8к} + 1 = 13,8В.$$

Обираємо  $E=12В$ .

$$U_{KEдоп} \geq \frac{E}{0,8...0,9} = \frac{15}{0,85} = 17,6, В.$$

$$I_{K0min} \geq \sqrt{\frac{2P_{вих}}{R_n}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 3,03м}{6,8к}} = 0,89, мА.$$

$$I_{K0} = (2...3)I_{K0min} = 2,5 \cdot 0,89м = 2,2, мА.$$

$$I_{K0max} = I_{K0min} + I_{K0} = 0,89 + 2,2 = 3,09, мА.$$

У якості транзистора VT1 вибираємо КТ315Г.

Електричні параметри КТ315Г:

мінімальний коеф. передачі струму

$$h_{21e} = 50$$

гранична частота транзистора

$$f_{гр} = 250МГц$$

крутість у робочій точці

$$S_o = 100мА/В$$

Максимально допустимі параметри:

розсіювана потужність колектора

$$P_{кдоп} = 0,15Вт$$

постійна напруга колектор-емітер

$$U_{кедоп} = 20В$$

постійний струм колектора

$$I_{кдоп} = 0,1А$$

### 3.5 Організації двостороннього каналу передачі сигналів

У розділі 2 було проаналізовано різні типи РП і вказано, що дифсистеми в системах зв'язку використовується для реалізації приймання та передавання сигналів по одній фізичній лінії зв'язку. При цьому вхідний та вихідний сигнали не повинні „заважати” один одному, тобто вхідний сигнал не повинен потрапляти на передавач системи, а вихідний – на приймач.

Існують 2 методи реалізації дифсистем:

- а) трансформаторні схеми;
- б) схеми на напівпровідникових елементах.

Трансформаторні схеми дифсистем мають великі габарити. Напівпровідникові дифсистеми можуть бути виконані на спеціалізованих ІМС, диференційних підсилювачах та дискретних елементах. Як правило, спеціалізовані ІМС мають високу вартість, розробка дифсистеми на дискретних елементах є недоцільною, тому зупинимось на варіанті використання операційних підсилювачів.

Принцип дії таких пристроїв полягає в тому, що у вихідному колі присутні як сигнал, що переданий, так і сигнал, який необхідно прийняти. Знаючи переданий сигнал, можна відняти від групового сигналу переданий, в результаті отримаємо корисний для передавача сигнал. Функція віднімання аналогових сигналів виконується на диференційних підсилювачах. Оскільки в лінію передаються малопотужні сигнали, то обираємо операційних підсилювач AD8631 фірми Analog Devices з параметрами [13]:

Напруга живлення	однополюсна, 1,8 – 6 В
Робоча смуга частот	0..5 МГц на 5 В, 4 МГц на 1,8 В
Потужність споживання	0,4 мВт

### **3.6 Вибір та обґрунтування ФНЧ для реалізації модуляції**

Для реалізації частотної маніпуляції використовується метод генерування меандру з подальшим його обробленням у частотній області за допомогою ФНЧ.

Використовуються частоти:

для логічної „1” – 1200 Гц;

для логічного „0” – 1800 Гц;

Другі гармоніки сигналів будуть мати частоти 2400 та 3600 Гц відповідно. Тому необхідно реалізувати ФНЧ, який має формувати на своєму виході сигнали з частотною маніпуляцією.

### **3.7 Вибір та обґрунтування типу мікроконтролера**

Для реалізації поставлених задач обираємо МК AT90S2313 фірми Atmel.

Основні характеристики [14]:

1. Високошвидкісна RISC архітектура з низьким енергоспоживанням;
2. 118 потужних інструкцій, більшість з яких виконуються за 1 цикл;
3. 32x8 робочих регістри загального призначення;
4. Програмований UART;
5. Аналоговий компаратор;
6. 4 Кбайт пам'яті програм;
7. 256 байт енергонезалежної пам'яті;
8. два 8-розрядні таймери/лічильники;
9. годинник реального часу з окремим генератором;
10. зовнішній та внутрішній джерела переривання;
11. 3 режими "очікування";
12. 32 програмованих ліній введення/виведення;
13. живлення: 4,0 – 6,0 В
14. робочі частоти: 0 – 8 МГц.
15. Споживаний струм: 2,8мА

### **3.8 Структурна схема пристрою**

Згідно висунутих вимог до загальної структури та попередніх розрахунків будується структурна схема пристрою, що наведена на рис. 3.10.

Пристрій має 6 входів, на які подаються сигнали з вимірювальною інформацією. Перед безпосереднім обробленням цих сигналів у

мікроконтролері сигнали проходять через кола пристроїв гальванічної розв'язки та блоки попереднього підсилення.

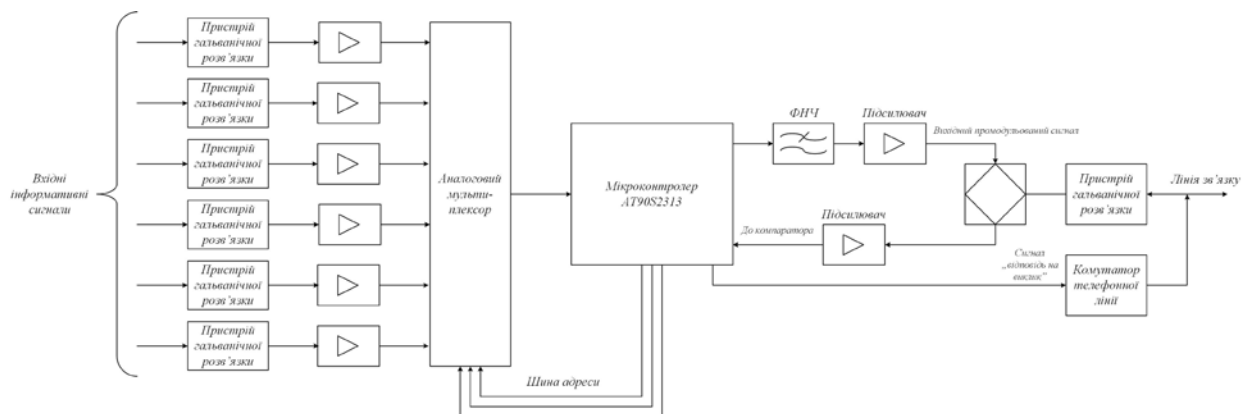


Рисунок 3.10 – Структурна схема цифрового пристрою передавання вимірювальної інформації

Почергова вибірка вхідних сигналів і подача їх на вхід мікроконтролера здійснюється за допомогою аналогового мультиплексора.

Аналого-цифрове перетворення сигналів та цифрове оброблення сигналів згідно наведеного алгоритму здійснюється в мікроконтролері.

Вихідний сигнал мікроконтролера через ФНЧ, підсилювач, диференціальну систему та пристрій гальванічної розв'язки подається в телефонну лінію.

## 4 РОЗРОБКА ЕЛЕКТРИЧНОЇ ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ ТА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРИСТРОЮ

### 4.1 Розрахунок кіл мікроконтролера

Подавання тактового сигналу здійснюється на входи XTAL1 та XTAL2 мікроконтролера. Можуть бути використані як зовнішній генератор тактових імпульсів так і вбудований. Для реалізації власного генератора до входів XTAL1 та XTAL2 необхідно підключити кварцовий резонатор та ємність, які разом утворюють коливальний контур.

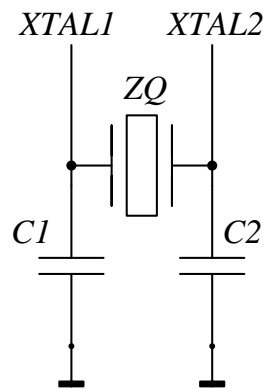


Рисунок 4.1 – Схема ввімкнення кварцового резонатора до входів мікроконтролера

В залежності від типу мікроконтролера номінальна частота роботи кварца обмежується. Для випадку AT90S2313 – 8МГц.

Розрахуємо номінали ємностей C1 та C2:

$$C_L = \frac{C_{L1}C_{L2}}{C_{L1} + C_{L2}} + C_m.$$

де  $C_{L1}, C_{L2}$  - ємності C1 та C2 на рис. 4.1 відповідно;

$C_m$  - ємність монтажу.

При  $C_{L1} = C_{L2}$  та  $C_m = 5..10nФ$ :

$$C_{L1} = C_{L2} = 2(C_L - C_m);$$

Згідно технічної документації на мікроконтролер необхідно забезпечити ємність кола резонатора 16 пФ.

$$C_{L1} = C_{L2} = 2(16 - 5) = 22 \text{ (пФ)}.$$

Обираємо:

C1: K10-7B-M47-22пФ±10%;

C2: K10-7B-M47-22пФ±10%;

ZQ: РК-248-8 МГц ОЖ0.477 ТУ.

Мікропроцесорні та мікроконтролерні системи нормально функціонують лише за умови стабільної номінальної напруги живлення. Під час вмикання пристрою в коло живлення за рахунок перехідних процесів напруга живлення наростає поступово і цей інтервал часу може досягати декількох машинних тактів. Щоб запобігти цьому, необхідно під час вмикання живлення на деякий час втримувати на виводі RESET сигнал низького рівня. Цього можна досягти, використовуючи досить просту схему (рис. 4.2).

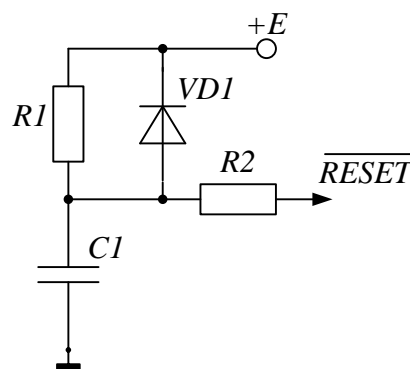


Рисунок 4.2 – Схема кола скидання

У момент увімкнення живлення ємність С розряджена, на вивід RESET подається потенціал 0В. З часом ємність С заряджається і потенціал на виході кола зростає до тих пір, поки це значення не досягне значення рівня логічної „1”.

Діод VD необхідний для швидкого розрядження ємності С при використанні сигналу RESET за призначенням.



Експериментальні дослідження показали, що затримки 50 мс цілком достатньо для встановлення вхідної напруги живлення.

Проведемо розрахунки елементів кола.

Задаємо сталею часу кола:  $\tau = 50 \text{ мкс}$ .

Приймаємо  $R = 4,7 \text{ кОм}$ , тоді:

$$\tau = RC \Rightarrow C = \frac{\tau}{R};$$

$$C = \frac{50 \cdot 10^{-6}}{4,7 \cdot 10^3} = 10,6 \text{ (нФ)}.$$

Обираємо:

R: С2-23-0,125-4,7кОм  $\pm 5\%$ ;

C: К10-7В-М47-10нФ  $\pm 10\%$ ;

VD: КД522Б.

## 4.2 Електричний розрахунок попереднього підсилювача вхідних сигналів

Зважаючи на те, що елементи гальванічної розв'язки (оптопари) мають досить великий коефіцієнт послаблення, вихідний сигнал для подальшої обробки необхідно підсилити. Інформація міститься у зміні частоти вхідного сигналу, тому до підсилювача не висуваються високі вимоги щодо коефіцієнта нелінійних спотворень та частотних спотворень, тому недоцільним є використання різноманітних кіл корекції та кіл зі зворотнім зв'язком. Електрична принципова схема підсилювача наведена на рис. 4.3.

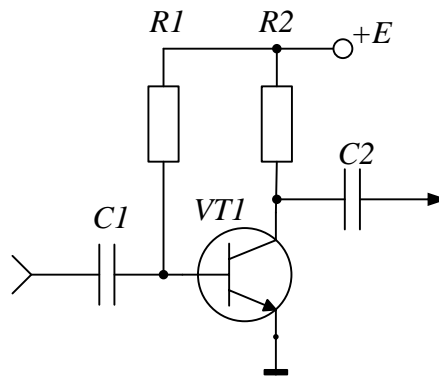


Рисунок 4.3 – Електрична принципова схема підсилювача

Визначаємо робочу точку транзистора VT1:

$$U_{ке} = 4В; U_{бe} = 0,5В; I_{к0} = 1(мА);$$

$$I_{б0} = I_{к0} / h_{21e} = 1 мА / 50 = (20 мкА)$$

Визначаємо опори навантажень та опори резисторів, що встановлюють положення робочих точок:

$$R2 = \frac{E}{I_{к0} + I_{кб0}} \approx \frac{E}{I_{к0}} = 6(кОм);$$

R2: C2-23-0,125-6,2кОм  $\pm 5\%$ ;

$$P = I_{к0}^2 * R2 = (10^{-3})^2 * 6,2 * 10^3 = 6,2(мВт).$$

$$R2 = \frac{E - U_{б0}}{I_{б0} + I_{кб0}} \approx \frac{E}{I_{б0}} = 950(Ом);$$

$$P = I_{б0}^2 * R1 = (0,02 * 10^{-3})^2 * 950 = 19(мкВт);$$

R2: C2-23-0,125-8,4кОм  $\pm 5\%$ .

Розраховуємо розділову ємності C1. Нехай  $M_H = M_{H\Sigma} / 3 = 1/3 = 0,333 дБ = 1,039$ .

Тоді

$$C1 = \frac{1}{2\pi F_H R_{BX} \sqrt{M_H^2 - 1}} = \frac{1}{2 * 3,14 * 20 * 17к \sqrt{1,039^2 - 1}} = 2(мкФ).$$

Обираємо:

C1: K10-7B-M47-2мкФ  $\pm 10\%$ .

### 4.3 Обґрунтування схеми дифсистеми

Дана схема дифсистеми має складну методику розрахунку, більшість елементів підбрані експериментально. Це пов'язано зі складністю узгодження вхідних кіл дифсистеми та лінії зв'язку. При цьому забезпечується вплив вхідного та вихідного сигналів. В будь-якому випадку, схема потребує налаштування „на місці”. Це пов'язане з тим, що за рахунок розкиду параметрів системи плечі дифсистеми важко зрівноважити. Тому застосуємо запропоновані фірмою Analog Devices параметри елементів [13].

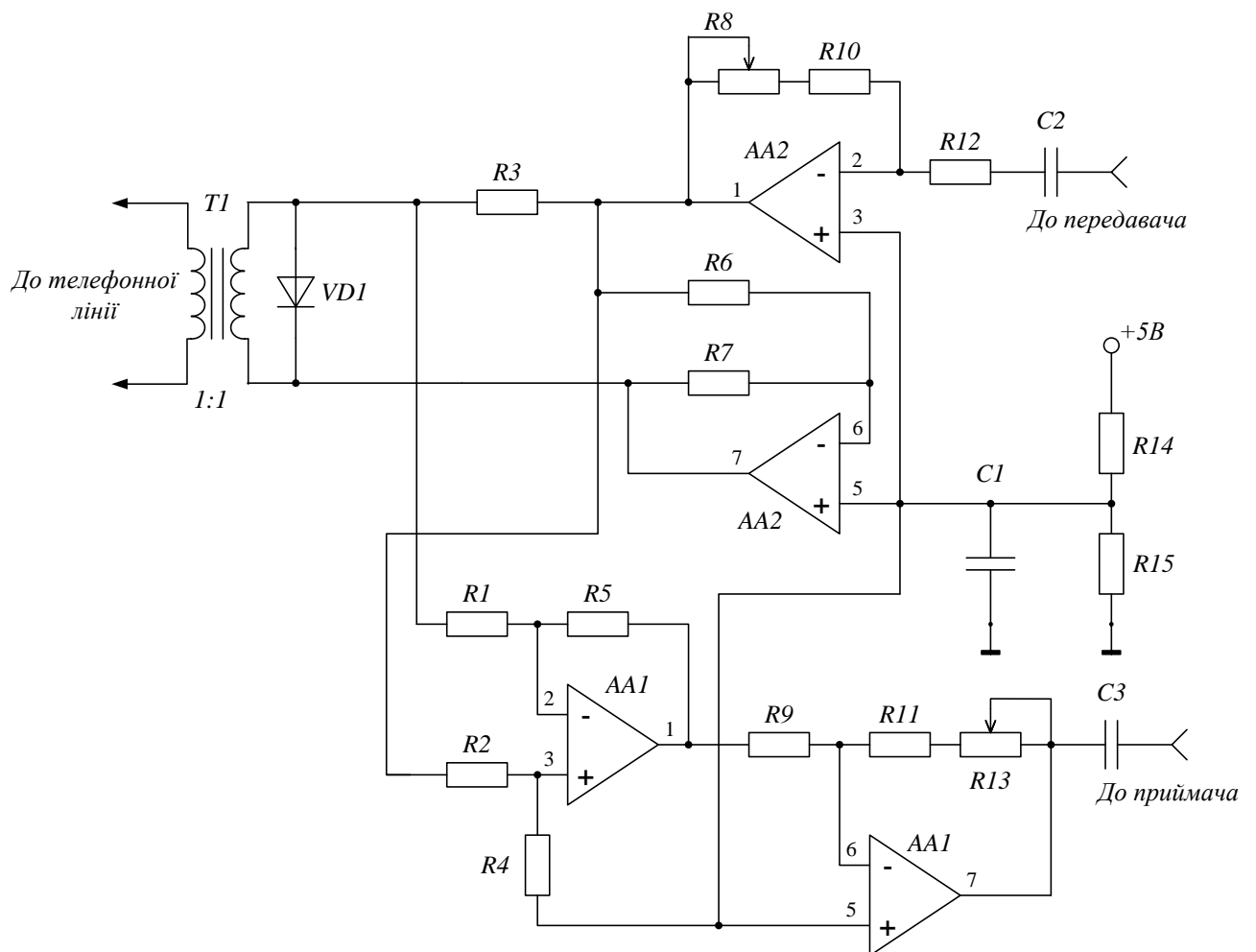


Рисунок 4.4 – Схема електрична принципова дифсистеми

Наведемо типові номінали елементів системи:

AA1, AA2

AD8631

T1

MIDCOM 571-8005

R1, R2, R4, R5, R6, R7, R9, R12, R14, R15	C2-23-0,125-10кОм ±5%
R3	C2-23-0,125-360Ом ±5%
R10	C2-23-0,125-9,7кОм ±5%
R11	C2-23-0,125-14,3кОм ±5%
C2, C3	K10-7В-М47-0,1мкФ±10%
C1	K10-7В-М47-10мкФ±10%

#### 4.4 Електричний розрахунок ФНЧ

Оскільки не висувається високі вимоги до форми вихідного сигналу, то розрахунок будемо виконувати згідно таких вихідних даних:

частота зрізу	2кГц;
коефіцієнт підсилення	0дБ;
порядок фільтра	2.

Для синтезу та розрахунку активного ФНЧ використаємо спеціалізований програмний пакет FilterWiz Pro. Заповнюємо форму вхідними даними та отримуємо орієнтовні значення АЧХ для кожного варіанту реалізації (рис. 4.5).

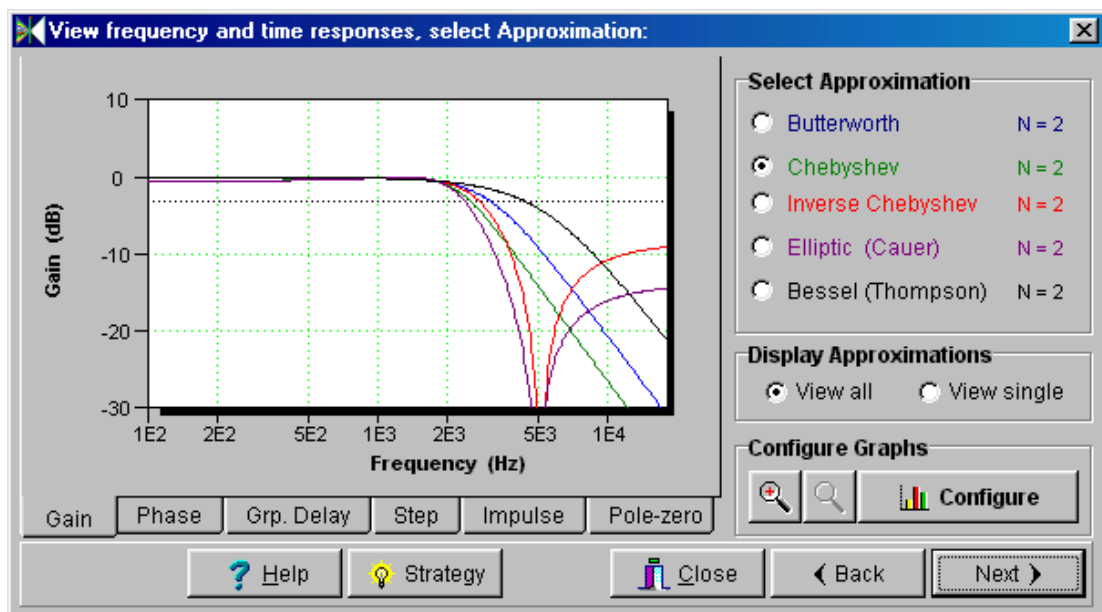


Рисунок 4.5 – Орієнтовні значення АЧХ для кожного варіанту реалізації активного ФНЧ (програма FilterWiz Pro)

Виходячи з графіків, обираємо ФНЧ, що використовує апроксимацію Чебишева, оскільки в даному разі буде найбільше придушення другої гармоніки кожного з меандрів.

Із запропонованих варіантів електричних схем обираємо один та виводимо значення розрахованих параметрів (рис. 4.6).

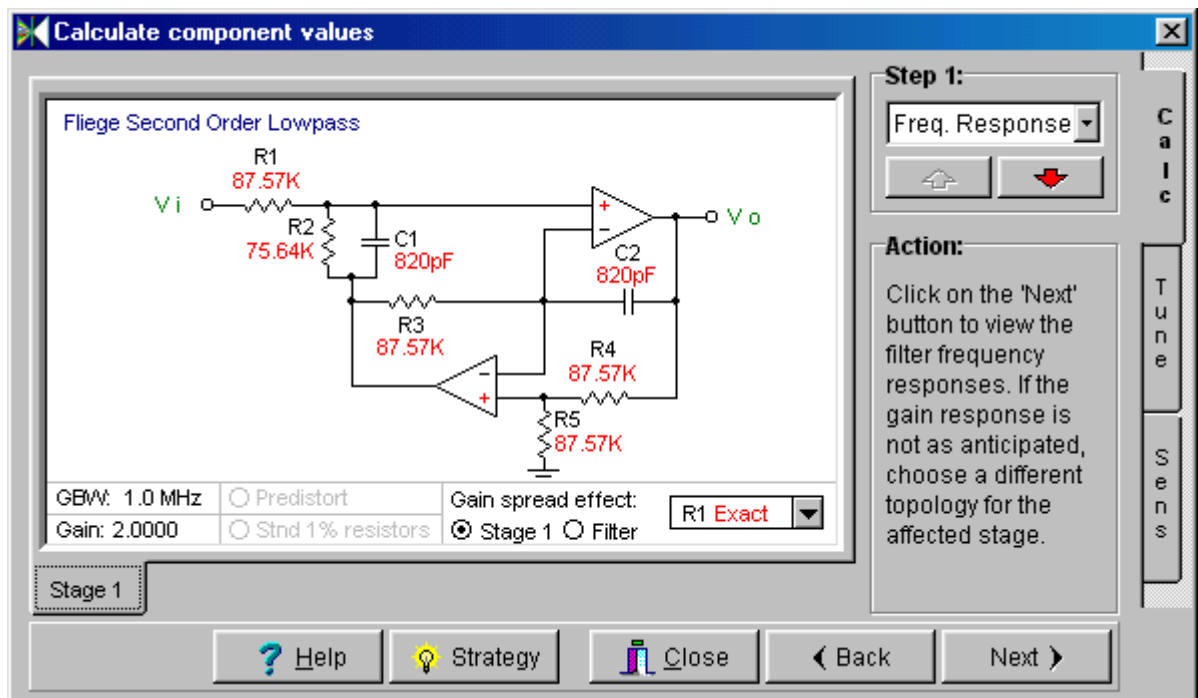


Рисунок 4.6 – Схема електрична принципова активного ФНЧ (програма FilterWiz Pro)

Обираємо стандартні елементи:

C1, C2: К10-7В-М47-0,8нФ±10%;

R2: МЛТ-1-77кОм ±5% ОЖ0.467 ТУ;

R1, R3, R4, R5: МЛТ-1-87кОм ±5% ОЖ0.467 ТУ.

На рисунку 4.7 представлена схема електрична принципова цифрового пристрою передавання вимірювальної інформації телефонними лініями зв'язку.

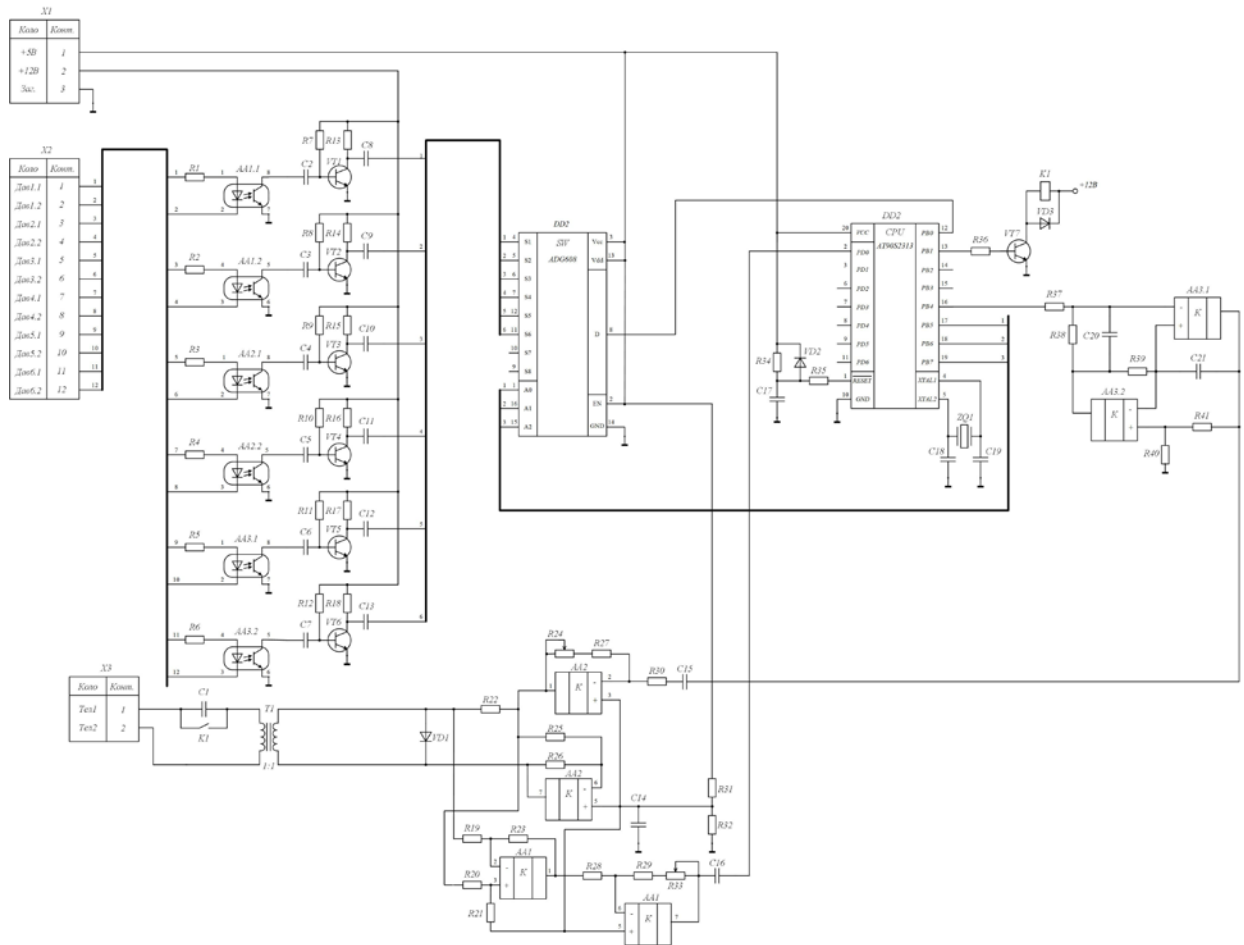


Рисунок 4.7 – Схема електрична принципова цифрового пристрою передавання вимірювальної інформації

Вхідні сигнали через роз'єм надходять на оптопари (світлодіод-фототранзистор) і далі на каскади попереднього підсилення. Сформовані таким чином сигнали через мікросхему мультиплексора подаються на вхід мікроконтролера. Вихідний сигнал мікроконтролера подається на ФНЧ, що побудований на операційних підсилювачах. З виходу ФНЧ через диференціальний трансформатор сигнал подається в телефонну лінію зв'язку.

Стабілізована напруга живлення (5,0 В і 12,0В) через роз'єм подається на відповідні виводи схеми пристрою.

## 4.5 Розробка програмного забезпечення пристрою

### 4.5.1 Опис протоколу передавання даних Xmodem

Xmodem – це напівдуплексний протокол передачі даних. Приймач, після приймання посилки, повідомляє (англ. *acknowledge (ACK)*) про надходження пакету або не повідомляє (англ. *not acknowledge (NACK)*) посилки.

Оригінальний протокол Xmodem використовував стандартний метод контрольної суми для перевірки 128-байтної посилки даних. Розширення CRC для оригінального протоколу використовує більш надійний 16-бітний циклічний код для перевірки блоку даних [15].

Приймач посилає символ ініціалізації “С” приймачеві, що означає готовність отримувати дані в режимі CRC. Передавач посилає 133-байтну посилку, приймач перевіряє її і відповідає або ACK або NACK після чого передавач або посилає наступний пакет даних або дублює попередній.

Далі наведений формат посилки даних протоколу Xmodem CRC (рис. 4.8) та діаграма потону даних для випадку передавання 5-ти пакетного файлу (рис. 4.9).

Байт 1	Байт 2	Байт 3	Байт 4-131	Байт 132-133
Початок заголовка	Номер посилки	~(Номер посилки)	Дані посилки	16-розрядний CRC

Рисунок 4.8 – Формат посилки даних протоколу Xmodem CRC

Передавач						Приймач
					←	«C»
						Times Out after Three Seconds
					←	«C»
SOH	0x01	0xFE	Data	CRC	→	Packet OK
					←	ACK
SOH	0x02	0xFD	Data	CRC	→	(Line Hit during Data Transmission)
					←	NACK
SOH	0x02	0xFD	Data	CRC	→	Packet OK
					←	ACK
SOH	0x03	0xFC	Data	CRC	→	Packet OK
(ACK Gets Garbled)					←	ACK
SOH	0x03	0xFC	Data	CRC	→	Duplicate Packet
					←	NACK
SOH	0x04	0xFB	Data	CRC	→	(UART Framing Error on Any Byte)
					←	NACK
SOH	0x04	0xFB	Data	CRC	→	Packet OK
					←	ACK
SOH	0x05	0xFA	Data	CRC	→	(UART Overrun Error on Any Byte)
					←	NACK
SOH	0x05	0xFA	Data	CRC	→	Packet OK
					←	ACK
EOT					→	Packet OK
(ACK Gets Garbled)					←	ACK
EOT					→	Packet OK
Finished					←	ACK

Рисунок 4.9 – Діаграма потоків даних протоколу Xmodem CRC



#### 4.5.2 Обґрунтування методу циклічного кодування

Методи виявлення помилок призначені для виявлення пошкодження повідомлень при передачі по зашумленим каналах зв'язку. Для цього передавальний пристрій створює деяке число, що називається контрольною сумою, є функцією повідомлення, і додає його до цього повідомлення. Приймальний пристрій використовує той самий алгоритм, розраховує контрольну суму прийнятого повідомлення і порівнює її з переданим значенням. Наприклад, якщо для розрахунку контрольної суми використовувалось просте додавання байтів повідомлення по модулю 256, то може виникнути наступна ситуація.

Повідомлення:	6	23	4	
Повідомлення з контрольною сумою:	6	23	4	33
Повідомлення після передачі:	6	27	4	33

Як видно, другий байт повідомлення при передачі виявився зміненим з 23 на 27. Приймач може знайти помилку, порівнюючи передану контрольну суму (33) з розрахованою ним самим:  $6 + 27 + 4 = 37$ . Якщо при вірному передаванні повідомлення виявиться ушкодженою сама контрольна сума, то таке повідомлення буде невірно інтерпретовано. Однак, це не найгірша ситуація. Більш небезпечно одночасне ушкодження повідомлення і контрольної суми таким чином, що все повідомлення можна вважати достовірним. На жаль, виключити таку ситуацію неможливо, і краще, чого можна домогтися, це знизити ймовірність її появи, збільшуючи кількість інформації в контрольній сумі (наприклад, розширивши її з одного до 2 байт). Помилки іншого роду виникають при складних перетвореннях повідомлення для видалення з нього надлишкової інформації. CRC відносяться до класу алгоритмів, що не торкаються самого повідомлення і лише додають у його кінці контрольну суму:

<вихідне незмінене повідомлення> <контрольна сума>

Ушкодження повідомлення може бути виявлено, використовуючи як алгоритм контролю просте підсумовування байтів повідомлення по модулю 256:

Повідомлення:	6	23	4	
Повідомлення з контрольною сумою:	6	23	4	33
Повідомлення після передачі:	6	27	4	33

Недолік цього алгоритму в тому, що він має низьку надійність. Якщо відбудеться кілька перекручувань, то в 1 випадку з 256 їх знайти неможливо.

Наприклад:

Повідомлення:	6	23	4	
Повідомлення з контрольною сумою:	6	23	4	33
Повідомлення після передачі:	8	20	5	33

Для підвищення надійності можна змінити розмір регістра з 8-бітного на 16-бітний (тобто підсумовувати по модулі 65536 замість модуля 256), що швидше за все знизить ймовірність помилки з  $1/256$  до  $1/65536$ . Хоча це і непогана ідея, однак, вона має недолік – застосовувана формула розрахунку не "випадкова" належною мірою – кожен підсумовувальний байт впливає лише на один байт підсумовуючого регістра, при цьому ширина самого регістра не має ніякого значення. Наприклад, у другому випадку підсумовуючий регістр міг би мати ширину хоч мегабайт, однак помилка все рівно не була б виявлена. Проблема може бути вирішена лише заміною простого підсумовування більш складною функцією, щоб кожен новий байт впливав на весь регістр контрольної суми. Таким чином, сформувались 2 вимоги для формування надійної контрольної суми.

**Ширина:** розмір регістра для обчислень повинен забезпечувати початково низьку ймовірність помилки (наприклад, 32-байтний регістр забезпечує ймовірність помилки  $1/232$ ).

**Випадковість:** необхідний такий алгоритм розрахунку, коли кожен новий байт може вплинути на будь-які біти регістра. Хоча термін "контрольна сума" початково описував досить прості підсумовуючі

алгоритми, однак, у даний час він використовується в більш широкому сенсі для позначення складних алгоритмів розрахунку, таких як CRC. Алгоритми CRC дуже добре задовольняють другій умові і, крім того, можуть бути адаптовані для роботи з різною шириною контрольної суми.

Основна ідея алгоритму CRC полягає в представленні повідомлення у вигляді величезного двійкового числа, діленні його на інше фіксоване двійкове число і використанні залишку цього ділення як контрольної суми. Отримавши повідомлення, приймач може виконати аналогічні дії і порівняти отриманий залишок з "контрольною сумою" (переданим залишком).

Припустимо, що повідомлення складається з 2 байт (6, 23), як у попередньому прикладі. Їх можна розглядати, як шістнадцяткове число 0167h, чи як двійкове число 0000 0110 0001 0111. Припустимо, що ширина регістра контрольної суми складає 1 байт, а як дільник використовується 1001, тоді сама контрольна сума буде дорівнює залишку від ділення 0000 0110 0001 0111 на 1001. Хоча в даній ситуації розподіл може бути виконаний з використанням стандартних 32 бітних регістрів, у загальному випадку це не вірно. Тому скористаємося розподілом “в стовпчик” в двійковій системі числення.

У десятковому вигляді це буде звучати так: “частка від ділення 1559 на 9 дорівнює 173 і 2 у залишку”.

Хоча вплив кожного біта вихідного повідомлення на частку не настільки істотний, однак 4-бітний залишок під час обчислень може радикально змінитися, і чим більше байтів є у вихідному повідомленні (у діленому), тим сильніше змінюється щораз величина залишку. От чому розподіл виявляється застосовним там, де звичайне додавання працювати відмовляється.

У нашому випадку передача повідомлення разом з 4 бітною контрольною сумою виглядала б (у шістнадцятковому вигляді) у такий спосіб: 06172, де 0617 – це саме повідомлення, а 2 – контрольна сума.

Приймач, одержавши повідомлення, міг би виконати аналогічний розподіл і перевірити, чи рівний залишок переданому значенню (2).

Арифметичний розподіл, описаний вище, дуже схоже на схему розрахунку контрольної суми, що називається CRC. Сам же алгоритм CRC трохи складніший.

Всі CRC алгоритми засновані на поліноміальних обчисленнях, і для будь-якого алгоритму CRC можна вказати, який поліном він використовує. Замість представлення дільника, діленого (повідомлення), частки і залишку у вигляді додатних цілих чисел можна представити їх у вигляді поліномів із в'їковими коефіцієнтами або у вигляді рядка біт, кожний з яких є коефіцієнтом полінома. Наприклад, десяткове число 23 в шістнадцятковій системі числення має вигляд 17, а в двійковому – 10111, що збігається з поліномом:

$$1 \cdot x^4 + 0 \cdot x^3 + 1 \cdot x^2 + 1 \cdot x^1 + 1 \cdot x^0$$

чи спрощено:

$$x^4 + x^2 + x^1 + x^0.$$

І повідомлення, і дільник можуть бути представлені у виді поліномів, з якими як і раніш можна виконувати будь-як арифметичні дії. Припустимо, що необхідно перемножити, наприклад, 1101 і 1011. Це можна виконати, як множення поліномів:

$$\begin{aligned} & (x^3 + x^2 + x^0)(x^3 + x^1 + x^0) = \\ & = (x^6 + x^4 + x^3 + x^5 + x^3 + x^2 + x^3 + x^1 + x^0) = \\ & = x^6 + x^5 + x^4 + 3 \cdot x^3 + x^2 + x^1 + x^0. \end{aligned}$$

Тепер для одержання правильної відповіді необхідно вказати, що  $X$  дорівнює 2, і виконати перенос біта від члена  $3 \cdot x^3$ . В результаті одержимо:

$$x^7 + x^3 + x^2 + x^1 + x^0.$$

Все це схоже на звичайну арифметику, з тією лише різницею, що основа в нас лише передбачається, а не суворо задана. З цього випливає, що якщо вважати “ $x$ ” невідомим, то не можливо виконати перенесення. Не відомо, що  $3 \cdot x^3$  – це те ж саме, що і  $x^4 + x^3$ , тому що не відомо, що  $x = 2$ . У

поліноміальній арифметиці зв'язки між коефіцієнтами не встановлені, і, тому, коефіцієнти при кожному члені полінома стають суворо типізованими – коефіцієнт при  $x^2$  має інший тип, чим при  $x^3$ .

Якщо коефіцієнти кожного члена полінома зовсім ізольовані друг від одного, то можна працювати з будь-якими видами поліноміальної арифметики, просто змінюючи правила, по яких коефіцієнти працюють. Одна з таких схем для надзвичайно цікава, а саме, коли коефіцієнти додаються по модулю 2 без перенесення – тобто коефіцієнти можуть мати значення лише 0 чи 1, перенесення не враховується. Це називається “поліноміальна арифметика по модулю 2”.

Повертаючи до попереднього прикладу:

$$\begin{aligned} & (x^3 + x^2 + x^0)(x^3 + x^1 + x^0) \\ &= (x^6 + x^4 + x^3 + x^5 + x^3 + x^2 + x^3 + x^1 + x^0) = \\ &= x^6 + x^5 + x^4 + 3x^3 + x^2 + x^1 + x^0. \end{aligned}$$

За правилами звичайної арифметики, коефіцієнт члена  $3x^3$  розподіляється по інших членах полінома, використовуючи механізм перенесення і припускаючи, що  $x = 2$ . У “поліноміальній арифметиці по модулю 2” не відомо, чому дорівнює “ $x$ ”, переносів не існує, а всі коефіцієнти розраховуються по модулю 2. В результаті одержуємо:

$$x^6 + x^5 + x^4 + x^3 + x^2 + x^1 + x^0.$$

Виконаємо вибір полінома. По-перше, треба відзначити, що передане повідомлення  $T$  є добутком полінома. Якщо повідомлення при передаванні було пошкоджено, то одержимо повідомлення  $T \oplus E$ , де  $E$  – це вектор помилки. Одержавши повідомлення, приймач ділить  $T \oplus E$  на  $G$ . Тому що  $T \bmod G = 0$ ,  $(T \oplus E) \bmod G = E \bmod G$ . Отже, якість полінома, що вибирається для перехоплення деяких визначених видів помилок, буде визначатися набором добутків  $G$ , тому що у випадку, коли  $E$  також є добутком  $G$ , така помилка виявлена не буде. Отже, завдання полягає в тому, щоб знайти такі класи  $G$ , добутки яких будуть якнайменше схожі на шуми в каналі передачі (які і викликають пошкодження повідомлення).

Однобітові помилки. Помилка такого роду означає, що  $E=1000\dots0000$ . Можна гарантувати, що помилки цього класу завжди будуть розпізнані за умови, що в  $G$  принаймні 2 біти встановлені в "1". Будь-який добуток  $G$  може бути сконструйовано операціями зсуву і додавання, і, у той же час, неможливо одержати значення з 1 одиничним бітом зсовуючи і складаючи величину, що має більш 1 одиничного біта, тому що в результаті завжди будуть присутні принаймні 2 біти.

Двохбітові помилки. Для виявлення будь-яких помилок вигляду  $100\dots000100\dots000$  (тобто коли  $E$  містить принаймні 2 одиничних біти) необхідно вибрати таке  $G$ , які б не мало множників 11, 101, 1001, 10001, і так далі. Такі поліноми повинні існувати, і наводить як приклад поліном з одиничними бітами в позиціях 15, 14 і 1, що не може бути дільником жодного числа менше  $1\dots1$ , де "..." – 32767 нулів.

Помилки з непарною кількістю біт. Можливо перехопити будь-як пошкодження, коли  $E$  має непарне число біт, вибравши поліном  $G$  таким, щоб він мав парну кількість біт. Більшість популярних CRC поліномів містять парну кількість одиничних бітів.

Пакетні помилки. Пакетна помилка виглядає як  $E=000\dots000111\dots11110000\dots00$ , тобто  $E$  складається з нулів за винятком групи одиниць де ті в середині. Цю величину можна перетворити в  $E=(10000\dots00)(1111111\dots111)$ , де мається  $n$  нулів у лівій частині і  $n$  одиниць у правій. Для виявлення цих помилок необхідно встановити молодший біт  $G$  у 1. При цьому необхідно, щоб ліва частина не була множником  $G$ . При цьому завжди, поки  $G$  ширше правої частини, помилка завжди буде розпізнана.

#### **4.5.3 Блок-схема алгоритму функціонування пристрою передавання вимірювальної інформації**

На рисунку 4.10 представлено блок-схема алгоритму функціонування пристрою передавання вимірювальної інформації.

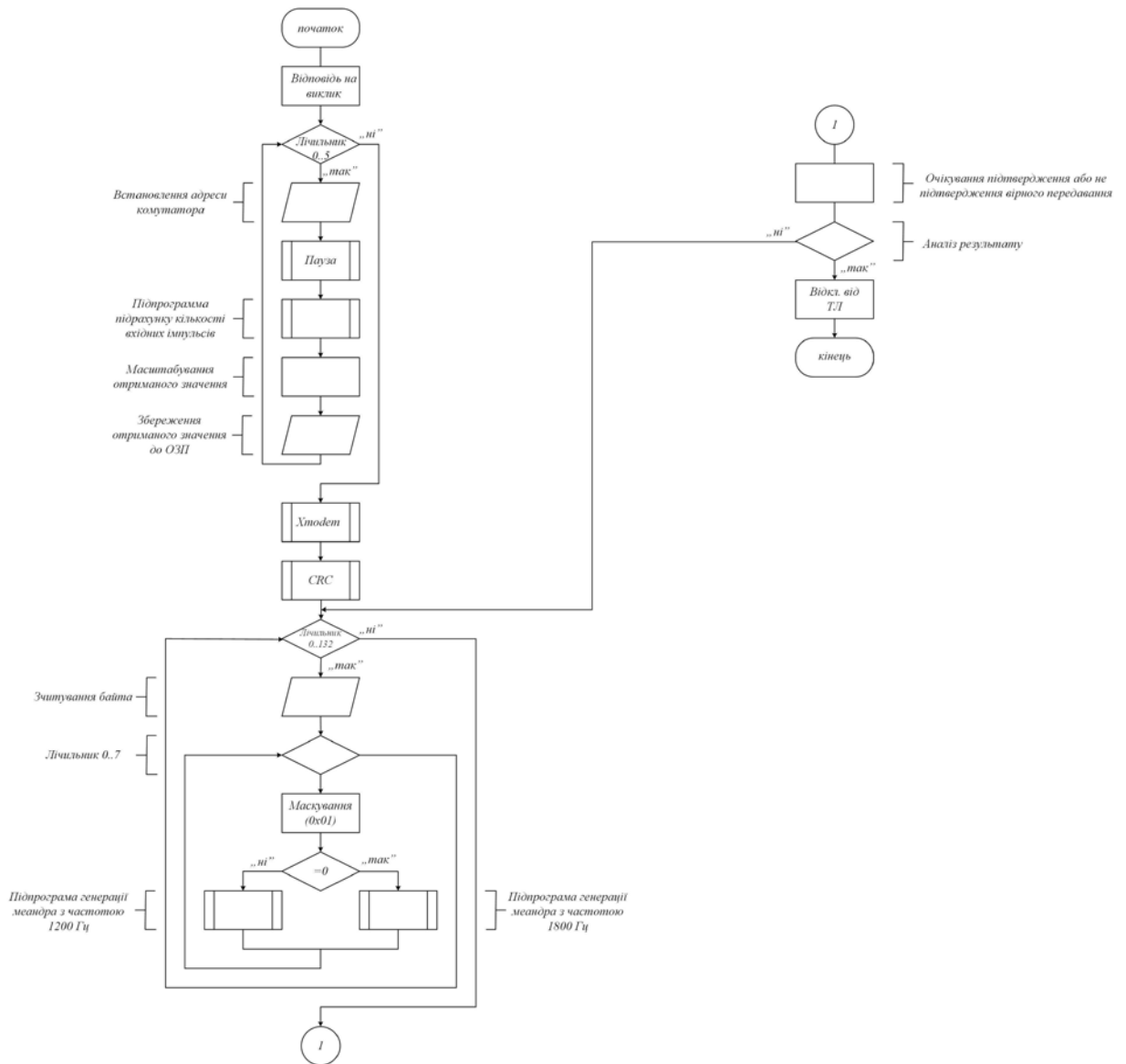


Рисунок 4.10 – Блок-схема алгоритму функціонування пристрою передавання вимірювальної інформації

Блок-схема алгоритму функціонування пристрою передавання вимірювальної інформації складається з трьох основних етапів: збір, оброблення та передавання вимірювальних даних.

## 5 ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК І ПАРАМЕТРІВ ПРИСТРОЮ

### 5.1 Аналіз параметрів надійності пристрою

Виконаємо аналіз показників надійності цифрового пристрою передавання вимірювальної інформації. Розглянемо деякі з них. Послідовності випадкових подій, що полягають в відмовах і відновленнях об'єкта називаються відповідно потоком відмов і потоком відновлень.

Характеристикою потоку відмов ВВ є параметр потоку відмов  $\omega(t)$ , що представляє собою щільність ймовірності виникнення відмов ВВ, для проміжку часу, що розглядається (ця характеристика подібна до характеристики не відновлювальних виробів (НВВ))

$$\omega(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{M \{r(t, t + \Delta t)\}}{\Delta t} \quad (5.1)$$

де  $r(t, t + \Delta t)$  - кількість відмов на інтервалі  $\Delta t$ ;

$M \{r(t, t + \Delta t)\}$  - математичне очікування (МО) кількості відмов на інтервалі  $\Delta t$ ;

$\omega(t)$  - середня кількість відмов на даному проміжку.

Статистичне значення визначається так:

$$\hat{\omega}(t) = \frac{r(t, t + \Delta t)}{N(t)\Delta t} = \frac{r(\Delta t)}{N(t)\Delta t} \quad (5.2)$$

де  $r(\Delta t)$  - кількість виробів, що відмовили на інтервалі  $\Delta t$ ;

$N(t)$  - кількість виробів, відремонтованих до моменту  $t$ .

У тому випадку, коли потік відмов підпорядковується закону Пуассона, тобто є найпростішим, то

$$\hat{\omega}(t) = \text{const} = \hat{\omega} = \hat{\lambda}. \quad (5.3)$$

Це дозволяє використовувати статистичні дані по  $\lambda$  - характеристикам для оцінки надійності ВВ.



Статистичне значення середнього напрацювання на відмову  $T_0$  визначається за формулою

$$T_0 = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{r}, \quad (5.4)$$

де  $t_i$  - наробіток між  $i$ -м відновленням і  $i$ -ю відмовою;

$n$  - загальна кількість інтервалів наробітку ВВ між відновленнями і відмовами в процесі випробувань.

Формула (5.4) справедлива для одного ВВ. Значення  $T_0$  для  $N$  спостерігаємих ВВ в процесі випробувань визначається:

$$T_0 = \frac{\sum_{j=1}^N \sum_{i=1}^{r_j} t_{ji}}{\sum_{j=1}^N r_j}, \quad (5.5)$$

де  $t_{ij}$  - тривалість наробітку  $j$ -го об'єкта (виробу) між моментом  $i-1$  відновлення і  $i$ -ю відмовою;

$\sum_{i=1}^{r_j} t_{ij}$  - сумарний час роботи  $j$ -го ВВ;

$r_j$  - кількість відмов  $j$ -го об'єкта.

У таблиці 5.1 наведено результати розрахунку показника інтенсивності відмов пристрою.

Таблиця 5.1 – Результати розрахунку інтенсивності відмов пристрою

№ п/п	Найменування, тип і характеристики елемента	Кількість $n_i$ елементів $i$ -го типу	$\lambda_{ин}$ *10 <sup>6</sup>	$\lambda_{ин} \cdot n_i$ *10 <sup>6</sup>
1	2	3	4	5
1	<u>Інтегральні схеми</u>			
	AT90S2313	1	0,05	0,05
	AD8631	3	0,05	0,15
	ADG608	1	0,05	0,05
	KP249KH2A	3	0,05	0,15

Продовження таблиці 5.1

1	2	3	4	5
2	<u>Транзистори</u> КТ315Г	7	0,065	0,455
3	<u>Діоди</u> КД522Б	3	0,0095	0,0285
4	<u>Кварцові резонатори</u> РК-248-500 кГц	1	0,01	0,01
5	<u>Резистори</u> 0 < R < 100k 100k < R < 1M	26 14	0,0028 0,008	0,0728 0,112
6	<u>Конденсатори</u> Металооксидні	21	0,048	1,008
7	<u>Трансформатори</u> МІДСОМ 571-8005	1	0,005	0,005
8	Штирі	15	0,005	0,075
9	Гнізда	2	0,01	0,02
10	З'єднання (пайки)	77	0,01	0,77
$\lambda_{інΣ} * 10^6$				2,9

Розраховуємо середній час напрацювання на відмову:

$$T_{0(EB)} = \frac{1}{\lambda_{\Sigma E(EB)}} = \frac{1}{2,9 \cdot 10^{-6}} = 338261 \text{ (год)}.$$

Проаналізувавши отримані результати, можна дати рекомендації щодо підвищення надійності пристрою. З табл. 5.1 видно, що вагомий вклад у сумарну інтенсивність відмов вносять інтенсивності відмов роз'ємів, штирів та пайок. Тому доцільним є доробка компоновки плати виробу таким чином, щоб уникнути використання великого числа роз'ємних з'єднань.

## 5.2 Комп'ютерне моделювання фільтра нижніх частот пристрою

Виконаємо вибір моделюючої програми. Для моделювання активного ФНЧ будемо застосовувати програму Micro-Cap 5.

Даний вибір обумовлений перевагами цієї програми щодо інших. По-перше це її доступність: програма займає досить малий об'єм дискової пам'яті в порівнянні з аналогами, не потребує потужної обчислювальної системи та поряд з цим має значну бібліотеку моделей компонентів, що достатньо точно дозволяють проводити розрахунки, наглядний інтерфейс та наглядне відображення результатів моделювання. Окрім цього Micro-Cap 5 має вбудовані засоби обміну даними з професійним пакетом програм для електричних розрахунків Pspice.

На рисунку 5.1 наведено моделювальну схему активного ФНЧ.

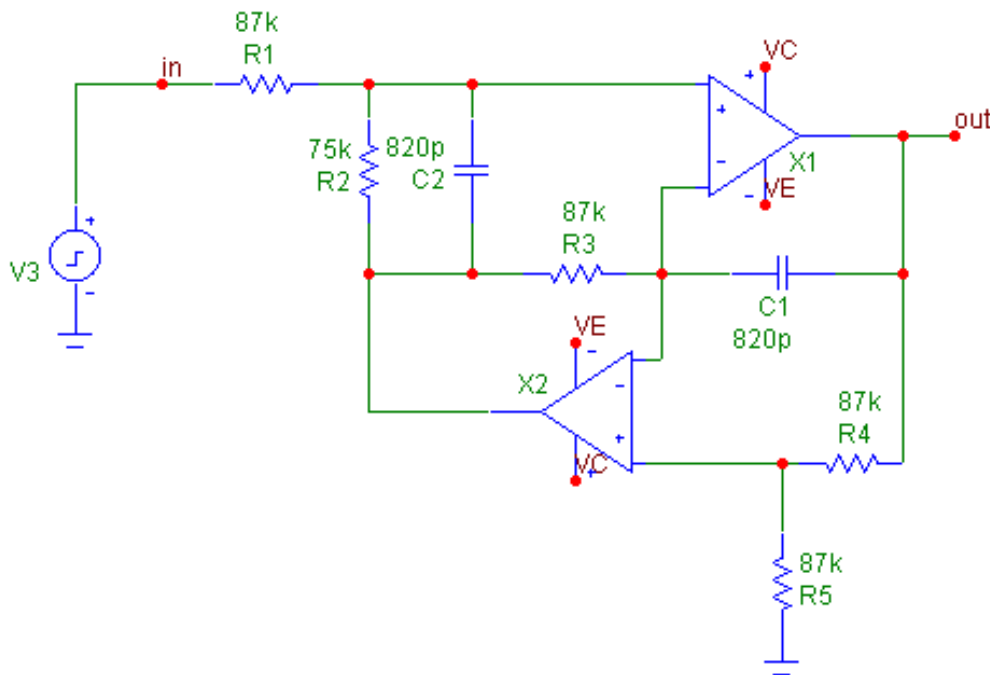


Рисунок 5.1 – Моделювальна схема активного ФНЧ

На рисунку 5.2 наведено АЧХ та ФАХ активного ФНЧ, а на рис. 5.3 - вхідний та вихідний сигнали активного ФНЧ.

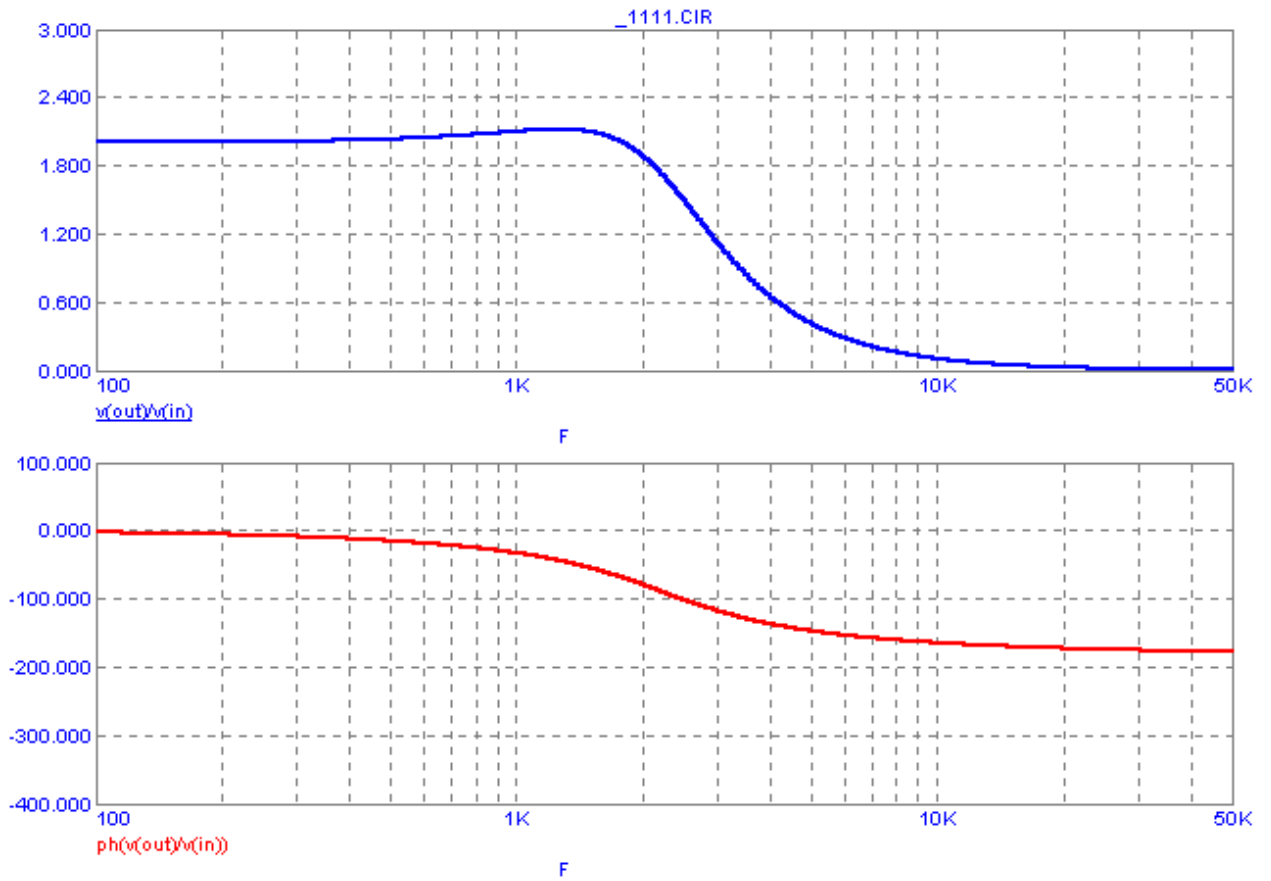


Рисунок 5.2 – АЧХ та ФАХ активного ФНЧ

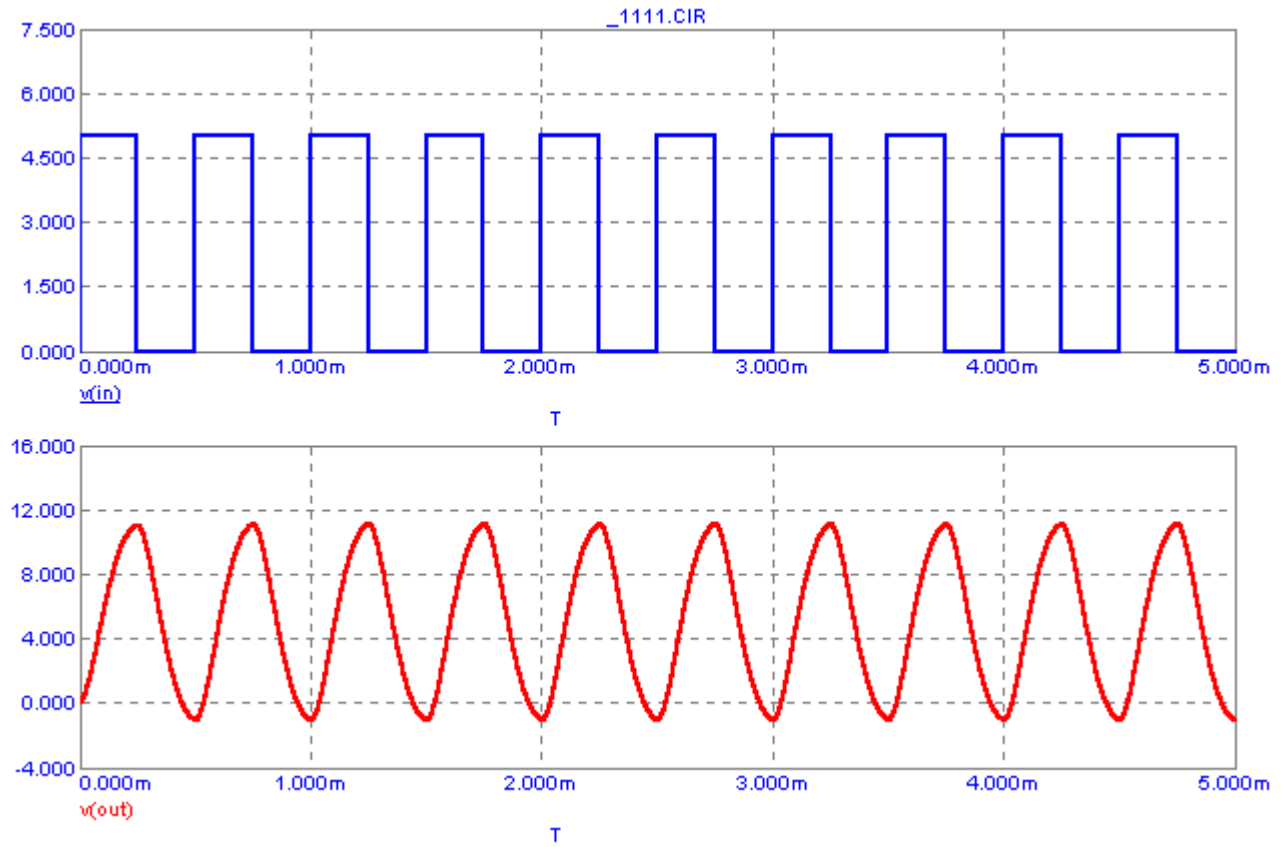


Рисунок 5.3 – Вхідний та вихідний сигнали активного ФНЧ

На вхід ФНЧ подавався сигнал, що відповідає рівню логічної „1” при реалізації частотної маніпуляції. Моделювання показало, що сформований вихідний сигнал є синусоїда з такою ж частотою, як і вхідний меандр.

Отже, вихідний сигнал цифрового пристрою з частотною маніпуляцією, який формують мікроконтролер та ФНЧ відповідає розрахункам, що здійснені у попередньому розділі.

## 6 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

Науково-технічна розробка має право на існування та впровадження, якщо вона відповідає вимогам часу, як в напрямку науково-технічного прогресу та і в плані економіки. Тому для науково-дослідної роботи необхідно оцінювати економічну ефективність результатів виконаної роботи.

Магістерська кваліфікаційна робота з розробки та дослідження «Цифровий пристрій передавання вимірювальної інформації телефонними лініями зв'язку» відноситься до науково-технічних робіт, які орієнтовані на виведення на ринок (або рішення про виведення науково-технічної розробки на ринок може бути прийнято у процесі проведення самої роботи), тобто коли відбувається так звана комерціалізація науково-технічної розробки. Цей напрямок є пріоритетним, оскільки результатами розробки можуть користуватися інші споживачі, отримуючи при цьому певний економічний ефект. Але для цього потрібно знайти потенційного інвестора, який би взявся за реалізацію цього проекту і переконати його в економічній доцільності такого кроку.

Для наведеного випадку нами мають бути виконані такі етапи робіт:

- 1) проведено комерційний аудит науково-технічної розробки, тобто встановлення її науково-технічного рівня та комерційного потенціалу;
- 2) розраховано витрати на здійснення науково-технічної розробки;
- 3) розрахована економічна ефективність науково-технічної розробки у випадку її впровадження і комерціалізації потенційним інвестором і проведено обґрунтування економічної доцільності комерціалізації потенційним інвестором.

### 6.1 Проведення комерційного та технологічного аудиту науково-технічної розробки

Метою проведення комерційного і технологічного аудиту дослідження за темою «Цифровий пристрій передавання вимірювальної інформації телефонними лініями зв'язку» є оцінювання науково-технічного рівня та

рівня комерційного потенціалу розробки, створеної в результаті науково-технічної діяльності.

Оцінювання науково-технічного рівня розробки та її комерційного потенціалу рекомендується здійснювати із застосуванням 5-ти бальної системи оцінювання за 12-ма критеріями, наведеними в табл. 6.1 [Козловський, Лесько, Кавецький].

Таблиця 6.1 – Рекомендовані критерії оцінювання науково-технічного рівня і комерційного потенціалу розробки та бальна оцінка

Бали (за 5-ти бальною шкалою)					
	0	1	2	3	4
Технічна здійсненність концепції					
1	Достовірність концепції не підтверджена	Концепція підтверджена експертними висновками	Концепція підтверджена розрахунками	Концепція перевірена на практиці	Перевірено працездатність продукту в реальних умовах
Ринкові переваги (недоліки)					
2	Багато аналогів на малому ринку	Мало аналогів на малому ринку	Кілька аналогів на великому ринку	Один аналог на великому ринку	Продукт не має аналогів на великому ринку
3	Ціна продукту значно вища за ціни аналогів	Ціна продукту дещо вища за ціни аналогів	Ціна продукту приблизно дорівнює цінам аналогів	Ціна продукту дещо нижче за ціни аналогів	Ціна продукту значно нижче за ціни аналогів
4	Технічні та споживчі властивості продукту значно гірші, ніж в	Технічні та споживчі властивості продукту трохи гірші, ніж в аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту на рівні аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту трохи кращі, ніж в	Технічні та споживчі властивості продукту значно кращі, ніж в
5	Експлуатаційні витрати значно вищі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати дещо вищі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати на рівні експлуатаційних витрат аналогів	Експлуатаційні витрати трохи нижчі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати значно нижчі, ніж в аналогів
Ринкові перспективи					
6	Ринок малий і не має позитивної динаміки	Ринок малий, але має позитивну динаміку	Середній ринок з позитивною динамікою	Великий стабільний ринок	Великий ринок з позитивною динамікою
7	Активна конкуренція великих компаній на	Активна конкуренція	Помірна конкуренція	Незначна конкуренція	Конкуренція немає

Практична здійсненність					
8	Відсутні фахівці як з технічної, так і з комерційної реалізації ідеї	Необхідно наймати фахівців або витратити значні кошти та час на навчання наявних фахівців	Необхідне незначне навчання фахівців та збільшення їх штату	Необхідне незначне навчання фахівців	Є фахівці з питань як з технічної, так і з комерційної реалізації ідеї
9	Потрібні значні фінансові ресурси, які відсутні. Джерела фінансування ідеї відсутні	Потрібні незначні фінансові ресурси. Джерела фінансування відсутні	Потрібні значні фінансові ресурси. Джерела фінансування є	Потрібні незначні фінансові ресурси. Джерела фінансування є	Не потребує додаткового фінансування
10	Необхідна розробка нових матеріалів	Потрібні матеріали, що використовуються у військово-промисловому комплексі	Потрібні дорогі матеріали	Потрібні досяжні та дешеві матеріали	Всі матеріали для реалізації ідеї відомі та давно використовуються у виробництві
11	Термін реалізації ідеї більший за 10 років	Термін реалізації ідеї більший за 5 років. Термін окупності інвестицій більше 10-ти років	Термін реалізації ідеї від 3-х до 5-ти років. Термін окупності інвестицій більше 5-ти років	Термін реалізації ідеї менше 3-х років. Термін окупності інвестицій від 3-х до 5-ти років	Термін реалізації ідеї менше 3-х років. Термін окупності інвестицій менше 3-х років
12	Необхідна розробка регламентних документів та отримання великої кількості дозвільних документів на виробництво та реалізацію продукту	Необхідно отримання великої кількості дозвільних документів на виробництво та реалізацію продукту, що вимагає значних коштів та часу	Процедура отримання дозвільних документів для виробництва та реалізації продукту вимагає незначних коштів та часу	Необхідно тільки повідомлення відповідним органам про виробництво та реалізацію продукту	Відсутні будь-які регламентні обмеження на виробництво та реалізацію продукту

Результати оцінювання науково-технічного рівня та комерційного потенціалу науково-технічної розробки потрібно звести до таблиці.

Таблиця 6.2 – Результати оцінювання науково-технічного рівня і комерційного потенціалу розробки експертами

Критерії	Експерт (ПІБ, посада)		
	1	2	3
	Бали:		
1. Технічна здійсненність концепції	4	4	4



2. Ринкові переваги (наявність аналогів)	3	2	3
3. Ринкові переваги (ціна продукту)	3	4	3
4. Ринкові переваги (технічні властивості)	3	3	3
5. Ринкові переваги (експлуатаційні витрати)	2	2	2
6. Ринкові перспективи (розмір ринку)	2	2	2
7. Ринкові перспективи (конкуренція)	2	2	2
8. Практична здійсненність (наявність фахівців)	4	4	4
9. Практична здійсненність (наявність фінансів)	2	3	2
10. Практична здійсненність (необхідність нових матеріалів)	2	2	2
11. Практична здійсненність (термін реалізації)	3	4	4
12. Практична здійсненність (розробка документів)	4	4	4
Сума балів	34	36	35
Середньоарифметична сума балів $СБ_c$	35,0		

За результатами розрахунків, наведених в таблиці 4.2, зробимо висновок щодо науково-технічного рівня і рівня комерційного потенціалу розробки. При цьому використаємо рекомендації, наведені в табл. 6.3 [Козловський, Лесько, Кавецький].

Таблиця 6.3 – Науково-технічні рівні та комерційні потенціали розробки

Середньоарифметична сума балів $СБ_c$ розрахована на основі висновків експертів	Науково-технічний рівень та комерційний потенціал розробки
41...48	Високий
31...40	Вище середнього
21...30	Середній
11...20	Нижче середнього
0...10	Низький

Згідно проведених досліджень рівень комерційного потенціалу розробки за темою «Цифровий пристрій передавання вимірювальної інформації телефонними лініями зв'язку» становить 35,0 бала, що, відповідно до таблиці 6.3, свідчить про комерційну важливість проведення даних досліджень (рівень комерційного потенціалу розробки вище середнього).

## 6.2 Розрахунок узагальненого коефіцієнта якості розробки

Окрім комерційного аудиту розробки доцільно також розглянути технічний рівень якості розробки, розглянувши її основні технічні показники. Ці показники по-різному впливають на загальну якість проектної розробки.

Узагальнений коефіцієнт якості ( $B_n$ ) для нового технічного рішення розраховуємо за формулою [Кавецький практикум 2016]:

$$B_n = \sum_{i=1}^k \alpha_i \cdot \beta_i, \quad (4.1)$$

де  $k$  – кількість найбільш важливих технічних показників, які впливають на якість нового технічного рішення;

$\alpha_i$  – коефіцієнт, який враховує питому вагу  $i$ -го технічного показника в загальній якості розробки. Коефіцієнт  $\alpha_i$  визначається експертним

шляхом і при цьому має виконуватись умова  $\sum_{i=1}^k \alpha_i = 1$ ;

$\beta_i$  – відносне значення  $i$ -го технічного показника якості нової розробки.

Відносні значення  $\beta_i$  для різних випадків розраховуємо за такими формулами:

- для показників, зростання яких вказує на підвищення в лінійній залежності якості нової розробки:

$$\beta_i = \frac{I_{ni}}{I_{ai}}, \quad (4.2)$$

де  $I_{ni}$  та  $I_{na}$  – чисельні значення конкретного  $i$ -го технічного показника якості відповідно для нової розробки та аналога;

- для показників, зростання яких вказує на погіршення в лінійній залежності якості нової розробки:

$$\beta_i = \frac{I_{ai}}{I_{ni}}; \quad (6.3)$$

Використовуючи наведені залежності можемо проаналізувати та порівняти техніко-економічні характеристики аналогу та розробки на основі

отриманих наявних та проектних показників, а результати порівняння зведемо до таблиці 6.4.

Таблиця 6.4 – Порівняння основних параметрів розробки та аналога.

Показники (параметри)	Одиниця вимірювання	Аналог	Проектований пристрій	Відношення параметрів нової розробки до аналога	Питома вага показника
Число вимірювальних аналогових сигналів	одиниць	5	6	1,2	0,2
Смуга робочих частот лінії зв'язку	Гц	300...3000	260...3400	1,16	0,25
Динамічний діапазон вихідних сигналів	дБ	до 40	до 45	1,125	0,15
Рівень заводо захищеності	бал	7	9	1,28	0,2
Напрацювання на відмову	год.	10000	15000	1,5	0,2

Узагальнений коефіцієнт якості ( $B_n$ ) для нового технічного рішення складе:

$$B_n = \sum_{i=1}^k \alpha_i \cdot \beta_i = 1,2 \cdot 0,2 + 1,16 \cdot 0,25 + 1,125 \cdot 0,15 + 1,28 \cdot 0,2 + 1,5 \cdot 0,2 = 1,25.$$

Отже за технічними параметрами, згідно узагальненого коефіцієнту якості розробки, науково-технічна розробка переважає існуючі аналоги приблизно в 1,25 рази.

### 6.3 Розрахунок витрат на проведення науково-дослідної роботи

Витрати, пов'язані з проведенням науково-дослідної роботи на тему «Цифровий пристрій передавання вимірювальної інформації телефонними лініями зв'язку», під час планування, обліку і калькулювання собівартості науково-дослідної роботи групуємо за відповідними статтями.

### 6.3.1 Витрати на оплату праці

До статті «Витрати на оплату праці» належать витрати на виплату основної та додаткової заробітної плати керівникам відділів, лабораторій, секторів і груп, науковим, інженерно-технічним працівникам, конструкторам, технологам, креслярам, копіювальникам, лаборантам, робітникам, студентам, аспірантам та іншим працівникам, безпосередньо зайнятим виконанням конкретної теми, обчисленої за посадовими окладами, відрядними розцінками, тарифними ставками згідно з чинними в організаціях системами оплати праці.

#### Основна заробітна плата дослідників

Витрати на основну заробітну плату дослідників ( $Z_o$ ) розраховуємо у відповідності до посадових окладів працівників, за формулою [Козловський, Лесько, Кавецький]:

$$Z_o = \sum_{i=1}^k \frac{M_{ni} \cdot t_i}{T_p}, \quad (6.4)$$

де  $k$  – кількість посад дослідників залучених до процесу досліджень;

$M_{ni}$  – місячний посадовий оклад конкретного дослідника, грн;

$t_i$  – число днів роботи конкретного дослідника, дн.;

$T_p$  – середнє число робочих днів в місяці,  $T_p=21$  дні.

$$Z_o = 17100,00 \cdot 21 / 21 = 17100,00 \text{ грн.}$$

Проведені розрахунки зведемо до таблиці.

Таблиця 6.5 – Витрати на заробітну плату дослідників

Найменування посади	Місячний посадовий оклад, грн	Оплата за робочий день, грн	Число днів роботи	Витрати на заробітну плату, грн
Керівник науково-технічної роботи	17100,00	814,29	21	17100,00
Інженер-розробник телекомунікаційних систем	16520,00	786,67	21	16520,00
Інженер-метролог	15250,00	726,19	7	5083,33
Всього				38703,33

#### Основна заробітна плата робітників

Витрати на основну заробітну плату робітників ( $Z_p$ ) за відповідними найменуваннями робіт НДР на тему «Цифровий пристрій передавання вимірювальної інформації телефонними лініями зв'язку» розраховуємо за формулою:

$$Z_p = \sum_{i=1}^n C_i \cdot t_i, \quad (6.5)$$

де  $C_i$  – погодинна тарифна ставка робітника відповідного розряду, за виконану відповідну роботу, грн/год;

$t_i$  – час роботи робітника при виконанні визначеної роботи, год.

Погодинну тарифну ставку робітника відповідного розряду  $C_i$  можна визначити за формулою:

$$C_i = \frac{M_M \cdot K_i \cdot K_c}{T_p \cdot t_{зм}}, \quad (6.6)$$

де  $M_M$  – розмір прожиткового мінімуму працездатної особи, або мінімальної місячної заробітної плати (в залежності від діючого законодавства), приймемо  $M_M=6700,00$  грн;

$K_i$  – коефіцієнт міжкваліфікаційного співвідношення для встановлення тарифної ставки робітнику відповідного розряду (табл. Б.2, додаток Б) **[Козловський, Лесько, Кавецький]**;

$K_c$  – мінімальний коефіцієнт співвідношень місячних тарифних ставок робітників першого розряду з нормальними умовами праці виробничих об'єднань і підприємств до законодавчо встановленого розміру мінімальної заробітної плати.

$T_p$  – середнє число робочих днів в місяці, приблизно  $T_p = 21$  дн;

$t_{зм}$  – тривалість зміни, год.

$$C_1 = 6700,00 \cdot 1,10 \cdot 1,35 / (21 \cdot 8) = 59,22 \text{ грн.}$$

$$Z_{p1} = 59,22 \cdot 8,00 = 473,79 \text{ грн.}$$

Таблиця 6.6 – Величина витрат на основну заробітну плату робітників

Найменування робіт	Тривалість роботи, год	Розряд роботи	Тарифний коефіцієнт	Погодинна тарифна ставка, грн	Величина оплати на робітника грн
--------------------	------------------------	---------------	---------------------	-------------------------------	----------------------------------

Підготовка робочого місяця дослідника- розробника	8,00	2	1,10	59,22	473,79
Монтаж обчислювального обладнання	6,00	3	1,35	72,68	436,10
Інсталяція програмного забезпечення розробки (моделювання)	6,00	5	1,70	91,53	549,16
Монтаж передавальних пристроїв	8,00	4	1,50	80,76	646,07
Налагодження передавально- приймальних пристроїв	4,00	5	1,70	91,53	366,11
Всього					2471,22

Додаткова заробітна плата дослідників та робітників

Додаткову заробітну плату розраховуємо як 10 ... 12% від суми основної заробітної плати дослідників та робітників за формулою:

$$Z_{\text{дод}} = (Z_o + Z_p) \cdot \frac{H_{\text{дод}}}{100\%}, \quad (6.7)$$

де  $H_{\text{дод}}$  – норма нарахування додаткової заробітної плати. Прийmemo 10%.

$$Z_{\text{дод}} = (38703,33 + 2471,22) \cdot 10 / 100\% = 4117,46 \text{ грн.}$$

#### 4.3.2 Відрахування на соціальні заходи

Нарахування на заробітну плату дослідників та робітників розраховуємо як 22% від суми основної та додаткової заробітної плати дослідників і робітників за формулою:

$$Z_n = (Z_o + Z_p + Z_{\text{дод}}) \cdot \frac{H_{\text{зн}}}{100\%} \quad (6.8)$$

де  $H_{\text{зн}}$  – норма нарахування на заробітну плату. Приймаємо 22%.

$$Z_n = (38703,33 + 2471,22 + 4117,46) \cdot 22 / 100\% = 9964,24 \text{ грн.}$$

### 4.3.3 Сировина та матеріали

До статті «Сировина та матеріали» належать витрати на сировину, основні та допоміжні матеріали, інструменти, пристрої та інші засоби і предмети праці, які придбані у сторонніх підприємств, установ і організацій та витрачені на проведення досліджень за темою «Цифровий пристрій передавання вимірювальної інформації телефонними лініями зв'язку».

Витрати на матеріали ( $M$ ), у вартісному вираженні розраховуються окремо по кожному виду матеріалів за формулою:

$$M = \sum_{j=1}^n H_j \cdot C_j \cdot K_j - \sum_{j=1}^n B_j \cdot C_{\text{в}j}, \quad (6.9)$$

де  $H_j$  – норма витрат матеріалу  $j$ -го найменування, кг;

$n$  – кількість видів матеріалів;

$C_j$  – вартість матеріалу  $j$ -го найменування, грн/кг;

$K_j$  – коефіцієнт транспортних витрат, ( $K_j = 1,1 \dots 1,15$ );

$B_j$  – маса відходів  $j$ -го найменування, кг;

$C_{\text{в}j}$  – вартість відходів  $j$ -го найменування, грн/кг.

$$M_1 = 2 \cdot 201,00 \cdot 1,04 - 0 \cdot 0 = 418,08 \text{ грн.}$$

Проведені розрахунки зведемо до таблиці.

Таблиця 6.7 – Витрати на матеріали

Найменування матеріалу, марка, тип, сорт	Ціна за 1 од, грн	Норма витрат	Величина відходів,	Ціна відходів,	Вартість витраченого матеріалу, грн
Папір канцелярський офісний (A4)	201,00	2	0	0	418,08
Папір для заміток (A5)	11,00	4	0	0	45,76
Органайзер офісний	221,00	3	0	0	689,52
Начиння канцелярське	198,00	3	0	0	617,76
Картридж для принтера	1049,00	1	0	0	1090,96
Диск оптичний	26,00	4	0	0	108,16
USB-пам'ять	159,00	2	0	0	330,72

Провід монтажний	16,00	15	0,0	0,0	249,60
Всього					3550,56

#### 6.3.4 Розрахунок витрат на комплектуючі

Витрати на комплектуючі ( $K_6$ ), які використовують при проведенні НДР на тему «Цифровий пристрій передавання вимірювальної інформації телефонними лініями зв'язку», розраховуємо, згідно з їхньою номенклатурою, за формулою:

$$K_6 = \sum_{j=1}^n H_j \cdot C_j \cdot K_j \quad (6.10)$$

де  $H_j$  – кількість комплектуючих  $j$ -го виду, шт.;

$C_j$  – покупна ціна комплектуючих  $j$ -го виду, грн;

$K_j$  – коефіцієнт транспортних витрат, ( $K_j = 1,1 \dots 1,15$ ).

$$K_6 = 1 \cdot 2450,00 \cdot 1,04 = 2548,00 \text{ грн.}$$

Проведені розрахунки зведемо до таблиці.

Таблиця 6.8 – Витрати на комплектуючі

Найменування комплектуючих	Кількість, шт.	Ціна за штуку, грн	Сума, грн
Спеціалізовані радіоінтерфейси	1	2450,00	2548,00
Програматори	1	4650,00	4836,00
Монтажний комплект	1	280,00	291,20
Всього			7675,20

#### 6.3.5 Спецустаткування для наукових (експериментальних) робіт

До статті «Спецустаткування для наукових (експериментальних) робіт» належать витрати на виготовлення та придбання спецустаткування необхідного для проведення досліджень, також витрати на їх проектування, виготовлення, транспортування, монтаж та встановлення.

Балансову вартість спецустаткування розраховуємо за формулою:

$$B_{\text{спец}} = \sum_{i=1}^k C_i \cdot C_{\text{нр.і}} \cdot K_i, \quad (6.11)$$



де  $C_i$  – ціна придбання одиниці спецустаткування даного виду, марки, грн;

$C_{np.i}$  – кількість одиниць устаткування відповідного найменування, які придбані для проведення досліджень, шт.;

$K_i$  – коефіцієнт, що враховує доставку, монтаж, налагодження устаткування тощо, ( $K_i = 1, 10 \dots 1, 12$ );

$k$  – кількість найменувань устаткування.

$$B_{спеу} = 5820,00 \cdot 1 \cdot 1,04 = 6052,80 \text{ грн.}$$

Отримані результати зведемо до таблиці:

Таблиця 6.9 – Витрати на придбання спецустаткування по кожному виду

Найменування устаткування	Кількість, шт	Ціна за одиницю, грн	Вартість, грн
Обладнання радіопередавача	1	5820,00	6052,80
Обладнання радіоприймача	1	4280,00	4451,20
Всього			10504,00

### 6.3.6 Програмне забезпечення для наукових робіт

До статті «Програмне забезпечення для наукових (експериментальних) робіт» належать витрати на розробку та придбання спеціальних програмних засобів і програмного забезпечення, (програм, алгоритмів, баз даних) необхідних для проведення досліджень, також витрати на їх проектування, формування та встановлення.

Балансову вартість програмного забезпечення розраховуємо за формулою:

$$B_{прог} = \sum_{i=1}^k C_{инрг} \cdot C_{прог.i} \cdot K_i, \quad (6.12)$$

де  $C_{инрг}$  – ціна придбання одиниці програмного засобу даного виду, грн;

$C_{прог.i}$  – кількість одиниць програмного забезпечення відповідного найменування, які придбані для проведення досліджень, шт.;

$K_i$  – коефіцієнт, що враховує інсталяцію, налагодження програмного засобу тощо, ( $K_i = 1, 10 \dots 1, 12$ );

$k$  – кількість найменувань програмних засобів.

$$B_{прог} = 2999,00 \cdot 1 \cdot 1,04 = 3118,96 \text{ грн.}$$

Отримані результати зведемо до таблиці:

Таблиця 6.10 – Витрати на придбання програмних засобів по кожному виду

Найменування програмного засобу	Кількість, шт	Ціна за одиницю, грн	Вартість, грн
Компютерні моделі радіомереж	1	2999,00	3118,96
Компютерні моделі радіосистем	1	4299,00	4470,96
ОС Windows	1	6250,00	6500,00
Прикладний пакет Microsoft Office	1	5411,00	5627,44
Прикладний пакет моделювання процесів MatLab	1	9065,00	9427,60
Всього			29144,96

### 6.3.7 Амортизація обладнання, програмних засобів та приміщень

В спрощеному вигляді амортизаційні відрахування по кожному виду обладнання, приміщень та програмному забезпеченню тощо, розраховуємо з використанням прямолінійного методу амортизації за формулою:

$$A_{обл} = \frac{Ц_б}{T_в} \cdot \frac{t_{вик}}{12}, \quad (6.13)$$

де  $Ц_б$  – балансова вартість обладнання, програмних засобів, приміщень тощо, які використовувались для проведення досліджень, грн;

$t_{вик}$  – термін використання обладнання, програмних засобів, приміщень під час досліджень, місяців;

$T_в$  – строк корисного використання обладнання, програмних засобів, приміщень тощо, років.

$$A_{обл} = (25350,00 \cdot 1) / (2 \cdot 12) = 1056,25 \text{ грн.}$$

Проведені розрахунки зведемо до таблиці.

Таблиця 6.11 – Амортизаційні відрахування по кожному виду обладнання

Найменування обладнання	Балансова вартість, грн	Строк корисного використання, років	Термін використання обладнання, місяців	Амортизаційні відрахування, грн
Персональний комп'ютер ПЕОМ	25350,00	2	1	1056,25

Обчислювальний комплекс обробки даних	22450,00	2	1	935,42
Робоче місце розробника	11500,00	5	1	191,67
Пристрій графічного виводу інформації	8700,00	4	1	181,25
Оргтехніка	8900,00	4	1	185,42
Приміщення лабораторії	289000,00	25	1	963,33
Частотомір цифровий ЧМ-СЦ12	6700,00	5	1	111,67
Генератор еталонної частоти ГЧ-1880	9300,00	5	1	155,00
Всього				3780,00

### 6.3.8 Паливо та енергія для науково-виробничих цілей

Витрати на силову електроенергію ( $B_e$ ) розраховуємо за формулою:

$$B_e = \sum_{i=1}^n \frac{W_{yi} \cdot t_i \cdot C_e \cdot K_{eni}}{\eta_i}, \quad (6.14)$$

де  $W_{yi}$  – встановлена потужність обладнання на визначеному етапі розробки, кВт;

$t_i$  – тривалість роботи обладнання на етапі дослідження, год;

$C_e$  – вартість 1 кВт-години електроенергії, грн; (вартість електроенергії визначається за даними енергопостачальної компанії), прийmemo  $C_e = 7,50$  грн;

$K_{eni}$  – коефіцієнт, що враховує використання потужності,  $K_{eni} < 1$ ;

$\eta_i$  – коефіцієнт корисної дії обладнання,  $\eta_i < 1$ .

$$B_e = 0,25 \cdot 160,0 \cdot 7,50 \cdot 0,95 / 0,97 = 300,00 \text{ грн.}$$

Проведені розрахунки зведемо до таблиці.

Таблиця 6.12 – Витрати на електроенергію

Найменування обладнання	Встановлена потужність, кВт	Тривалість роботи, год	Сума, грн
-------------------------	-----------------------------	------------------------	-----------

Персональний комп'ютер ПЕОМ	0,25	160,0	300,00
Обчислювальний комплекс обробки даних	0,40	120,0	360,00
Робоче місце розробника	0,08	160,0	96,00
Пристрій графічного виводу інформації	0,36	2,5	6,75
Оргтехніка	0,45	1,5	5,06
Частотомір цифровий ЧМ-СЦ12	0,22	80,0	132,00
Генератор еталонної частоти ГЧ-1880	0,40	80,0	240,00
Обладання радіопередавача	0,12	80,0	72,00
Обладнання радіоприймача	0,08	80,0	48,00
Всього			1259,81

### 6.3.9 Службові відрядження

До статті «Службові відрядження» дослідної роботи на тему «Цифровий пристрій передавання вимірювальної інформації телефонними лініями зв'язку» належать витрати на відрядження штатних працівників, працівників організацій, які працюють за договорами цивільно-правового характеру, аспірантів, зайнятих розробленням досліджень, відрядження, пов'язані з проведенням випробувань машин та приладів, а також витрати на відрядження на наукові з'їзди, конференції, наради, пов'язані з виконанням конкретних досліджень.

Витрати за статтею «Службові відрядження» відсутні.

### 6.3.10 Витрати на роботи, які виконують сторонні підприємства, установи і організації

Витрати за статтею «Витрати на роботи, які виконують сторонні підприємства, установи і організації» відсутні.

### 6.3.11 Інші витрати

До статті «Інші витрати» належать витрати, які не знайшли відображення у зазначених статтях витрат і можуть бути віднесені безпосередньо на собівартість досліджень за прямими ознаками.

Витрати за статтею «Інші витрати» розраховуємо як 50...100% від суми основної заробітної плати дослідників та робітників за формулою:

$$I_{\text{в}} = (Z_o + Z_p) \cdot \frac{H_{\text{ів}}}{100\%}, \quad (6.15)$$

де  $H_{\text{ів}}$  – норма нарахування за статтею «Інші витрати», прийmemo  $H_{\text{ів}} = 50\%$ .

$$I_{\text{в}} = (38703,33 + 2471,22) \cdot 50 / 100\% = 20587,28 \text{ грн.}$$

### 4.3.12 Накладні (загальновиробничі) витрати

До статті «Накладні (загальновиробничі) витрати» належать: витрати, пов'язані з управлінням організацією; витрати на винахідництво та раціоналізацію; витрати на підготовку (перепідготовку) та навчання кадрів; витрати, пов'язані з набором робочої сили; витрати на оплату послуг банків; витрати, пов'язані з освоєнням виробництва продукції; витрати на науково-технічну інформацію та рекламу та ін.

Витрати за статтею «Накладні (загальновиробничі) витрати» розраховуємо як 100...150% від суми основної заробітної плати дослідників та робітників за формулою:

$$B_{\text{нзв}} = (Z_o + Z_p) \cdot \frac{H_{\text{нзв}}}{100\%}, \quad (6.16)$$

де  $H_{\text{нзв}}$  – норма нарахування за статтею «Накладні (загальновиробничі) витрати», прийmemo  $H_{\text{нзв}} = 100\%$ .

$$B_{\text{нзв}} = (38703,33 + 2471,22) \cdot 100 / 100\% = 41174,56 \text{ грн.}$$

Витрати на проведення науково-дослідної роботи на тему «Цифровий пристрій передавання вимірювальної інформації телефонними лініями зв'язку» розраховуємо як суму всіх попередніх статей витрат за формулою:

$$B_{\text{заг}} = Z_o + Z_p + Z_{\text{од}} + Z_{\text{н}} + M + K_{\text{в}} + B_{\text{спец}} + B_{\text{прз}} + A_{\text{обл}} + B_{\text{е}} + B_{\text{св}} + B_{\text{сп}} + I_{\text{в}} + B_{\text{нзв}}. \quad (4.17)$$

$B_{заг} = 38703,33 + 2471,22 + 4117,46 + 9964,24 + 3550,56 + 7675,20 + 10504,00 + 29144,96 + 3780,00 + 1259,81 + 0,00 + 0,00 + 20587,28 + 41174,56 = 172932,62$  грн.

Загальні витрати  $ЗВ$  на завершення науково-дослідної (науково-технічної) роботи та оформлення її результатів розраховується за формулою:

$$ЗВ = \frac{B_{заг}}{\eta}, \quad (6.18)$$

де  $\eta$  - коефіцієнт, який характеризує етап (стадію) виконання науково-дослідної роботи, прийmemo  $\eta=0,95$ .

$$ЗВ = 172932,62 / 0,95 = 182034,34 \text{ грн.}$$

#### **6.4 Розрахунок економічної ефективності науково-технічної розробки при її можливій комерціалізації потенційним інвестором**

В ринкових умовах узагальнюючим позитивним результатом, що його може отримати потенційний інвестор від можливого впровадження результатів тієї чи іншої науково-технічної розробки, є збільшення у потенційного інвестора величини чистого прибутку.

Результати дослідження проведені за темою «Цифровий пристрій передавання вимірювальної інформації телефонними лініями зв'язку» передбачають комерціалізацію протягом 4-х років реалізації на ринку.

В цьому випадку майбутній економічний ефект буде формуватися на основі таких даних:

$\Delta N$  – збільшення кількості споживачів пристрою, у періоди часу, що аналізуються, від покращення його певних характеристик;

Показник	1-й рік	2-й рік	3-й рік	4-й рік
Збільшення кількості споживачів, осіб	850	1600	1000	800

$N$  – кількість споживачів які використовували аналогічний пристрій у році до впровадження результатів нової науково-технічної розробки, прийmemo 9000 осіб;

$C_o$  – вартість пристрою у році до впровадження результатів розробки, прийmemo 2350,00 грн;

$\pm\Delta C_o$  – зміна вартості пристрою від впровадження результатів науково-технічної розробки, прийmemo 98,66 грн.

Можливе збільшення чистого прибутку у потенційного інвестора  $\Delta\Pi_i$  для кожного із 4-х років, протягом яких очікується отримання позитивних результатів від можливого впровадження та комерціалізації науково-технічної розробки, розраховуємо за формулою [Козловський, Лесько, Кавецький]:

$$\Delta\Pi_i = (\pm\Delta C_o \cdot N + C_o \cdot \Delta N)_i \cdot \lambda \cdot \rho \cdot \left(1 - \frac{\vartheta}{100}\right), \quad (6.19)$$

де  $\lambda$  – коефіцієнт, який враховує сплату потенційним інвестором податку на додану вартість. У 2023 році ставка податку на додану вартість складає 20%, а коефіцієнт  $\lambda = 0,8333$ ;

$\rho$  – коефіцієнт, який враховує рентабельність інноваційного продукту).  
Прийmemo  $\rho = 40\%$ ;

$\vartheta$  – ставка податку на прибуток, який має сплачувати потенційний інвестор, у 2023 році  $\vartheta = 18\%$ ;

Збільшення чистого прибутку 1-го року:

$$\Delta\Pi_1 = (98,66 \cdot 9000,00 + 2448,66 \cdot 850) \cdot 0,83 \cdot 0,4 \cdot (1 - 0,18/100\%) = 808369,21 \text{ грн.}$$

Збільшення чистого прибутку 2-го року:

$$\Delta\Pi_2 = (98,66 \cdot 9000,00 + 2448,66 \cdot 2450) \cdot 0,83 \cdot 0,4 \cdot (1 - 0,18/100\%) = 1874967,41 \text{ грн.}$$

Збільшення чистого прибутку 3-го року:

$$\Delta\Pi_3 = (98,66 \cdot 9000,00 + 2448,66 \cdot 3450) \cdot 0,83 \cdot 0,4 \cdot (1 - 0,18/100\%) = 2541591,29 \text{ грн.}$$

Збільшення чистого прибутку 4-го року:

$$\Delta\Pi_4 = (98,66 \cdot 9000,00 + 2448,66 \cdot 4250) \cdot 0,83 \cdot 0,4 \cdot (1 - 0,18/100\%) = 3074890,40 \text{ грн.}$$

Приведена вартість збільшення всіх чистих прибутків  $\Pi\Pi$ , що їх може отримати потенційний інвестор від можливого впровадження та комерціалізації науково-технічної розробки:

$$\Pi\Pi = \sum_{i=1}^T \frac{\Delta\Pi_i}{(1 + \tau)^t}, \quad (6.20)$$

де  $\Delta\Pi_i$  – збільшення чистого прибутку у кожному з років, протягом яких виявляються результати впровадження науково-технічної розробки, грн;

$T$  – період часу, протягом якого очікується отримання позитивних результатів від впровадження та комерціалізації науково-технічної розробки, роки;

$\tau$  – ставка дисконтування, за яку можна взяти щорічний прогнозований рівень інфляції в країні,  $\tau = 0,15$ ;

$t$  – період часу (в роках) від моменту початку впровадження науково-технічної розробки до моменту отримання потенційним інвестором додаткових чистих прибутків у цьому році.

$$\begin{aligned} \Pi\Pi &= 808369,21/(1+0,15)^1 + 1874967,41/(1+0,15)^2 + 2541591,29/(1+0,15)^3 + \\ &+ 3074890,40/(1+0,15)^4 = 702929,75 + 1417744,74 + 1671137,53 + 1758078,56 = \\ &= 5549890,58 \text{ грн.} \end{aligned}$$

Величина початкових інвестицій  $PV$ , які потенційний інвестор має вкласти для впровадження і комерціалізації науково-технічної розробки:

$$PV = k_{инв} \cdot ЗВ, \quad (6.21)$$

де  $k_{инв}$  – коефіцієнт, що враховує витрати інвестора на впровадження науково-технічної розробки та її комерціалізацію, приймаємо  $k_{инв} = 2,1$ ;

$ЗВ$  – загальні витрати на проведення науково-технічної розробки та оформлення її результатів, приймаємо 182034,34 грн.



$$PV = k_{инв} \cdot 3B = 2,1 \cdot 182034,34 = 382272,11 \text{ грн.}$$

Абсолютний економічний ефект  $E_{абс}$  для потенційного інвестора від можливого впровадження та комерціалізації науково-технічної розробки становитиме:

$$E_{абс} = ПП - PV \quad (6.22)$$

де  $ПП$  – приведена вартість зростання всіх чистих прибутків від можливого впровадження та комерціалізації науково-технічної розробки, 5549890,58 грн;

$PV$  – теперішня вартість початкових інвестицій, 382272,11 грн.

$$E_{абс} = ПП - PV = 5549890,58 - 382272,11 = 5167618,47 \text{ грн.}$$

Внутрішня економічна дохідність інвестицій  $E_6$ , які можуть бути вкладені потенційним інвестором у впровадження та комерціалізацію науково-технічної розробки:

$$E_6 = T_{ж} \sqrt[4]{1 + \frac{E_{абс}}{PV}} - 1, \quad (6.23)$$

де  $E_{абс}$  – абсолютний економічний ефект вкладених інвестицій, 5167618,47 грн;

$PV$  – теперішня вартість початкових інвестицій, 382272,11 грн;

$T_{ж}$  – життєвий цикл науково-технічної розробки, тобто час від початку її розробки до закінчення отримання позитивних результатів від її впровадження, 4 роки.

$$E_6 = T_{ж} \sqrt[4]{1 + \frac{E_{абс}}{PV}} - 1 = (1 + 5167618,47/382272,11)^{1/4} = 0,95.$$

Мінімальна внутрішня економічна дохідність вкладених інвестицій

$\tau_{мін}$  :

$$\tau_{\text{min}} = d + f, \quad (6.24)$$

де  $d$  – середньозважена ставка за депозитними операціями в комерційних банках; в 2023 році в Україні  $d = 0,12$ ;

$f$  – показник, що характеризує ризикованість вкладення інвестицій, прийmemo 0,34.

$\tau_{\text{min}} = 0,12 + 0,34 = 0,46 < 0,95$  свідчить про те, що внутрішня економічна дохідність інвестицій  $E_g$ , які можуть бути вкладені потенційним інвестором у впровадження та комерціалізацію науково-технічної розробки вища мінімальної внутрішньої дохідності. Тобто інвестувати в науково-дослідну роботу за темою «Цифровий пристрій передавання вимірювальної інформації телефонними лініями зв'язку» доцільно.

Період окупності інвестицій  $T_{\text{ок}}$  які можуть бути вкладені потенційним інвестором у впровадження та комерціалізацію науково-технічної розробки:

$$T_{\text{ок}} = \frac{1}{E_g}, \quad (6.25)$$

де  $E_g$  – внутрішня економічна дохідність вкладених інвестицій.

$$T_{\text{ок}} = 1 / 0,95 = 1,05 \text{ р.}$$

$T_{\text{ок}} < 3$ -х років, що свідчить про комерційну привабливість науково-технічної розробки і може спонукати потенційного інвестора профінансувати впровадження даної розробки та виведення її на ринок.

### **Висновки до розділу**

Згідно проведених досліджень рівень комерційного потенціалу розробки за темою «Цифровий пристрій передавання вимірювальної інформації телефонними лініями зв'язку» становить 35,0 бала, що, свідчить про комерційну важливість проведення даних досліджень (рівень комерційного потенціалу розробки вище середнього).

При оцінюванні за технічними параметрами, згідно узагальненого коефіцієнту якості розробки, науково-технічна розробка переважає існуючі аналоги приблизно в 1,25 рази.

Також термін окупності становить 1,05 р., що менше 3-х років, що свідчить про комерційну привабливість науково-технічної розробки і може спонукати потенційного інвестора профінансувати впровадження даної розробки та виведення її на ринок.

Отже можна зробити висновок про доцільність проведення науково-дослідної роботи за темою «Цифровий пристрій передавання вимірювальної інформації телефонними лініями зв'язку».

## 7 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Відповідно до Закону України “Про охорону праці” управління охороною праці на державному рівні здійснює створена при Кабінеті Міністрів Національна Рада з питань безпеки життєдіяльності, що розробляє і проводить заходи зі створення цілісної системи державного управління охороною життя людей на виробництві і профілактики побутового травматизму, організовує й забезпечує контроль за виконанням законодавчих актів, координує діяльність центральних і місцевих органів виконавчої влади у сфері охорони життя людей. Очолює Національну Раду з питань безпеки життєдіяльності перший віце-прем'єр-міністр України. Рішення Національної Ради та її бюро, прийняті в межах їхньої компетенції, обов'язкові для центральних і місцевих органів державної виконавчої влади, підприємств, організацій та громадян.

На працівника під час проектування цифрового пристрою передавання вимірювальної інформації телефонними лініями зв'язку могли мати вплив такі небезпечні та шкідливі виробничі фактори:

### 1. Фізичні:

- підвищена запиленість та загазованість повітря робочої зони;
- підвищена чи понижена температура повітря робочої зони;
- підвищений рівень шуму на робочому місці;
- підвищений рівень електромагнітного випромінювання;
- підвищена чи понижена іонізація повітря;
- пряма і відбита блискість;
- підвищення яскравість;
- недостатня освітленість робочої зони;

### .2. Психофізіологічні:

- статичне перевантаження;
- розумове перевантаження;
- емоційні перевантаження.

Відповідно до наведених факторів здійснюємо планування щодо безпечного виконання роботи.

### 7.1. Технічні рішення щодо безпечного виконання роботи

Велике значення має характер роботи. Зокрема, при організації робочого місця проектувальника за ПК були дотримані наступні основні умови:

- оптимальне розміщення обладнання, що входить до складу робочого місця;
- достатній робочий простір, що дозволяє здійснювати всі необхідні рухи і переміщення;
- необхідно природне і штучне освітлення для виконання поставлених завдань;
- рівень акустичного шуму не повинен перевищувати допустимого значення.

Площа приміщення на одне робоче місце користувача повинна становити  $6 \text{ м}^2$ , а об'єм не менше ніж  $20 \text{ м}^3$ .

Головними елементами робочого місця проектувальника за ПК є письмовий стіл і крісло. Основним робочим положенням є положення сидячи. Раціональне планування робочого місця передбачає чіткий порядок і сталість розміщення предметів, засобів праці і документації. Те, що потрібно для виконання робіт частіше, розташовано в зоні легкої досяжності робочого простору.

Максимальна зона досяжності рук – це частина моторного поля робочого місця, обмеженого дугами, що описуються максимально витягнутими руками при русі їх у плечовому суглобі.

Оптимальна зона – частина моторного поля робочого місця, обмеженого дугами, описуваними передпліччя при русі в ліктьових суглобах з опорою в точці ліктя і з відносно нерухомим плечем.

При роботі в положенні сидячи рекомендуються такі параметри робочого простору:

- ширина не менше 700 мм;
- глибина не менше 400 мм;
- висота робочої поверхні столу над статтю 700-750 мм.

Оптимальними розмірами столу є:

- висота 710 мм;
- довжина столу 1300 мм;
- ширина столу 650 мм.

Під робочою поверхнею повинно бути передбачено простір для ніг:

- висота не менше 600 мм;
- ширина не менше 500 мм;
- глибина не менше 400 мм.

Робочі місця з ПК повинні бути розташовані від стіни з вікнами на відстані не менш ніж 1,5 м, від інших стін - на відстані не менше ніж 1 м. При розміщенні робочого місця поряд з вікном кут між екраном монітора і площиною вікна повинен складати не менше  $90^{\circ}$  (для виключення відблисків), частину вікна, що прилягає, бажано зашторити. Недопустиме розташування ПК, при якому працюючий повернений обличчям або спиною до вікон кімнати або до задньої частини ПК, в яку монтуються вентилятори. При розміщенні робочих столів з ПК слід дотримуватись таких відстаней: між бічними поверхнями ПК – 1,2 м, від тильної поверхні одного ПК до екрана іншого ПК – 2,5 м.

Приміщення, де здійснювалося проектування цифрового пристрою передавання вимірювальної інформації телефонними лініями зв'язку за небезпекою ураження електричним струмом можна віднести до 1 класу, тобто це приміщення без підвищеної небезпеки [3].

Електротехнічне устаткування: апаратури, кабелі й керівництва, розподільні пристрої всіх видів і напруг по своїх номінальних параметрах

задовольняє умовам роботи як при нормальних режимах, так і при коротких замиканнях, перенапругах, перевантаженнях.

Для забезпечення безпеки встановлюються наступні технічні рішення:

- Забезпечено недоступність струмопровідних частин (застосована схована проводка, кабель прокладений у спеціальних ринвах).

- Забезпечено ізолювання струмопровідних частин з використанням ізоляції, опір якої не нижче 1кОм/В, передбачені постійний контроль і профілактика ізоляції.

- Розподільні шафи, пускові пристрої й клемні коробки закритого типу (розміщаються в спеціальних кожухах) - для забезпечення недоступності неізольованих струмопровідних частин.

- Напруга освітлювальної мережі приймається 220 В із заземленою нейтраллю.

## 7.2. Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії

### 7.2.1. Мікроклімат

Основним нормативним документом, що регламентує параметри мікроклімату виробничих приміщень, є ДСН 3.3.6.042-99 [4]. Цей документ встановлює оптимальні і допустимі значення температури, відносної вологості та швидкості руху повітря, допустиму температуру внутрішніх поверхонь приміщення (стіни, стеля, підлога) і зовнішніх поверхонь технологічного обладнання, а також допустиму інтенсивність теплового випромінювання нагрітих поверхонь у приміщенні та відкритих джерел тепла (нагрітий метал, скло, відкритий вогонь тощо) для робочої зони — визначеного простору, в якому знаходяться робочі місця постійного або непостійного (тимчасового) перебування працівників

Робота з проектування цифрового пристрою передавання вимірювальної інформації телефонними лініями зв'язку за енерговитратами відноситься до категорії I а (енерговитрати до 139Дж/с) [5]. Допустимі параметри мікроклімату для цієї категорії наведені в табл.7.2.1.

Таблиця 7.2.1 – Параметри мікроклімату

Період року	Допустимі		
	t, °C	W, %	V, м/с
Теплий	22-28	55	0,1-0,2
Холодний	21-25	75	0,1

Для забезпечення необхідних за нормативами параметрів мікроклімату в приміщенні передбачено:

1. У холодний період року для обігріву будівлі використовується централізована парова система опалення.
2. Забезпечення допустимих метеорологічних умов праці в приміщенні здійснюється за допомогою системи кондиціонування.
3. Систематичне (раз за зміну) вологе прибирання.

#### 7.2.2. Склад повітря робочої зони

У сучасній техніці застосовується безліч речовин, які можуть потрапляти в повітря і становити небезпеку здоров'ю людей. Залежно від ступеня токсичності, фізико-хімічних властивостей, шляхів проникнення в організм, санітарні норми встановлюють гранично допустимі концентрації (ГДК) шкідливих речовин у повітрі робочої зони виробничих приміщень, перевищення яких неприпустиме.

В приміщенні, де здійснюється проектування цифрового пристрою передавання вимірювальної інформації телефонними лініями зв'язку можливими шкідливими речовинами у повітрі є пил та озон. Джерелами цих речовин є офісна техніка. Пил потрапляє у приміщення ззовні. ГДК



шкідливих речовин, які знаходяться в досліджуваному приміщенні, наведені в таблиці 7.2.2.

Таблиця 7.2.2 – ГДК шкідливих речовин у повітрі

Назва речовини	ГДК, мг/м <sup>3</sup>		Клас небезпечності
	Максимально разова	Середньо добова	
Пил нетоксичний	0,5	0,15	4
Озон	0,16	0,03	1

Для забезпечення комфортних умов використовуються як організаційні методи (раціональна організація проведення робіт залежно від пори року і доби, чергування праці і відпочинку), так і технічні засоби (вентиляція, кондиціонування повітря, опалювальна система).

### 7.2.3. Виробниче освітлення

Стан освітлення виробничих приміщень відіграє важливу роль і для попередження виробничого травматизму. Багато негасних випадків на виробництві стається через погане освітлення. Втрати від цього становлять досить значні суми, а, головне, людина може загинути або стати інвалідом. Раціональне освітлення повинно відповідати таким умовам: бути достатнім (відповідним нормі); рівномірним; не утворювати тіней на робочій поверхні; не засліплювати працюючого; напрямок світлового потоку повинен відповідати зручному виконанню роботи. Це сприяє підтримці високого рівня працездатності, зберігає здоров'я людини та зменшує травматизм.

Норми освітленості при штучному освітленні та КПО (для III пояса світлового клімату відповідно до ДБН В.2.5-28-2018 [6]) при природному та сумісному освітленні зазначені у таблиці 7.2.3:

Таблиця 7.2.3 - Норми освітленості в приміщенні

Характеристика зорової роботи	Найменший розмір об'єкта розрізнення	Розряд зорової роботи	Підрозряд зорової роботи	Контраст об'єкта розрізнення з фоном	Характеристика фона	Освітленість, Лк		КПО, $e_n$ , %			
						Штучне освітлення		Природне освітлення		Сумісне освітлення	
						Комбіноване	Загальне	Верхнє або верхнє і бокове	Бокове	Верхнє або верхнє і бокове	Бокове
Дуже високої точності	В0,15 - до 0,3	II	г	великий	світлий	1000	300	7	2,5	4,2	1,5

Для забезпечення достатнього освітлення передбачені такі заходи:

- 1) Максимальне використання бічного природного освітлення.
- 2) Систематичне очищення скла від бруду – не рідше двох разів на рік.
- 3) Система природного освітлення доповнюється загальним штучним освітленням, що створюється за допомогою люмінесцентних ламп.

#### 7.2.4. Виробничий шум

Шум – це хаотична сукупність різних за силою і частотою звуків, що заважають сприйняттю корисних сигналів і негативно впливають на людину. Фізична сутність звуку – це механічні коливання пружного середовища (повітря, рідини). Під час звукових коливань утворюються області зниженого і підвищеного тиску, що діють на слуховий аналізатор (мембрану вуха).

Постійна дія сильного шуму може не лише негативно вплинути на слух, але й викликати інші шкідливі наслідки – дзвін у вухах, запаморочення, головний біль, підвищення втоми, зниження працездатності.

Шум має акумулятивний ефект, тобто акустичні подразнення, накопичуючись в організмі людини, все сильніше пригнічують нервову систему. Тому перед втратою слуху від впливу шумів виникає

функціональний розлад центральної нервової системи. Особливо шкідливий вплив шуму позначається на нервово-психічній діяльності людини.

Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку відображені в ДСН 3.3.6.037-99 [7]. Для умов виконання роботи допустимі рівні звукового тиску повинні наведені в таблиці 7.2.4.

Таблиця 7.2.4 – Допустимі рівні звукового тиску і рівні звуку для постійного широкополосного шуму

Характер робіт	Допустимі рівні звукового тиску (дБ) в стандартизованих октавних смугах зі середньгеометричними частинами (Гц)									Допустимий рівень звуку, дБА
	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Виробничі приміщення	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50

Для забезпечення допустимих параметрів шуму доцільно використовувати комп'ютери з пасивним охолодженням та встановити пластикові вікна, які мають достатню звукоізоляцію.

#### 7.2.5. Виробничі випромінювання

Працюючи за комп'ютером, користувач підпадає під вплив високочастотного електромагнітного поля (ЕМП). Як показують результати вимірювання електромагнітного випромінювання, інтенсивність опромінення ЕМП від комп'ютера підсилюється, коли одночасно оператор ще й розмовляє по мобільному телефону.

Люди, які працюють в ЕМП, що перевищує допустимі норми, швидко втомлюються, скаржаться на головні болі, загальну слабкість, болі в ділянці серця. Вони стають дратівливими, у них збільшується пітливість та порушується нічний сон. Відтак, захист від ЕМВ не лише покращить самопочуття працівників, але і допоможе створити більш сприятливі умови для праці.

Допустимі значення параметрів неіонізуючих електромагнітних випромінювань від монітора комп'ютера представлені в табл. 7.2.6.

Таблиця 7.2.6 - Допустимі значення параметрів неіонізуючих електромагнітних випромінювань

Найменування параметра	Допустимі значення
Напруженість електричної складової електромагнітного поля на відстані 50см від поверхні відеомонітора	10В / м
Напруженість магнітної складової електромагнітного поля на відстані 50см від поверхні відеомонітора	0,3 А / м
Напруженість електростатичного поля не повинна перевищувати: для дорослих користувачів	20кВ / м
для дітей дошкільних установ і що вчаться середніх спеціальних і вищих навчальних закладів	15кВ / м

Для зниження дії цих видів випромінювання рекомендується застосовувати монітори із зниженим рівнем випромінювання, встановлювати захисні екрани, а також дотримуватися регламентованих режимів праці та відпочинку.

7.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях. Дослідження стійкості роботи РЕС цифрового пристрою передавання вимірювальної інформації телефонними лініями зв'язку в умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій

#### 7.3.1 Дія електромагнітних випромінювань на радіоелектронні системи

В елементній базі радіоелектронної системи (РЕС) під впливом іонізуючих випромінювань ймовірна зміна майже усіх електричних і експлуатаційних характеристик, що залежить від проходження процесів

іонізації і порушення структури матеріалів.

При електромагнітному імпульсі можуть спостерігатись високі імпульси напруг і струмів в провідниках і кабелях зв'язку, електропередач, автоматичних систем управління і систем обчислювальних машин, антенах радіостанцій тощо [1].

7.3.2 Дослідження стійкості роботи РЕС цифрового пристрою передавання вимірювальної інформації телефонними лініями зв'язку в умовах дії електромагнітного імпульсу

Початкові дані:  $E_B = 18$  кВ/м;  $U_{жс} = 12 \pm 5\%$  В;  $l_\Gamma = 1,4$  м;  $l_B = 0,25$  м.

За критерій стійкості роботи радіоелектронних систем до дії електромагнітного імпульсу приймаємо коефіцієнт безпеки:

$$K_e = 20 \lg \frac{U_\partial}{U_{e(z)}} \geq 40 \text{ [дБ]}, \quad (7.1)$$

де  $U_\partial$  – допустимі коливання  $U_{жс}$ , В;

$U_{e(z)}$  – напруга наведення в вертикальних (горизонтальних) струмопровідних частинах, В.

Розраховуємо горизонтальну складову напруженості електромагнітного поля за формулою

$$E_z = 10^{-3} E_B \text{ [кВ/м]}, \quad (7.2)$$

де  $E_B$  – вертикальна складова напруженості електромагнітного поля, кВ/м.

Розраховуємо вертикальну та горизонтальну напруги наведення на струмопровідних частинах РЕА за формулами:

$$U_{\epsilon} = E_2 l_{\epsilon} \text{ [В];} \quad (7.3)$$

$$U_2 = E_{\epsilon} l_2 \text{ [В],} \quad (7.4)$$

де  $l_{\epsilon}, l_2$  – довжини вертикальної та горизонтальної струмопровідних частин РЕА, відповідно, м.

Визначаємо допустиме коливання напруги живлення:

$$U_{\partial} = U_{\text{жс}} + \frac{U_{\text{жс}}}{100} N \text{ [В],} \quad (7.5)$$

де  $U_{\text{жс}}$  – робоча напруга живлення, В;

$N$  – допустимі коливання напруги, %.

Після підстановки відомих значень у формули (5.2, ..., 5.5, 5.1) отримаємо

$$E_2 = 10^{-3} \cdot 18 = 0,018 \text{ (кВ/м);}$$

$$U_{\epsilon} = 0,018 \cdot 1000 \cdot 0,25 = 4,5 \text{ (В);}$$

$$U_2 = 18 \cdot 1000 \cdot 1,4 = 25200 \text{ (В);}$$

$$U_{\partial} = 12 + \frac{12}{100} \cdot 5 = 12,6 \text{ (В);}$$

$$K_{\partial\epsilon} = 20 \lg \frac{12,6}{4,5} = 8,3 \text{ (дБ)}$$

$$K_{\partial 2} = 20 \lg \frac{12,6}{25200} = -65,8 \text{ (дБ).}$$

Оскільки  $(K_{\partial\epsilon} = 8,3 \text{ дБ}) < (K_{\text{норм}} = 40 \text{ дБ})$  і  $(K_{\partial 2} = -65,8 \text{ дБ}) < (K_{\text{норм}} = 40 \text{ дБ})$ , то РЕС є нестійкою до дії електромагнітного імпульсу.

7.3.3 Розробка превентивних заходів з підвищення стійкості роботи РЕС цифрового пристрою передавання вимірювальної інформації телефонними

лініями зв'язку в умовах дії НС

Найбільш ефективним способом підвищення стійкості роботи РЕС є екранування системи або її елементів. Для цього проводиться розрахунок екрану. Визначаємо перехідне затухання енергії електричного поля сталевим екраном:

$$A = K_{\text{ном}} - K_{\text{мін}} \text{ [дБ];} \quad (7.6)$$

$$A = 40 - (-65,8) = 105,8 \text{ ( дБ),}$$

де  $K_{\text{ном}}$  – номінальний коефіцієнт безпеки ( $K_{\text{ном}} = 40$  дБ);

$K_{\text{мін}}$  – мінімальний розрахунковий коефіцієнт безпеки.

Товщину захисного екрану визначаємо за формулою:

$$t = \frac{A}{k\sqrt{f}} \text{ [см];} \quad (7.7)$$

$$t = \frac{105,8}{5,2 \cdot \sqrt{20000}} = 0,144 \text{ ( см) = 1,44 ( мм),}$$

де  $k$  – коефіцієнт, який для сталевих екранів дорівнює 5,2;

$f$  – найбільш характерна частота, Гц ( $f = 20000$  Гц).

Підвищення стійкості роботи РЕС цифрового пристрою передавання вимірювальної інформації телефонними лініями зв'язку можна досягти через посилення найбільш слабких елементів і ділянок системи, а також завчасним проведенням комплексу інженерно-технічних, технологічних та організаційних заходів, що спрямовані на максимальне зниження дії уражаючих чинників та створення умов для відновлення працездатності пристрою.

## Висновки

Було досліджено стійкість роботи РЕС цифрового пристрою передавання вимірювальної інформації телефонними лініями зв'язку в умовах впливу загрозливих факторів надзвичайних ситуацій. Із дослідження впливу електромагнітного імпульсу на стійкість роботи РЕС цифрового пристрою передавання вимірювальної інформації телефонними лініями зв'язку можна сказати, що РЕС виявилася нестійкою в роботі. Використання екранування РЕС суттєво підвищує її стійкість в умовах впливу електромагнітного імпульсу.



## ВИСНОВКИ

У магістерській кваліфікаційній роботі було проведено розробку та дослідження цифрового пристрою передавання вимірювальної інформації телефонними лініями зв'язку

Для розробленого пристрою синтезована структурна схема, проведений розрахунок електричних кіл, обрані стандартні елементи. Виконання деяких функцій пристрою, наприклад частотної маніпуляції, було здійснено програмно за допомогою сучасного мікроконтролера AT90S23213, що зменшило кількість елементів системи, а відповідно, спричинило зменшенню собівартості та надійності всієї системи. Для мікроконтролера розроблена блок-схема алгоритму, яка складається з трьох основних етапів: збір, обробка та передавання вимірювальних даних.

Проведено моделювання одного із блоків системи (активного ФНЧ) в програмі Micro-Cap. Результати моделювання підтвердили вірність розрахунків, графіки та діаграми роботи програми наведені в додатках.

При передаванні інформації в лінію зв'язку використовується стандартний протокол обміну даними Xmodem+CRC. Завдяки контрольній сумі, що посилається разом із пакетом даних, ймовірність невірного передавання блоку даних складає  $1/65536$ .

Виконано дослідження характеристик і параметрів синтезованого та розрахованого пристрою, які підтвердили високу ефективність розробленого цифрового пристрою.

## ПЕРЕЛІК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бортник Г.Г., Стальченко О.В., Яблонський В.Ф. Мережі доступу.- Вінниця: ВНТУ, 2006.- 136 с.
2. Телекомунікаційні системи передачі: підручник / В.М. Кичак, О.М. Шинкарук, Г.Г. Бортник, І.І. Чесановський, О.В. Стальченко. – Хмельницький: Видавництво НАДПСУ, 2016. – 424 с.
3. Бабак В.П. Обробка сигналів: підручник / В.П. Бабак, В.С. Хандецький, Е. Шрюфер. – К.: Либідь, 1996. – 392.
4. Волощук Ю.І. Сигнали та процеси у радіотехніці: підручник для студентів вищих навчальних закладів, том 2 / Волощук Ю.І. – Харків: Компанія СМІТ, 2003. – 444 с.
5. Бортник Г.Г., Васильківський М.В., Кичак В.М. Напрямні телекомунікаційні системи: навчальний посібник. – В.: ВНТУ, 2018. – 121 с.
6. Бортник Г.Г., Васильківський М.В., Кичак В.М. Транспортні телекомунікаційні технології: навчальний посібник.– В. : ВНТУ, 2017.– 162 с.
7. Бортник Г.Г. Мережі абонентського доступу: навчальний посібник / Г.Г. Бортник, В.М. Кичак, О.В. Стальченко, В.Ф. Яблонський. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2009. – 201 с.
8. Системи доступу : підручник / Г. Г. Бортник, В. М. Кичак, О. В. Стальченко. – Вінниця : ВНТУ, 2010. – 298 с.
9. Бортник Г.Г. Системи передавання в електрозв'язку. Навчальний посібник - Вінниця: ВНТУ, 2006. - 138 с.
10. Бортник Г.Г., Кичак В.М., Стальченко О.В. Засоби оргтехніки: навчальний посібник. - В.: ВНТУ, 2010. – 198 с.
11. Протокол обміну даними. [Електронний ресурс]. – Режим доступу до публікації: Xmodem+CRC <https://microsin.net/adminstuff/others/xmodem-protocol-overview.html>.
12. Електромагнітні реле. [Електронний ресурс]. – Режим доступу до публікації: <https://corelamps.com/elektromontazhne-obladnannia/rele/>

13. Analog to Digital Converters [Електронний ресурс]. – Режим доступу до публікації: <http://www.analog.com/en/analog-to-digital-converters/products/index.html>.

14. Мікроконтролер AT90S23213 [Електронний ресурс]. – Режим доступу до публікації: <https://radiodetali.com.ua/ua/product/mikrokontroller-at90s2343-10si-soic8-atmel-4673>.

15. Жураковский Ю.П., Полторак В.А. Теорія інформації та кодування: підручник. – Київ: Вища школа, 2001. – 255 с.

16. Методичні вказівки до виконання економічної частини магістерських кваліфікаційних робіт / Уклад. : **В. О. Козловський, О. Й. Лесько, В. В. Кавецький**. – Вінниця : ВНТУ, 2021. – 42 с.

17. **Кавецький В. В.** Економічне обґрунтування інноваційних рішень: **практикум** / В. В. Кавецький, В. О. Козловський, І. В. Причепка – Вінниця : ВНТУ, **2016**. – 113 с.

18. ДСТУ ОHSAS 18002:2015. Системи управління гігієною та безпекою праці. Основні принципи виконання вимог ОHSAS 18001:2007 (ОHSAS 18002:2008, IDT). К. : ГП «УкрНИУЦ», 2016. 21 с

19. НПАОП 0.00-7.15-18 Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями. URL: [http://sop.zp.ua/norm\\_praop\\_0\\_00-7\\_15-18\\_01\\_ua.php](http://sop.zp.ua/norm_praop_0_00-7_15-18_01_ua.php).

20. Правила улаштування електроустановок - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://www.energiy.com.ua/PUE.html>

21. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1972>

22. Гігієнічна класифікація праці (за показниками шкідливості і небезпеки факторів виробничого середовища від 12.08.1986 № 4137-86. - [Електронний ресурс]- Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/v4137400-86>

23. ДБН В.2.5-28-2018 Природне і штучне освітлення - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://document.ua/prirodne-i-shtuchne-osvitlennja-nor8425.html>

24. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://document.ua/sanitarni-normi-virobnichogo-shumu-ultrazvuku-ta-infrazvuku-nor4878.html>

25. Сакевич В. Ф. Основи розробки питань цивільної оборони в дипломних проектах / В. Ф. Сакевич. – Вінниця : ВДТУ, 2001. – 109 с.

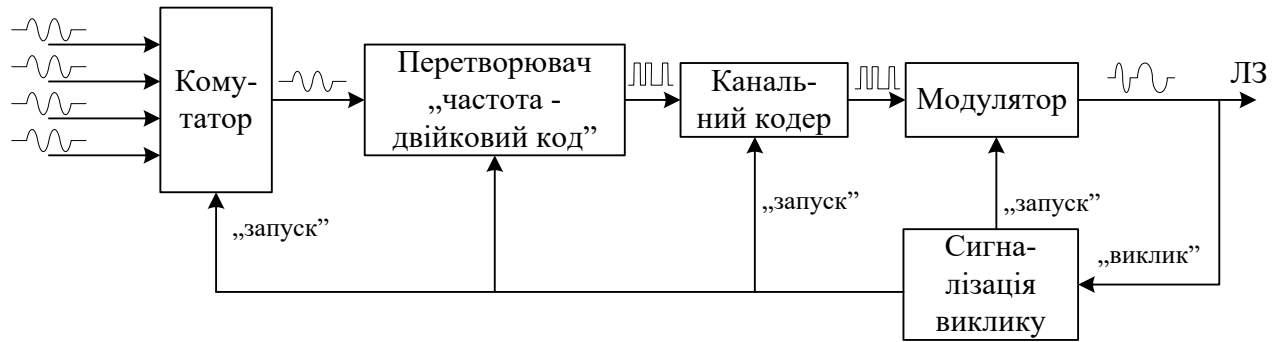
**ДОДАТКИ**

Додаток А  
(обов'язковий)

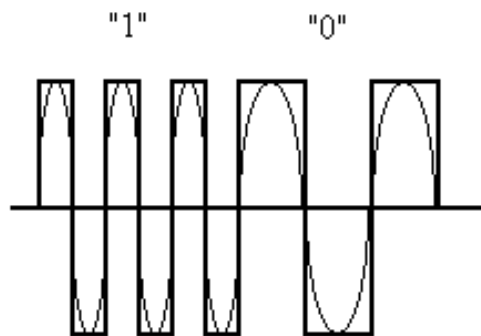
**ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА**

**ЦИФРОВИЙ ПРИСТРІЙ ПЕРЕДАВАННЯ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ  
ІНФОРМАЦІЇ ТЕЛЕФОННИМИ ЛІНІЯМИ ЗВ'ЯЗКУ**

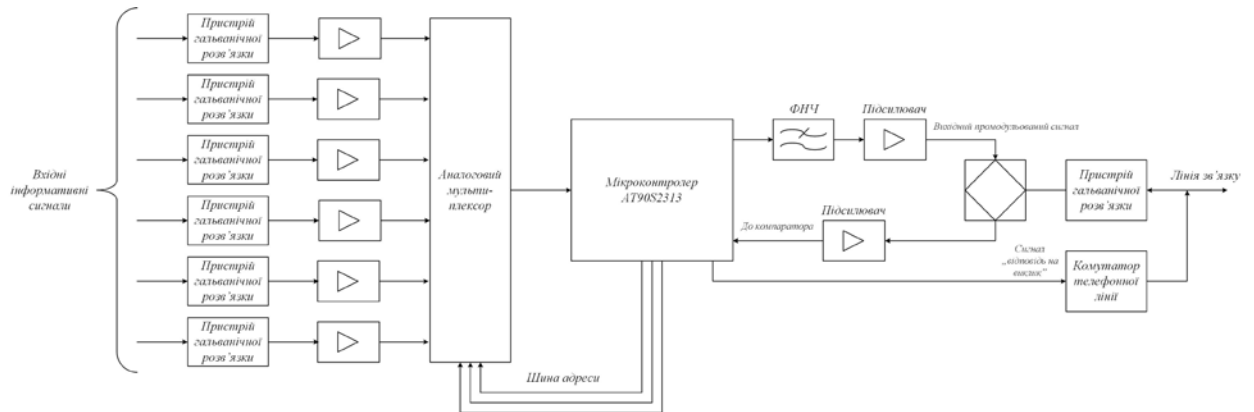
назва магістерської кваліфікаційної роботи



Узагальнена структура цифрового пристрою передавання вимірювальної інформації

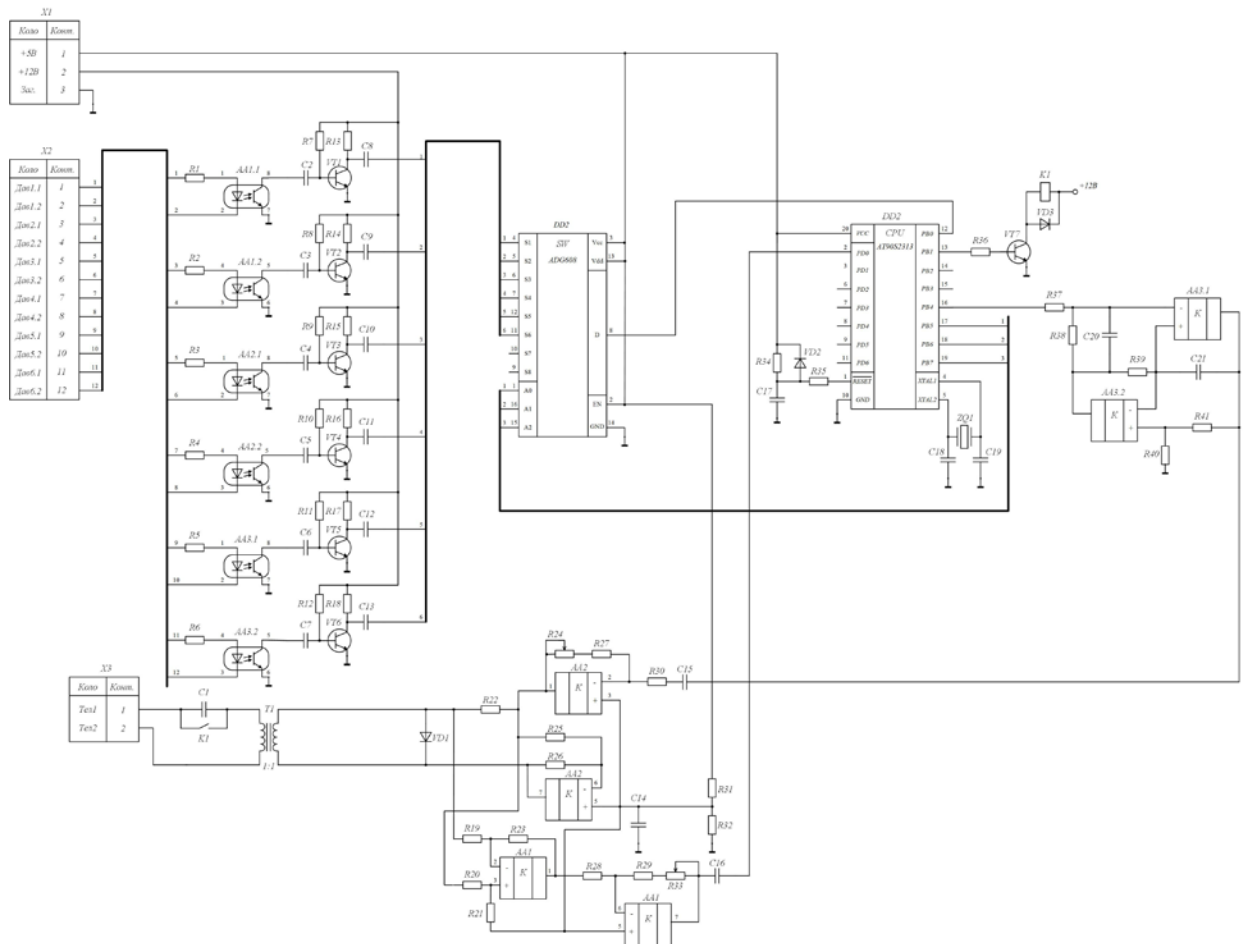


Реалізація частотної маніпуляції

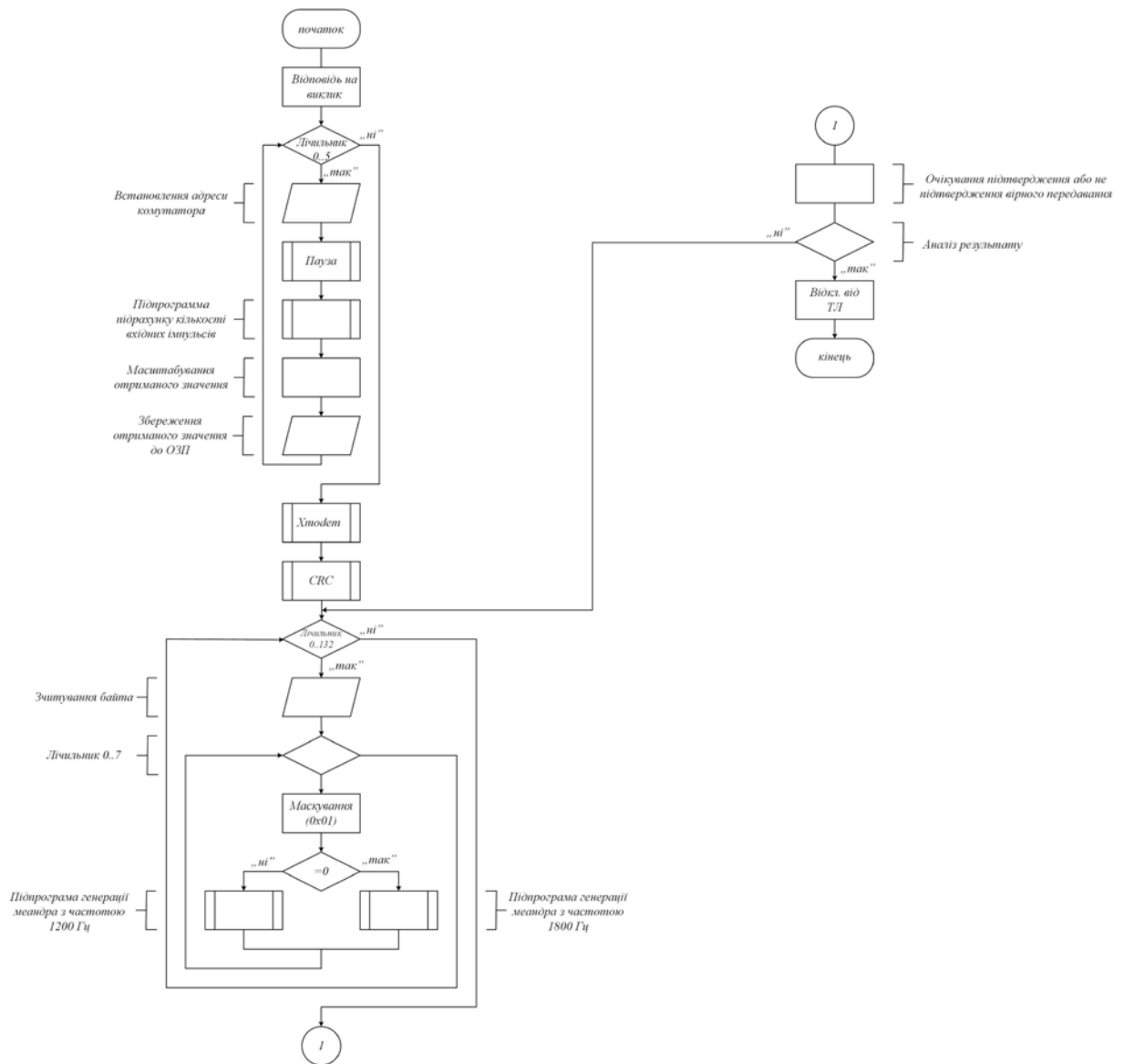


Структурна схема цифрового пристрою передавання вимірювальної інформації

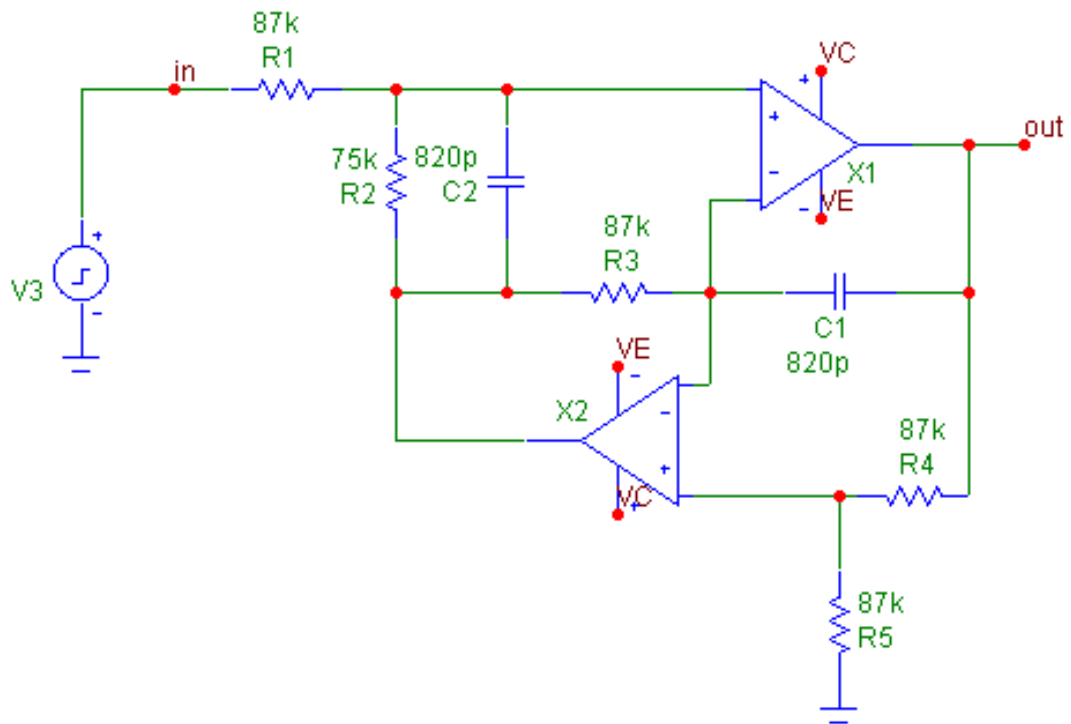




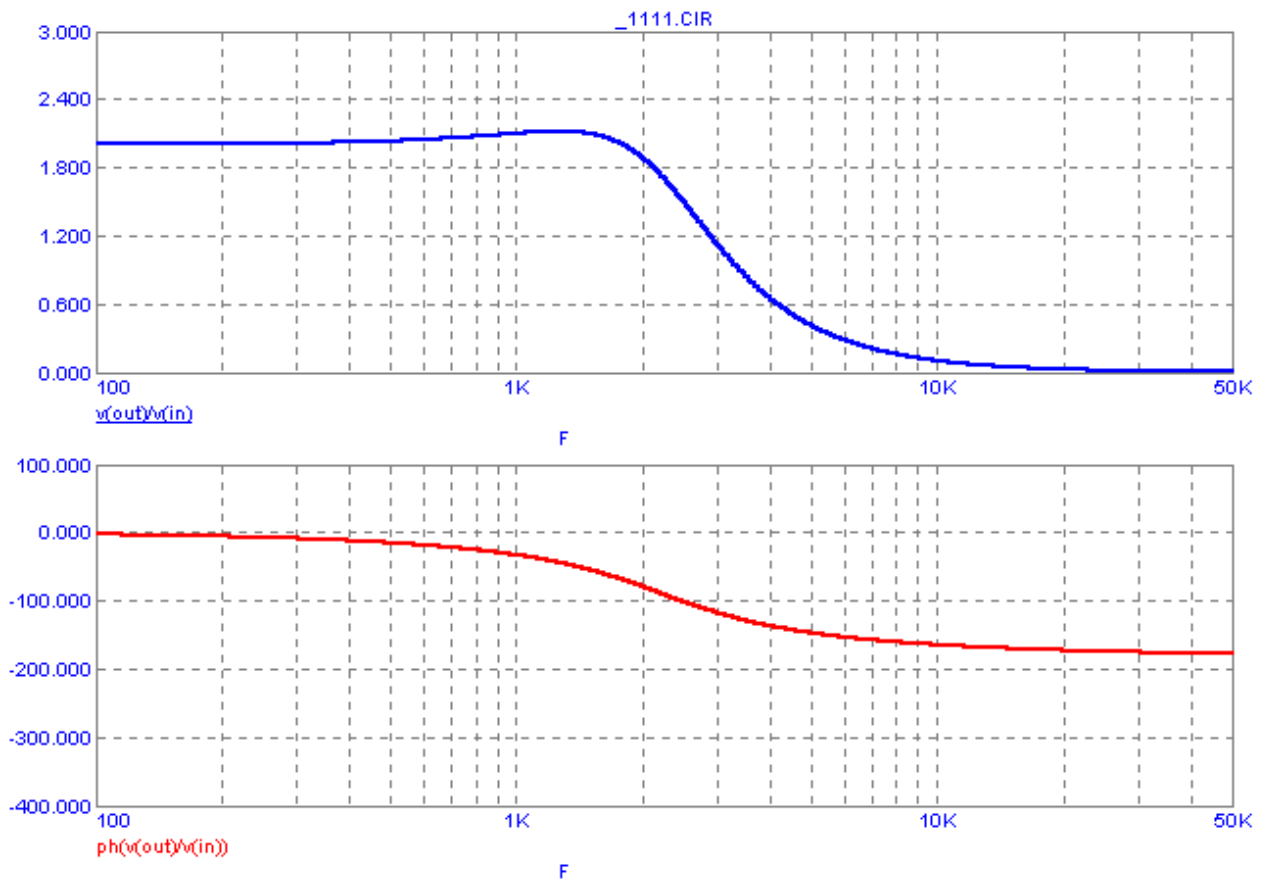
Принципова схема цифрового пристрою передавання вимірювальної інформації



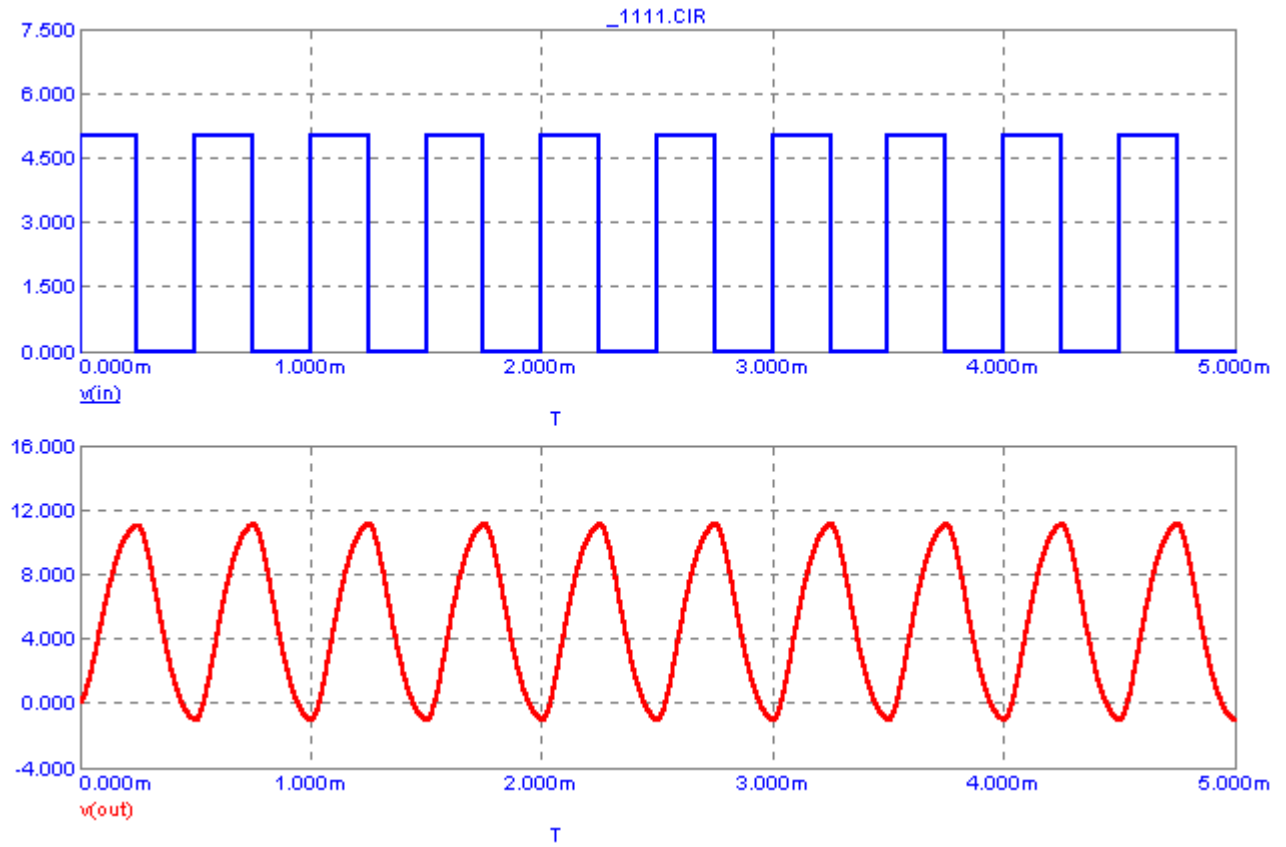
Блок-схема алгоритму функціонування пристрою передавання вимірювальної інформації



Моделювальна схема активного ФНЧ



АЧХ та ФАХ активного ФНЧ



Вхідний та вихідний сигнали активного ФНЧ

Додаток Б  
(обов'язковий)

Протокол  
перевірки кваліфікаційної роботи  
на наявність текстових запозичень

**ПРОТОКОЛ  
ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ  
НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ**

Назва роботи: Цифровий пристрій передавання вимірювальної інформації телефонними лініями зв'язку

Тип роботи: \_\_\_\_\_ Магістерська кваліфікаційна робота \_\_\_\_\_  
(БДР, МКР)

Підрозділ кафедра інфокомунікаційних систем і технологій, факультет інформаційних електронних систем \_\_\_\_\_  
(кафедра, факультет)

**Показники звіту подібності Unichesk**

Оригінальність 100,0 %

Схожість 0 %

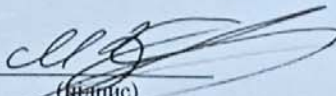
Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне):

1. Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.

2. Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її виконання автором. Роботу направити на розгляд експертної комісії кафедри.

3. Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень.


Особа відповідальна за перевірку

  
(підпис)

Васильківський М.В.  
(прізвище, ініціали)

Ознайомлені з повним звітом, який був згенерований системою Unichesk щодо роботи.

Автор роботи

  
(підпис)

Диренко І.М.  
(прізвище, ініціали)

Керівник роботи

  
(підпис)

Бортник Г.Г.  
(прізвище, ініціали)