

Вінницький національний технічний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет Інформаційних електронних систем
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра Інформаційних радіоелектронних технологій і систем
(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

БАКАЛАВРСЬКА ДИПЛОМНА РОБОТА

на тему: «Високочастотний пристрій передачі даних по мережі електроживлення»

Виконав: студент 4-го курсу, групи ТКР-196
спеціальності 172 Телекомунікації та
радіотехніка

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Гаврилюк В.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник: асистент каф. ІРТС

Пастушенко О. Л.

(прізвище та ініціали)

«19» 06 2023 р.

Рецензент: к.т.н., ст. викл. каф. ІКСТ

Макогон В.І.

(прізвище та ініціали)

«20» 06 2023 р.

Допущено до захисту

Завідувач кафедри ІРТС

д.т.н., проф. Осадчук О.В.

(прізвище та ініціали)

«20» 06 2023 р.

Вінниця ВНТУ - 2023 рік

Вінницький національний технічний університет
Факультет Інформаційних електронних систем
Кафедра Інформаційних радіоелектронних технологій і систем
Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)
Галузь знань – 17 Електроніка та телекомунікації
Спеціальність – 172 – Телекомунікації та радіотехніка
Освітньо-професійна програма – Радіотехніка

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри ІРТС
д.т.н., проф. Осадчук О.В.

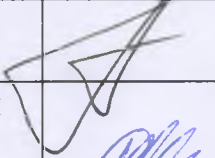
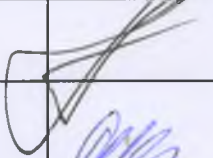



21.03. 2023 року

З А В Д А Н Н Я **НА БАКАЛАВРСЬКУ ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Гаврилюку Валентину Валерійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи. Високочастотний пристрій передачі даних по мережі електроживлення
керівник роботи асистент каф. ІРТС Пастушенко О. Л.
затверджені наказом вищого навчального закладу від "20"03 2023 року № 67
2. Строк подання студентом роботи 16 06 2023 року
3. Вихідні дані до роботи: метод передачі інформації - частотна маніпуляція швидкість передачі до 900 біт/сек. кодування інформації: виправлення одиночних і виявлення подвійних помилок, прийому і передачі цифрової інформації по мережах змінного струму 110 – 380 , живлення від адаптера 12 В.
4. Зміст текстової частини: Вступ. Основи та принципи передачі даних по лініях електропостачання. Розробка пристрою передачі даних по електромережі. Моделювання вихідного каскаду пристрою передачі даних по електромережі у середовищі multisim14. Охорона праці. Висновки. Список використаних джерел. Додатки.
5. Перелік ілюстративного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): Області застосування засобів зв'язку на основі електричних мереж. X10 - стандарт. Сигнали включають короткі радіочастотні імпульси передачі даних. Схема організації каналу зв'язку на основі силового кабелю. Еквівалентна схема системи зв'язку по повітряних лініях електропередачі. Структурна схема. Діаграма прийому інформації. Діаграма передачі інформації. Принципова електрична схема каналу прийомо-передавача по мережі змінного струму. Схема моделювання у програмі MULTISIM 14.2. Вікно підготовки моделювання у програмі MULTISIM 14.2.


6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	виконання прийняв
Основна частина	асистент каф. Пастушенко О.Л.		
Охорона праці	професор кафедри БЖДПБ, професор, д.п.н., Дембіцька С.В.		

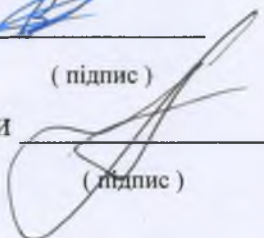
7. Дата видачі завдання 22.03.2023 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів бакалаврської дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Вибір, узгодження та затвердження теми БДР	14.02.2023-28.02.2023	
2.	Огляд та аналіз літературних джерел.	01.03.2023-23.03.2023	
3.	Затвердження теми. Розробка завдання на БДР.	20.03.2023-31.03.2023	
4.	Попередня розробка основних розділів. Аналіз вирішення поставленої задачі. Розробка структурної схеми та технічних рішень.	01.04.2023-06.05.2023	
5.	Математичне моделювання та електричні розрахунки. Експериментальне дослідження.	07.05.2023-18.05.2023	
6.	Розробка ілюстративної частини БДР	19.05.2023-22.05.2023	
7.	Охорона праці (ОП)	23.05.2023-28.05.2023	
8.	Оформлення пояснювальної записки та ілюстративної частини.	29.05.2023-06.06.2023	
9.	Нормоконтроль	07.06.2023-09.06.2023	
10.	Попередній захист БДР, доопрацювання, рецензування БДР	10.06.2023-19.06.2023	
11.	Захист БДР ЕК	20.06.2023-21.06.2023	

Студент 

(підпис)

Керівник роботи 

(підпис)

Гаврилюк В.В.

Пастушенко О.Л.

АНОТАЦІЯ

УДК 621.89

Гаврилюк В.В. Високочастотний пристрій передачі даних по мережі електроживлення. Бакалаврська дипломна робота зі спеціальності 172 - Телекомунікації та радіотехніка, освітня програма – Радіотехніка. Вінниця: ВНТУ, 2023. 72 с. Укр. мовою. Бібліограф.: 18 назв; рис.: 40; табл. 9.

В бакалаврській дипломній роботі проведено розробку високочастотного пристрою передачі даних по мережі електроживлення. Всюди зростаюча потреба в засобах телекомунікації як в глобальних, так і в локальних масштабах спричиняє сплеск інтересу до засобів передачі даних по лініях електроживлення.

Розроблений пристрій реалізує системи управління і моніторингу в промисловості і на транспорті, в медицині, енергетиці, системах екологічної безпеки та інших областях людської діяльності.

Пристрій має одночасно значне розповсюдження інформаційного обміну - засоби домашньої автоматки, мережі малих і домашніх офісів (SOHO), розподілені системи охоронної і іншої сигналізації, які також потребують розвиненої інфраструктури засобів зв'язку.

Розроблена система також дозволяє створювати домашню локальну мережу, яка пов'язує персональний комп'ютер з будь-якими передаючими і приймаючими пристроями в інших приміщеннях, включаючи принтери, камери і MP3-програвачі.

Результати дослідження та розробки демонструють можливості системи, яка є вкрай гнучкою і адаптивною до різних сценаріїв використання, включаючи домашнє освітлення, керування пристроями, і навіть високошвидкісний доступ до Інтернету.

Ключові слова: лінії живлення, архітектура взаємодії, надійність передачі на каналному рівні, базові компоненти, канали зв'язку на основі розподільних силових мереж, прийомо-передавач по мережі змінного струму 110 –380 В, перешкодозахисне кодування інформації, інтернет через звичну електричну розетку, швидкість передачі даних, інтерфейс USB, побутові пристрої з підключенням до Інтернету.

ABSTRACT

Havryliuk V.V. High-Frequency Data Transmission Device Through Powerline Networks. Bachelor's qualification work in the speciality 172 - Telecommunications and Radio-engineering, educational program – Radio-engineering. Vinnitsa: VNTU, 2023. 72 p. In the Ukrainian language. Refs.: 18 titles. Figs.: 40. Tables: 9.

In the bachelor's thesis, the development of a high-frequency data transmission device through powerline networks is presented. The ubiquitous growing need for telecommunications both on a global and local scale leads to a surge in interest in data transmission means through powerlines.

The developed device implements control and monitoring systems in industry and transport, in medicine, energy, environmental safety systems, and other areas of human activity.

The device significantly supports information exchange, including home automation systems, small office/home office (SOHO) networks, distributed security and other alarm systems which also require a developed communication infrastructure.

The developed system also allows the creation of a home local area network that connects a personal computer to any transmitting and receiving devices in other rooms, including printers, cameras, and MP3 players.

The research results and development demonstrate the capabilities of a system that is extremely flexible and adaptable to various usage scenarios, including home lighting, appliance control, and even high-speed internet access.

Keywords: powerlines, interaction architecture, reliability of transmission at the channel level, base components, communication channels based on distribution power networks, transceiver through an AC network 110-380V, interference-resistant information encoding, internet through a conventional electrical outlet, data transmission speed, USB interface, household appliances with internet connectivity.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 ОСНОВИ ТА ПРИНЦИПИ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ ПО ЛІНІЯХ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ	11
1.1 Особливості ліній живлення	11
1.2 Основні області застосування.....	11
1.3 Архітектура взаємодії	14
1.4 Основні способи підвищення надійності передачі на каналному рівні	15
1.5 Технології і продукти.....	16
2 РОЗРОБКА ПРИСТРОЮ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ ПО ЕЛЕКТРОМЕРЕЖІ	28
2.1 Структурний аналіз каналів зв'язку на основі розподільчих силових мереж напругою 0,4/6/10 кВ	28
2.2 Результати математичного моделювання	33
2.3 Вибір елементної бази прийомо-передавача по мережі змінного струму	37
2.4 Функціонування	41
2.5 Принципова електрична схема каналу прийомо-передавача по мережі змінного струму.....	47
3 МОДЕЛЮВАННЯ ВИХІДНОГО КАСКАДУ ПРИСТРОЮ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ ПО ЕЛЕКТРОМЕРЕЖІ У СЕРЕДОВИЩІ MULTISIM14	48
3.1 Формування вимог до моделювання та принципової схеми в програмі MULTISIM 14.2	48
3.2 Моделювання режиму роботи схеми	50
4 ОХОРОНА ПРАЦІ	53
ВИСНОВКИ	63
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	64
Додаток А (обов'язковий). Протокол перевірки навчальної (бакалаврської) роботи.....	
Додаток Б (обов'язковий). Ілюстративний матеріал.....	

ВСТУП

Актуальність теми

Тема "Високочастотний пристрій передачі даних по мережі електроживлення" є актуальною і важливою. Використання ліній живлення для передачі даних відкриває нові можливості для реалізації інтелектуальних систем управління в домашніх умовах, оскільки дозволяє знизити вартість установки та обслуговування таких систем, а також забезпечує високу швидкість передачі даних.

Водночас, використання ліній живлення для передачі даних має свої особливості та виклики, зокрема, щодо надійності та швидкості передачі даних, захисту від перешкод та забезпечення безпеки. Тому дослідження та вдосконалення таких систем є актуальним і важливим завданням, що вимагає наукового підходу та інноваційних рішень.

Існує кілька основних напрямків, в яких такі пристрої можуть бути корисними:

– Розумний будинок: Система може бути використана для автоматизації різних процесів в домашніх умовах, включаючи керування освітленням, системами безпеки, побутовою технікою та іншими пристроями.

– Офісні будівлі: Система може бути використана для створення ефективних мереж передачі даних в офісних будівлях, що дозволяє підключати до мережі різні пристрої, такі як комп'ютери, принтери, сканери тощо.

– Промисловість: В промислових умовах система може бути використана для передачі даних між різними виробничими лініями та управлінськими системами.

– Освіта та наука: Система може бути використана в освітніх та наукових установах для створення мереж передачі даних, що дозволяють

підключати до мережі різні пристрої, такі як комп'ютери, лабораторне обладнання, інтерактивні дошки, охоронні системи, тощо.

– Здоров'я та медицина: Система може бути використана в медичних установах для передачі даних між різними медичними пристроями та системами управління, що може поліпшити якість медичного обслуговування та ефективність роботи медичного персоналу.

Мета роботи полягає в дослідженні особливостей ліній живлення, основних областях застосування, архітектурі взаємодії, основних способах підвищення надійності передачі на канальному рівні, базових компонентах, технологіях та продуктах.

Об'єкт дослідження

Об'єктом дослідження в даній роботі є системи передачі даних через лінії живлення. Це включає в себе розгляд особливостей ліній живлення, основних областей застосування, архітектурі взаємодії, основних способів підвищення надійності передачі на канальному рівні, базових компонентів, технологій та продуктів.

Предмет дослідження

Предмет дослідження дозволяє сконцентруватися на конкретних аспектах систем передачі даних через лінії живлення, аналізувати їх особливості, розробляти оптимальні рішення та вдосконалювати систему з метою досягнення кращих результатів і задоволення потреб користувачів.

Методи дослідження

У даній роботі можуть використовуватися різні методи дослідження для досягнення поставлених цілей і вирішення завдань. Деякі з можливих методів дослідження включають:

Аналіз технологій: Робота включає детальний аналіз різних технологій, що використовуються для передачі даних через лінії живлення, включаючи технології X-10, Intellon CEBus (Intellon SSC), LonWorks (Local Operation Net Works), Adaptive Networks (ANI), DPL 1000, Plug-In, і інші.

Структурний аналіз: Робота включає структурний аналіз систем передачі даних через лінії живлення, включаючи аналіз архітектури взаємодії, основних способів підвищення надійності передачі на каналному рівні, базових компонентів, технологій та продуктів.

Розробка та тестування: Робота включає розробку каналів зв'язку на основі розподільних силових мереж напругою 0,4/6/10 кВ та розробку прийомо-передавача по мережі змінного струму 110 –380 В. Ці розробки потім тестуються для перевірки їхньої ефективності та надійності.

Ці методи дослідження можуть використовуватися окремо або в комбінації для досягнення мети роботи та вирішення поставлених завдань.

Наукова новизна одержаних результатів

Розробка та аналіз каналів зв'язку: В роботі було розроблено канали зв'язку на основі розподільних силових мереж. Це підхід, який дозволяє використовувати існуючу інфраструктуру для передачі даних.

Розробка прийомо-передавача: Було розроблено прийомо-передавач по мережі змінного струму 110 –380 В. Це пристрій, який може значно покращити ефективність передачі даних через лінії живлення без прокладання нових комунікацій.

Аналіз технологій: В роботі було проведено детальний аналіз різних технологій, що використовуються для передачі даних через лінії живлення. Це включає в себе аналіз технологій X-10, Intellon CEBus (Intellon SSC), LonWorks (Local Operation Net Works), Adaptive Networks (ANI), DPL 1000, Plug-In, і інші.

Практичне значення одержаних результатів

Одержані результати в мають практичне значення в наступних аспектах:

Використання існуючої інфраструктури: Розроблені канали зв'язку на основі розподільних силових мереж напругою 0,4/6/10 кВ дозволяють використовувати існуючу інфраструктуру для передачі даних, що дозволить суттєво знизити вартість впровадження нових систем передачі даних.

Покращення ефективності передачі даних: Розроблений прийомо-передавач по мережі змінного струму 110 –380 В може забезпечити ефективність передачі даних через лінії живлення.

Приклади використання розробленої системи можуть включати:

Доступ до Інтернету через звичайну електричну розетку: В США та Канаді, асоціація HomePlug Powerline Alliance просуває впровадження доступу до Інтернету через звичайну електричну розетку. Це дозволяє створити домашню локальну мережу, яка з'єднує персональний комп'ютер з будь-якими передаючими і приймаючими пристроями в інших приміщеннях, включаючи принтери, камери і MP3-програвачі.

Високошвидкісний доступ до Інтернету: В Німеччині, провідний постачальник електроенергії RWE надає високошвидкісний доступ до Інтернету на основі технології powerline через власні електричні мережі RWE PowerNet.

Керування пристроями: За допомогою універсального модуля UM506, який містить низьковольтне реле, можна керувати різними приладами, включаючи приводи воріт, приводи жалюзі, насоси, клапани.

Ці приклади показують, що розроблена система може мати широкий спектр застосувань, включаючи домашні та промислові системи.

1 ОСНОВИ ТА ПРИНЦИПИ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ ПО ЛІНІЯХ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

1.1 Особливості ліній живлення

До розгляду пропонується передача даних між вузлами, підключеними до однієї фази знижувального трансформатора, тобто про передачу в межах однієї трансформаторної підстанції.

Складність організації зв'язку по лініям електроживлення полягає у тому, що існуючі електромережі спочатку не призначалися для передачі даних. Вони характеризуються високим рівнем шумів і швидким згасанням високочастотного сигналу, а також тим, що комунікаційні параметри лінії, постійні для традиційних фізичних середовищ, істотно міняються в часі залежно від поточного навантаження. Специфічною особливістю ліній електроживлення є і їх розгалужена деревовидна топологія. Крім того, при організації зв'язку повинні бути забезпечені електромагнітна сумісність і екранування процесів передачі даних від власне електроспоживання.

Реалізація систем передачі даних по електричним лініям пов'язана з додатковими труднощами, що полягають у тому, що технічні характеристики вітчизняних електричних мереж відрізняються від характеристик мереж західних і принаймні, (більш важливо), відсутні стандарти, визначальні головні параметри систем передачі даних по лініям електроживлення[1].

1.2 Основні області застосування

В даний час існує декілька стандартних системних підходів до передачі інформації по лініям живлення. Відмінності між ними полягають перш за все в орієнтації на конкретний клас додатків, а також в методах і засобах забезпечення надійної інформаційної взаємодії.

Найважливіші області застосування засобів зв'язку на основі електричних мереж - рисунок 1.1.



Рисунок 1.1 - Области застосування засобів зв'язку на основі електричних мереж

Кожен клас найважливіших областей застосування засобів зв'язку на основі електричних мереж характеризується специфічними вимогами до швидкості і дальності передачі, методу доступу та інших показників, що визначають якість передачі.

До низькошвидкісних розподілених систем управління і обліку відносяться системи автоматичного управління в цехах і на виробничих територіях, системи життєзабезпечення будівель (ліфти, кондиціонери, вентиляція), складські системи, засоби обліку енергоспоживання, системи охоронної і пожежної сигналізації в дачних селищах, гаражних кооперативах та інших.

Інший клас додатків складають засоби домашньої автоматики, що дозволяють комплексно керувати побутовими приладами аж до автоматичного узгодженого включення кавоварок і тостерів, а також виведення на телеекран зображення з вхідної відеокамери при появі непроханих гостей. Сюди ж можна віднести локальні мережі для домашніх і малих офісів, розгорнені в межах невеликої будівлі або окремої квартири.

Безперечний інтерес представляють приклади успішного використання електричних мереж для організації телефонного зв'язку в селищах і на

обмежених територіях, а крім того, для забезпечення високошвидкісного доступу в Internet.

Для цього необхідно сконструювати щось подібне до модему, здатного приймати і передавати високочастотний слабкострумовий сигнал в електричну мережу, відсікаючи високовольтну складову напруги промислової частоти, і адаптувати під цю справу самі лінії електропередачі. Ось за цю справу і узялися багато відомих компаній. Сьогодні важко сказати, кому першому прийшла в голову подібна ідея і де були проведені перші експерименти.

Влітку 2001 року вперше була обнародована просувна цією асоціацією специфікація передачі даних по побутовій електромережі. Промисловий стандарт припускає створення своєрідної домашньої локальної мережі, яка пов'яже персональний комп'ютер з будь-якими передаючими і приймаючими пристроями в інших приміщеннях, включаючи принтери, камери і MP3-програвачі. І при цьому не знадобиться ніяких додаткових комунікацій, окрім побутової електромережі. Стандарт забезпечує передачу даних на швидкості до 14 Мбіт в секунду, а також надає можливість підключення до Інтернету. Пристрої, що підтримують новий стандарт, дозволяють використовувати одну і ту ж розетку як для живлення, так і для передачі даних.

На сьогоднішній день технологія powerline не тільки забезпечить можливість підключення до Інтернету через звичну силову розетку, але і дозволить працювати на швидкостях до 20 Мбіт/с. При експериментальному тестуванні вдавалося підтримувати стійкий зв'язок по електропроводці на швидкостях до 45 Мбіт/с. Відповідні модеми надає швейцарська компанія Ascom. [7]

В Японії і раніше існував стандарт передачі даних по електромережам Echonet (Energy Conservation&Homecare Network). Втім, швидкість тут складала всього лише 9600 кбіт/с, а використовуваний частотний діапазон не перевищує 450 кГц. Тому цей стандарт не користується великою популярністю. Проте ситуація швидко змінюється, оскільки ряд компаній, зокрема Kansai Electric Power, узялися розвернути в Японії сервіс швидкодійного доступу в Інтернет

по електропроводці. Безпосередньо наданням даної послуги займається її дочірнє підприємство K-Opticom, чий стандарт передбачає максимальну пропускну здатність 24 Мбіт/с в діапазоні частот 4-20 МГц.

В той же час інша японська компанія Softbank готова представити свій варіант доступу в Інтернет по енергомережі, заснований на технології nPlug британської фірми Sine. За заявою Softbank, її сервіс зможе забезпечувати швидкість передачі даних 40 Мбіт/с, використовуючи смугу частот від 8 до 32 МГц.

Як вже мовилося, модеми високошвидкісного доступу через електромережу для німецької RWE робить швейцарська Ascom, а британська n-Sine Ltd поставляє устаткування для Softbank. Свій модем представили німецька фірма PolyTrax Information Technology AG і японська корпорація Hitachi LTD Power and Industrial Group. Його максимальна швидкість передачі даних досягає 2.4 Мбіт/с, а середня - близько 1.5 Мбіт/с, навіть в умовах високого навантаження на електромережу. Принцип дії модему заснований на технології OFDM (Frequency Division Multiplex), а підключення до ПК здійснюється за допомогою інтерфейсу USB. Оригінальні пристрої показала на виставці Consumer Electronics Show в Лас-Вегасі Samsung Electronics. Йдеться про пральну машину, кондиціонер і мікрохвильову піч з використанням технології LonWorks фірми Echelon. LonWorks дозволяє побутовим пристроям обмінюватися один з одним інформацією і підключатися до Інтернету по звичній електромережі.

1.3 Архітектура взаємодії

Архітектура інформаційної взаємодії на основі електромереж має ієрархічну структуру, в загальному вигляді вона представлена на рисунку 1.2.

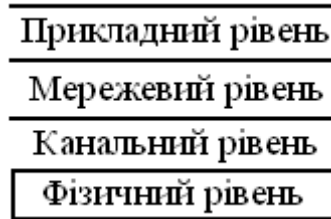


Рисунок 1.2 – Узагальнена модель протоколів для систем зв'язку на основі мереж електроживлення

Навіть в рамках однієї прикладної області конкретні її реалізації відрізняються методами надійної доставки даних на різних рівнях ієрархії.

Підвищення надійності передачі на фізичному рівні пов'язане з вибором способу модуляції і частотного діапазону, з використанням методів цифрової обробки сигналів і адаптивного управління. Тут в першу чергу слід зазначити перспективність алгоритмів широкосмугової (Spread Spectrum) модуляції, що істотно підвищує перешкодостійкість передачі.

При використанні SS-модуляції потужність сигналу розподіляється в широкій смузі частот, і сигнал стає непомітним на тлі перешкод. На приймаючій стороні значуща інформація виділяється з шумоподібного сигналу з використанням унікальної для даного сигналу псевдовипадкової кодової послідовності. За допомогою різних кодів можна здійснювати передачу відразу декількох повідомлень в одній широкій смузі частот. [2]

1.4 Основні способи підвищення надійності передачі на каналному рівні

Основними способами підвищення надійності передачі на каналному рівні є:

1. Розбиття пакетів даних на кадри невеликої довжини;
2. Використання кодів, що коректують, для виявлення і виправлення помилок;

3. Застосування низькорівневих протоколів надійної передачі на основі підтверджень прийому коротких кадрів;

4. Використання ефективних методів управління доступом до середовища передачі даних.

Короткі пакети дозволяють збільшити не тільки вірогідність достовірної передачі порції даних, але і ефективність адаптації передаючої сторони до швидко змінних характеристик мережі. При використанні широкосмугової модуляції це виражається в оптимальному перерозподілі потужності сигналу в смузі частот з урахуванням фактичного спектру перешкод.

Деякі фірми розробили оптимізовані протоколи доступу до середовища, які враховують особливості «електромережєвих» додатків і зашумленість ліній живлення. Оскільки значна частина таких додатків (автоматичний облік, охоронна сигналізація, домашня автоматика) припускає наявність в мережі одного активного вузла, для забезпечення доступу доцільно використовувати методи опиту або передачі маркера.

1.5 Технології і продукти

1.5.1 Технологія X-10

Розроблена в 1978 р. корпорацією X-10 з орієнтацією на завдання дистанційного керування світильниками і простими побутовими приладами.

X10 - стандарт передачі даних між передавачем і приймачем по силовим лініям. Ці сигнали включають короткі радіочастотні імпульси, що передають цифрову інформацію.

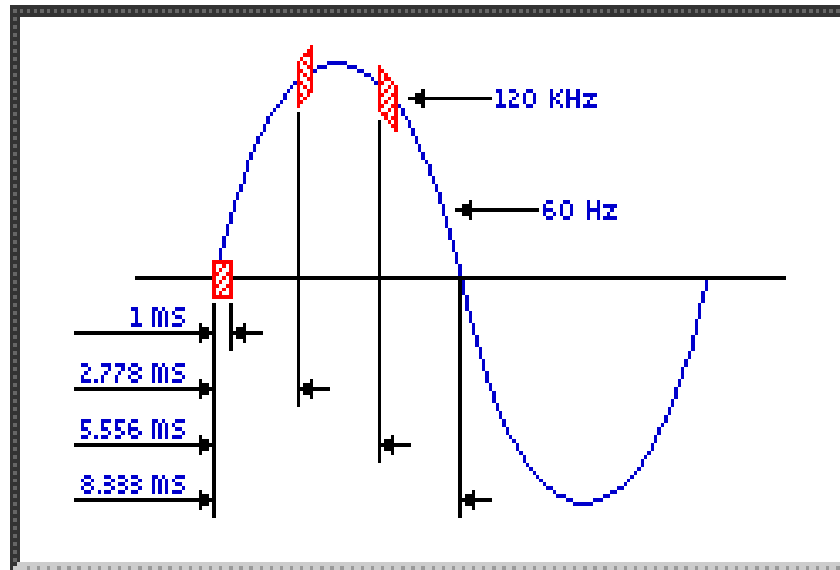


Рисунок 1.3 – X10 - стандарт. Сигнали включають короткі радіочастотні імпульси передачі даних

Передача імпульсів синхронізована з нулем силової напруги. Це пов'язано з тим, що біля нульової напруги рівень перешкод в мережі мінімальний. Вікно прийому даних - близько 200 мікросекунд. Тривалість імпульсу частотою 120 кГц близько 1 мс. Бінарна одиниця - імпульс тривалістю 1 мс біля нуля, бінарний нуль - відсутність імпульсу. В цілях зменшення помилок для передачі одного біта використовуються два переходи через нуль. Тому швидкість передачі обмежена величиною 60 біт/с (для мережі 120 В, 60 Гц). Деякі передавачі сигналу передають відразу 3 імпульси, які відповідають нульовим напругам інших фаз.

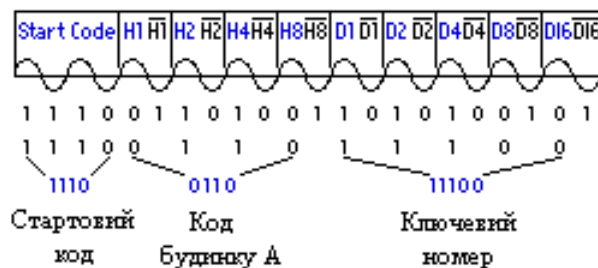


Рисунок 1.4 – формат кодової послідовності сигналу по електролініях

Повний цикл передачі складає одинадцять циклів. Перші два цикли - стартовий код, наступні 4 цикли - код будинку (house code), наступні 5 циклів - код приладу (Number Code) або код функції (ввімк. , вимк. і т. д.). Існують також розширені (extended) коди для передачі даних.

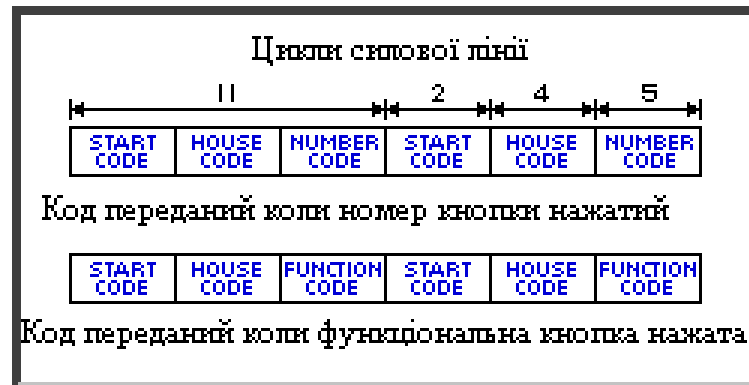


Рисунок 1.5 - повний цикл передачі: перші два цикли - стартовий код, наступні 4 цикли - код будинку (house code), наступні 5 циклів - код приладу (Number Code) або код функції

Передавачем може бути контролер - при натисненні кнопок видається відповідна команда, таймер, комп'ютерний модуль. Приймачі - релейні модулі, виконуючі команди ввімк. і вимк. а також команду вимкнути все, лампові модулі - виконують команди ввімк, вимк., яскравіше, темніше, ввімк. все світло, вимкнути все, деякі модулі можуть видавати свій статус. Універсальний модуль UM506 містить низьковольтне реле і може включатися/вимикатися, а також включатися на деякий час, потім вимикатися. Також містить зумер, який можна і вимкнути. Використовується для керування будь-якими приладами - приводами воріт, приводами жалюзі, насосами, клапанами. Є і складніші прилади, які є і приймачами, і передавачами – радіотрансивер TM751 одержує сигнали по радіоканалу і видає сигнали протоколу X10 в силову лінію, є і аналогічні трансивери ІК- силова мережа.

Прикладному рівню відповідає мова керування простими пристроями. Повна команда X-10 складається з двох пакетів, що розділяються інтервалами в три періоди для її передачі потрібно 47 циклів або приблизно 0,8 с.

	Коди будинку				Ключеві коди					
	H1	H2	H4	H8	D1	D2	D4	D8	D16	
A	0	1	1	0	1	0	1	1	0	0
B	1	1	1	0	2	1	1	1	0	0
C	0	0	1	0	3	0	0	1	0	0
D	1	0	1	0	4	1	0	1	0	0
E	0	0	0	1	5	0	0	0	1	0
F	1	0	0	1	6	1	0	0	1	0
G	0	1	0	1	7	0	1	0	1	0
H	1	1	0	1	8	1	1	0	1	0
I	0	1	1	1	9	0	1	1	1	0
J	1	1	1	1	10	1	1	1	1	0
K	0	0	1	1	11	0	0	1	1	0
L	1	0	1	1	12	1	0	1	1	0
M	0	0	0	0	13	0	0	0	0	0
N	1	0	0	0	14	1	0	0	0	0
O	0	1	0	0	15	0	1	0	0	0
P	1	1	0	0	16	1	1	0	0	0
				All Units Off	0	0	0	0	0	1
				All Lights On	0	0	0	1	1	
				On	0	0	1	0	1	
				Off	0	0	1	1	1	
				Dim	0	1	0	0	1	
				Bright	0	1	0	1	1	
				All Lights Off	0	1	1	0	1	
				Extended Code	0	1	1	1	1	
				Hail Request	1	0	0	0	1	①
				Hail Acknowledge	1	0	0	1	1	
				Pre-Set Dim	1	0	1	X	1	②
				Extended Data (analog)	1	1	0	0	1	③
				Status-on	1	1	0	1	1	
				Status-off	1	1	1	0	1	
				Status Request	1	1	1	1	1	

FIGURE 4

Рисунок 1.6 - Повна команда X-10: два пакета даних розділяються інтервалами в три періоди

Контролери і адаптери X-10 випускаються багатьма фірмами США. У ряді країн Європи доступні продукти X-10, адаптовані до європейських електромереж. Вартість модулів X-10 коливається від 8 доларів за пасивний приймач і до 50-100 доларів за багатофункціональний активний пристрій.

Основними недоліками системи на базі X-10 є низька швидкість передачі і функціональна обмеженість.[3]

1.5.2 Технологія Intellon CEBus (Intellon SSC)

Створювалася компанією Intellon для передачі даних по лініям електроживлення (120 В, 60 Гц) відповідно до стандарту домашньої мережі CEBus (докладнішу інформацію про цей стандарт можна знайти в Internet за

адресою <http://www.CEBus.com>). Стандарт CEBus (EIA-600) визначає вимоги, які зроблять можливим взаємодія побутових приладів і пристроїв домашньої автоматики на основі різних фізичних середовищ передачі: ліній електроживлення, радіо- і інфрачервоних каналів, коаксіального кабелю і ін. Модель CEBus включає протоколи прикладного, мережевого, каналного і фізичного рівнів еталонної моделі OSI.

Функції прикладного рівня виконує мова додатків CAL (Common Application Language), описана в документі EIA-721. Вона визначає уніфікований синтаксис для опису функціонування різних пристроїв і набір типових команд. CAL є об'єктно-орієнтованою мовою, що дозволяє задавати прикладні контексти взаємодії, зокрема звукове управління телевізором, музичним центром, відеомагнітофоном і CD- плеєром. Кожен контекст далі розбивається на об'єкти, що представляють собою такі параметри управління, як гучність, яскравість та інші.

Протокол мережевого рівня формує пакети даних, що містять всю необхідну інформацію про адреси джерела і приймача.

Стандартом CEBus передбачена однорангова модель взаємодії, при якій будь-який вузол має вільний доступ до мережі. Для запобігання колізіям на каналному рівні задіяний механізм CSMA/CDCR.

На фізичному рівні Intellon CEBus Powerline Carrier Protocol використовує технологію SS-модуляції, яка передбачає передачу кожного біта даних в смузі частот 100-400 кГц.

Компанія Intellon пропонує сімейство продуктів Power Line Evaluation Kit, що реалізують технологію Intellon CEBus: від комплекту мікросхем до системного рішення і засобів проектування мережі. Його вартість - 245 доларів. По відомій інформації, Microsoft придбала ліцензію на використання технології Intellon CEBus для передачі даних по електричним мережам. [4]

1.5.3 Технологія LonWorks (Local Operation NetWorks)

Розроблена американською корпорацією Echelon з метою створення розподілених систем (мереж) управління промислового і побутового призначення. LonWorks надає засоби і конструктивні блоки, необхідні для проектування, монтажу і обслуговування інтелектуальних взаємодіючих вузлів і підсистем, що включають різні типи датчиків, пристроїв управління, індикації та інших

Основними компонентами технології LonWorks є:

1. Протокол LonTalk;
2. Мікропроцесор Neuron Chip (3 x 8 біт ЦП, 10 Кбайт ОЗУ, 10 Кбайт ПЗП);
3. Спеціалізовані модулі - трансивери для різних середовищ передачі, управляючі модулі, мережеві адаптери і маршрутизатори;
4. Засоби проектування - LonBuilder (конфігурація і відладка мереж LonWorks), NodeBuilder (конфігурація окремого вузла), LonMaker (аналіз протоколів);
5. Програмні шлюзи - Ethernet, T1, X.25, Bitbus, Profibus, CAN, Modnet, SINEC, Grayhill, Opto22 (цифровий), OptoMux, Modbus, ISAbus, STD32 bus, PC/104, VMEbus і EXMbus.

Основа технології LonWorks складає протокол LonTalk, використовуваний вузлами мережі для обміну інформацією. Кожен вузол мережі повинен містити мікропроцесор, що реалізовує функції даного протоколу.

Протокол LonTalk є відкритим і може бути «вбудований» в будь-який відповідний мікропроцесор. Прикладом такого вбудовування є згаданий вище мікропроцесор Neuron Chip, який розроблений за технологією LonWorks і виробляється компаніями Motorola і Toshiba. Цей чіп забезпечує еталонну

реалізацію LonTalk і допускає використання як в завданнях управління обміном даних, так і для тестування інших реалізацій вказаного протоколу.

LonTalk є семирівневий комунікаційний протокол, що дозволяє здійснювати надійну передачу даних через різні фізичні середовища - виту пару, радіоканал (RF), інфрачервоний канал, лінії електроживлення, коаксіальний або оптичний кабель. Для середовища кожного типу розроблені трансивери, що підтримують роботу мережі при різних довжинах каналів, швидкостях передачі і мережевих топологіях. Вживаний метод доступу - CSMA.

Для ліній електроживлення 24/120/220/380/480 В змінного (50/60/400 Гц) і постійного струму розроблено декілька трансиверів (PLT), виконаних у вигляді мікросхем і мікроскладок.

Ціна компонентів LonWorks достатньо велика: 42 доларів - за трансивер, від 2000 доларів - за систему програмування.

Технологія LonWorks знаходить застосування перш за все в системах життєзабезпечення будівель, промислової і домашньої автоматики. Вона є однією з лідирувань у області розподілених управляючих мереж. Це підтверджується і тим, що останнім часом до розробок домашніх мереж на основі LonWorks активно підключилася Microsoft, а компанія Cisco Systems продемонструвала можливість доступу через Internet до вузлів мережі LonWorks за допомогою звичних браузерів.[5]

1.5.4 Технологія Adaptive Networks (ANI)

Випускає ряд продуктів, що підтримують високонадійну передачу даних по будь-яким видам електропроводки, зокрема відповідним європейському стандарту CENELEC. Технологія, запатентована ANI, забезпечує ефективну швидкість передачі до 115 кбіт/с (фізична швидкість 268 кбіт/с) і надійність, зіставну з такою для спеціальної виділеної кабельної інфраструктури.

У 1991 р. технологія Adaptive Networks була затверджена як стандарт передачі даних для систем контролю в бортових холодильних контейнерах (ISO 10368). Її відмітними особливостями є:

1. Забезпечення надійної передачі даних при високому рівні перешкод за рахунок швидкої адаптації широкосмугового сигналу до реальних характеристик електромережі;
2. Можливість роботи з існуючим мережевим ПО, орієнтованим на виту пару або інший вид кабелю;
3. Використання прозорого, надійного протоколу канального рівня з виправленням помилок (вірогідність помилкової передачі біта рівна 10^{-9});
4. Інтегральна реалізація, що не вимагає додаткової логіки інтерфейсу;
5. Гібридна схема маркерного доступу до середовища, використовувана при достатньо великій завантаженості мережі.

В даний час випускаються комплекти мікросхем і модулі, що забезпечують ефективну пропускну спроможність 4,8 (AN48), 19,2 (AN192) і 100 кбіт/с (AN1000). Для кожного набору мікросхем пропонуються засоби проектування (Evaluation Kit). Вартість компонентів і інструментальних засобів достатньо висока.[6]

1.5.5 Технологія DPL 1000

Дозволяє передавати дані по електромережам з швидкістю до 1 Мбіт/с, розроблена англійською компанією NOR.WEB (спільне підприємство Nortel Networks і United Utilities).

DPL 1000 можна по праву вважати революційним кроком в розвитку засобів передачі даних по лініям електроживлення, оскільки вона відкриває можливість практично загального прямого доступу в Internet за укрій низькими цінами. Якщо випробування, що проводяться в даний час в декількох країнах

Європи, підтвердять працездатність систем на основі DPL1000, то в майбутньому можна чекати істотних змін на ринку провайдерських послуг і зниження розцінок на доступ в Internet.

Нова технологія базується на запатентованих засобах екранування даних від електричних наведень. Технічні подробиці її реалізації в доступних джерелах практично відсутні. DPL 1000 є закінчене рішення для передачі даних від понижуючої трансформаторної підстанції до кінцевого користувача в домі або офісі.

Відповідно до технології DPL 1000 виробляється певна настройка робочих параметрів фрагмента розподільної електричної мережі, підключеного до низьковольтної обмотки знижувального трансформатора, після чого він може використовуватися як локальна мережа. При цьому знімається проблема «останньої милі» для Internet-провайдерів і забезпечується постійний прямий доступ користувачів до Internet без завантаження телефонних абонентських ліній.

У локальній мережі на основі DPL 1000 входять наступні апаратні компоненти:

1. центральна станція, яка забезпечує підключення локальної мережі до магістральних каналів зв'язку і мережеве адміністрування;
2. базова станція, розміщена на трансформаторній підстанції і реалізуюча підключення інформаційної локальної мережі до низьковольтних силових ліній живлення;
3. приєднувальний пристрій, який встановлюється на вході силового кабелю в дім (поряд з електролічильником) і забезпечує стиковку з внутрішньою інформаційною мережею;
4. комунікаційний модуль, що підключається до комп'ютера, на якому встановлюється комунікаційне ПЗ.

В даний час в декількох європейських країнах розгорнені демонстраційні зони для «обкатки» технології DPL 1000. Наприклад, у Великобританії з її допомогою до Internet підключена загальноосвітня школа, а в Німеччині на

основі DPL 1000 перші користувачі одержали постійний вихід у Всесвітню мережу з швидкістю до 1 Мбіт/с в обох напрямках.

Окремі компоненти для передачі даних по електромережам створюють і інші фірми, серед яких слід відзначити Intelogis і ITRAN.

1.5.6 Технологія Plug-In

Компанія Intelogis, що виділилася свого часу з Novell, пропонує технологію Plug-In, позбавлену основних недоліків конкуруючих розробок для домашніх комп'ютерних мереж (висока вартість, низька пропускна здатність, обмежені функціональні можливості). Технологія реалізована в серії продуктів PassPort, що використовують існуючу мережу змінного струму (120 В, 60 Гц) як середовище передачі.

Мінімальний комплект PassPort вартістю 230 доларів включає два адаптери для персональних комп'ютерів і один для принтера. Він забезпечує сумісне використання файлів і запуск мережевих комп'ютерних ігор, учасниками яких можуть стати сусіди по дому.

Архітектура Intelogis Plug-In реалізує протоколи першого, другого, третього, четвертого і сьомого рівнів еталонної моделі OSI. У основі протоколу прикладного рівня лежить мова додатків CAL стандарту SEBus, згадувана вище у зв'язку з розробками компанії Intellon. Проте, на відміну від стандартного варіанту, що використовує однорангову (peer-to-peer) схему взаємодії, мова додатків CAL Intelogis спирається на обчислювальну модель клієнт-сервер. При цьому велика частина функцій обробки інформації, яка пов'язана з прикладним завданням кожного вузла мережі, реалізується централізованим сервером додатків, організованим на базі існуючого комп'ютера або контролера мережі. Таке рішення дозволяє значно зменшити вартість клієнтських вузлів мережі і системи в цілому.

Технологія Plug-In забезпечує швидкість передачі 350 кбіт/с (у перспективі - 1 Мбіт/с). Вірогідність помилки при передачі окремих бітів складає 10⁻⁹. Дальність передачі може досягати 400 м.

Апаратні компоненти (трансивери), створені на основі DCSK, забезпечують значно вищу швидкість передачі, завадостійкість і захист інформації, ніж існуючі СЕBus-трансивери, при помітно меншій вартості пристроїв.

Мікросхеми трансиверів і модеми для ліній електроживлення випускаються і іншими компаніями. Основні параметри продуктів, доступних в даний час, приведені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Параметри трансиверів і модемів для ліній електроживлення

Продукт	Призначення	Тип модуляції	Смуга частот, кГц	Швидкість передачі, кбіт/с	Протокол	Вартість розд./опт., дол.
Intellon						
SSC P485	Трансивер	SSC	100-450	10	CEBus	30/18
SSC P200	Трансивер+ контроллер	SSC	100-450	10	CEBus	21/11
SSC P300	Трансивер+ контроллер	SSC	100-450	10	CEBus	24/14
SSC P400	Трансивер+ контроллер	SSC	100-450	10	CEBus	45/23
SSC P111	Вихідний підсилювач	SSC	100-450	10	CEBus	10
Echelon						
PLT- 10A	Трансивер	SST	100-140	10	LonTalk	42/34
PLT-21	Трансивер	BPSK	125-140	5	LonTalk	42/34
PLT-30	Трансивер	SST	9-95	2	LonTalk	42/34

Продовження таблиці 1.1 – Параметри трансиверів і модемів для ліній електроживлення

PLT-22	Трансивер Двохчастотний	BPSK	115,132	5	LonTalk	35/30
Adaptive Networks						
AN48 (2)*	Трансивер+ Контроллер	ASST	9 - 95	4,8	Н/д	55/35
AN192 (2)	Трансивер+ контроллер	ASST	140 - 450	19,2	Н/д	55/35
AN1000 (3)	Трансивер+ контроллер	ASST	140 - 450	100	Н/д	75/45
Intelogis						
PassPort	Модем	FSK	Н/д	350	Plug-In	99 (модем)
ITRAN						
IT800	Трансивер	DCSK	Н/д	8	CEBus	6,5/5,8
IT5000	Трансивер	DCSK	Н/д	50	CEBus	5,9/5,2
ITM 1	Трансивер	DCSK	4000- 20000	1500	Enthernet	15/12
ITM 10	Трансивер	CDMA	Н/д	10000	Enthernet	Н/д
National						
LM1893	Трансивер	FSK	50-300	4,8	Н/д	Н/д
IC/SS (3)	Трансивер+ контроллер	ICSS	9-95	3,2	Н/д	Н/д
Philips Semiconductors						
TDA5051	Трансивер	ASK	132,5	0,6/1,2	Н/д	Н/д
SGS Thomson						
ST753HS1	Трансивер	FSK	132,5	2,4	Н/д	Н/д
Domosys						
CEWay PL-One	Трансивер	SST	140-450	Н/д	CEBus	25/10
CEWay PL-One	Трансивер	SST	140-450	Н/д	CEBus	19/8

Продовження таблиці 1.1 – Параметри трансиверів і модемів для ліній електроживлення

DOMOSIP	Трансивер+ контроллер	SST	140-450	Н/д	CEBus	69/22
CECom PL	Модем	SST	140-450	2,4 – 10,2	CEBus	199/160
Примітка. Н/д –нема даних ; *-в дужках вказано число мікросхем в комплекті.						

Завершуючи цей розділ, відзначимо що деякі фірми (наприклад, Adaptive Networks) повністю закрили доступ до технічної інформації про свою продукцію і, як у разі стратегічних технологій, навіть до надання зразків потенційному покупцю вимагають докладного опису області передбачуваного застосування.

Компанія ITRAN Communications отримала статус, що виконує спеціальний проект, і не приймає замовлень на свою продукцію. Тобто, інтерес до передачі даних по лініям електроживлення стали проявляти і військові відомства.[7]

2 РОЗРОБКА ПРИСТРОЮ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ ПО ЕЛЕКТРОМЕРЕЖІ

2.1 Структурний аналіз каналів зв'язку на основі розподільчих силових мереж напругою 0,4/6/10 кВ

В рамках розділу неможливо освітити всі питання, пов'язані з організацією зв'язку на основі використання силових ліній електропередачі. Тому я зупинюся на деяких з тих проблем, які є характерними саме для силових розподільчих мереж. Перша з них пов'язана з тим, що неможливо порушити сигнал в якому-небудь вузлі мережі так, щоб він був доступний в решті всіх точок мережі.

У цій ситуації доцільно організувати інформаційний обмін в системі зв'язку подібно до того, як це робиться в мережі Інтернет. Тобто, здійснювати транспортування інформаційного пакету даних по деякому маршруту з регенерацією сигналу в окремих вузлах мережі. Проте при цьому необхідно врахувати деякі відмінності принципового характеру. Зокрема в мережі Інтернет необхідно забезпечити можливість обміну інформацією між всіма об'єктами мережі. Зв'язок по силових розподільчих мережах, як правило, призначений для організації інформаційного обміну між пунктом управління і периферійними об'єктами. Зв'язок між окремими периферійними об'єктами здійснювати не потрібно. З урахуванням цієї відмінності можна декілька спростити систему зв'язку. Зокрема можна відмовитися від маршрутизаторів, в якості яких в мережі Інтернет використовуються досить могутні обчислювальні засоби.

Але для цього необхідно декілька модифікувати протокол обміну даними в системі зв'язку. Один з можливих варіантів модифікованого протоколу TCP IP використовується в системі телемеханіки і АСКУЕ НТС-7000. Відповідно до цього протоколу в передавальному пакеті міститься не тільки адреса відправника і пункту призначення, але і адреси всіх приймачів, що беруть участь в процесі передачі інформаційного пакету даних від пункту управління

до периферійного об'єкту. Для пояснення ситуації на рисунку 2.1. приведена структурна схема фрагмента системи з вказівкою адрес окремих елементів і структура інформаційного пакету даних, формованого на пункті управління. У адресній частині інформаційного пакету вказані адреси всіх ретрансляторів, що знаходяться на шляху проходження цього пакету даних.

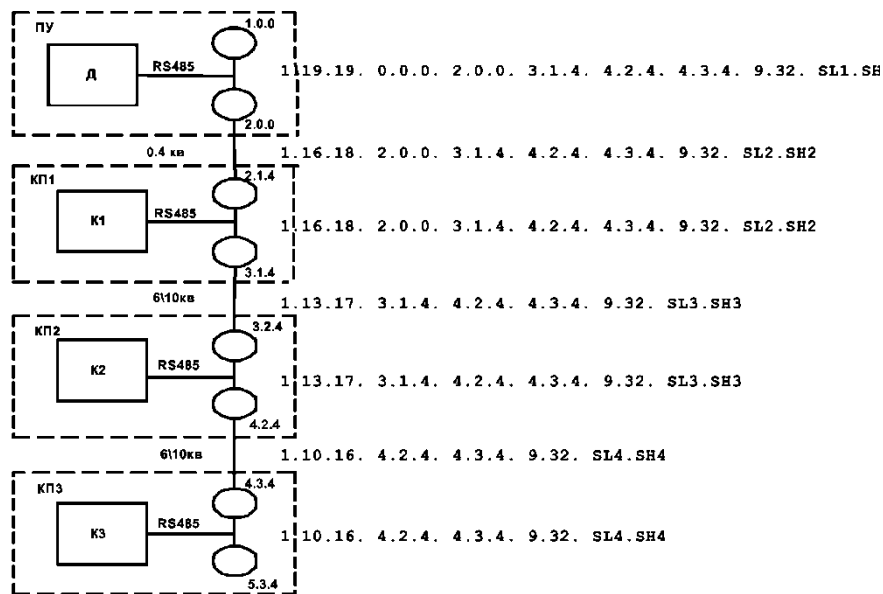


Рисунок 2.1 - Структура інформаційного пакету (запит від пункту управління)

На рисунку 2.2. приведена структура інформаційного пакету, відповідна відповіді периферійного контролера за запит пункту управління. Завдяки такій модифікації вдалося істотно спростити апаратну частину системи передачі даних і відповідно зменшити її вартість.

Друга проблема, на якій хотілося б зупинитися, пов'язана з реалізацією пристроїв приєднання апаратури зв'язку до високовольтної лінії електропередачі. У відомих пристроях для узгодження виходу передавача і входу приймача з ЛЕЖ використовуються різні ланцюги, що дозволяють реалізувати або ємкісний, або індуктивний зв'язок з лінією.

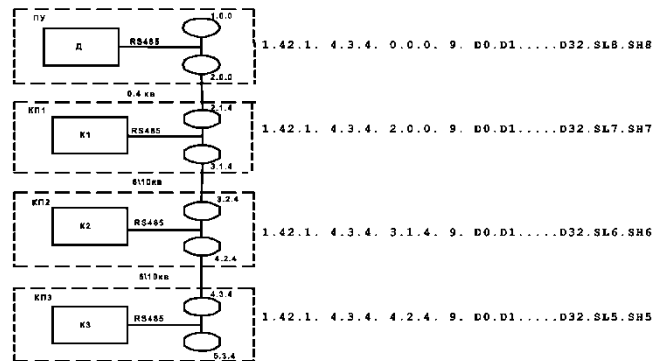


Рисунок 2.2 - Структура інформаційного пакету (відповідь контролера на запит пункту управління)

Для реалізації індуктивного приєднання (рисунок 2.3.) використовують високочастотний трансформатор Т1, одна з обмоток якого сполучена з виходом передавача (входом приймача), а друга обмотка включена в силовий високовольтний ланцюг. Для реалізації ємкісного зв'язку (рисунок 2.4.) в пристрій приєднання вводять конденсатор Ссв, сполучений з вихідною обмоткою погоджувально трансформатора Т1. І у тому, і в іншому випадку клас ізоляції ланцюгів узгодження повинен відповідати робочій напрузі високовольтної силової лінії електропередачі.

До недоліків подібних пристроїв слід віднести той факт, що для їх реалізації потрібні громіздкі пристрої. Їх застосування в силових розподільних мережах натрапляє на ряд проблем. Одна з них пов'язана з тим, що для розміщення подібних пристроїв приєднання в осередках трансформаторних підстанцій і розподільних пунктів не передбачено місця. Друга проблема пов'язана з тим, що застосування конденсаторів зв'язку в розподільних силових мережах приводить до зміни фазових співвідношень струмів і напруги промислової частоти, а це, у свою чергу, приводить до додаткових втрат електроенергії при її транспортуванні. Третя проблема пов'язана з небезпекою дії високої напруги на прийомо-передавальну апаратуру зв'язку і враження електричним струмом обслуговуючого персоналу. Слід зазначити, що і вартість подібних пристроїв узгодження вельми висока.

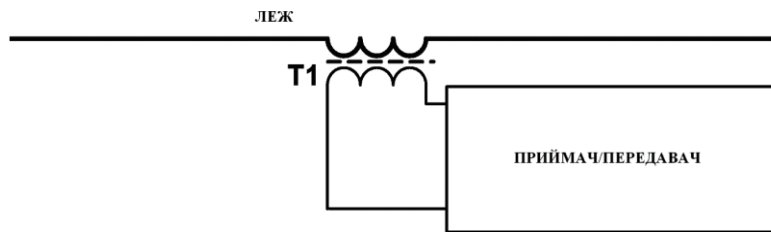


Рисунок 2.3 - Схема індуктивного приєднання

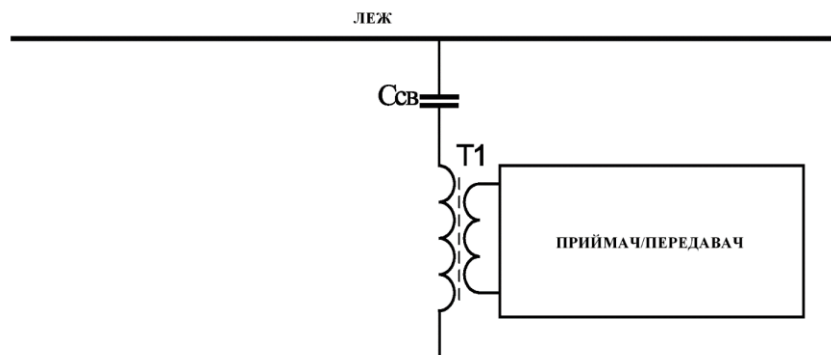


Рисунок 2.4 - Схема ємкісного зв'язку з лінією електропередачі

Дана проблема має порівняно просте рішення при використанні в якості лінії електропередачі високовольтного силового кабелю. При цьому для сполучення прийомо-передавальної апаратури з високовольтним кабелем використовується спосіб збудження сигналу в силовому кабелі з боку бронюючої оплетки.

Для пояснення ситуації на рисунку 2.5. приведена схема організації каналу зв'язку з використанням трьох відрізків силового кабелю. Струмнесучі провідники першого відрізка Л1 сполучені з відповідними провідниками другого відрізка Л2. Бронююча оплетка на кожному з кінців відрізка силового кабелю заземлена. За рахунок цього забезпечується надійний захист обслуговуючого персоналу і прийомо-передавальної апаратури від високої напруги. При цьому не вимагається яких-небудь інших пристроїв узгодження.

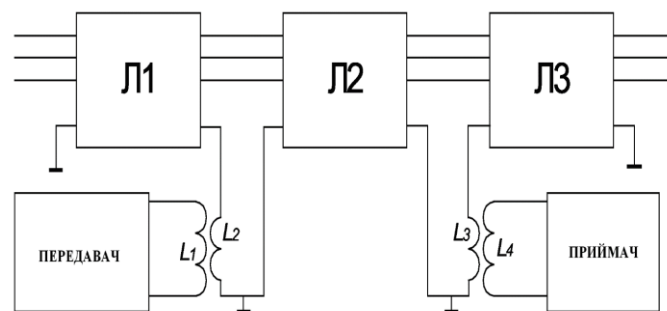


Рисунок 2.5 - Схема організації каналу зв'язку на основі силового кабелю

Очевидно, що організувати канал зв'язку можна і при використанні провідників заземлення бронюючої оплетки відрізка кабелю Л2 для реалізації котушок зв'язку L 2 і L 3.

2.2 Результати математичного моделювання

На основі математичного моделювання проведений аналіз проходження сигналу через відрізок кабельної лінії. На рисунку 2.6. приведена схема з'єднання відрізка кабельної лінії у вигляді чотириполюсника з рештою елементів ланцюга. Тут $Z_{нвх}$ і $Z_{нвих}$ еквівалентні опори навантажень, підключених до різних кінців відрізка силового кабелю. На рисунку 2.7. приведений результат розрахунку передавальної функції по струму відрізка високовольтного силового кабелю при деяких параметрах ланцюга. Характерним є той факт, що має місце ряд точок нульового прийому (значень частот несучого коливання, при яких коефіцієнт передачі ланцюгу рівний нулю). Причому положення точки нульового прийому на осі частот залежить від параметрів ланцюга, у тому числі і від опорів навантажень, підключених до кінців відрізка силового кабелю.

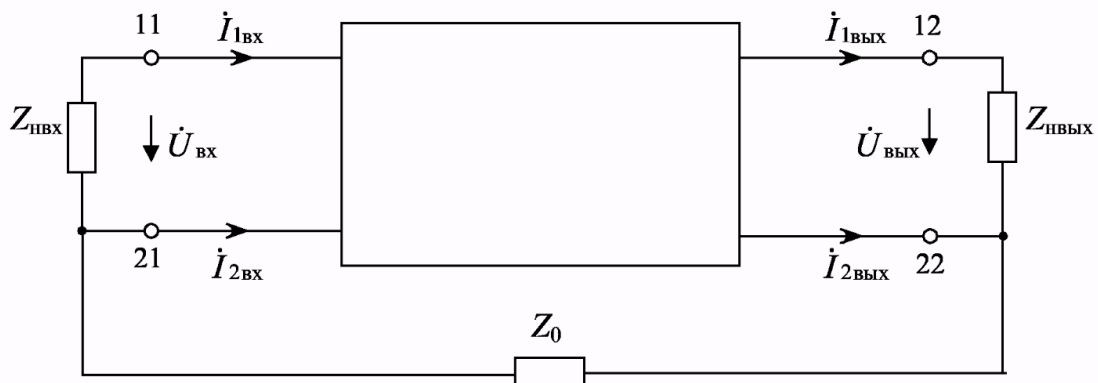


Рисунок 2.6 - Схема з'єднання відрізка кабельної лінії у вигляді чотириполюсника з рештою елементів ланцюга

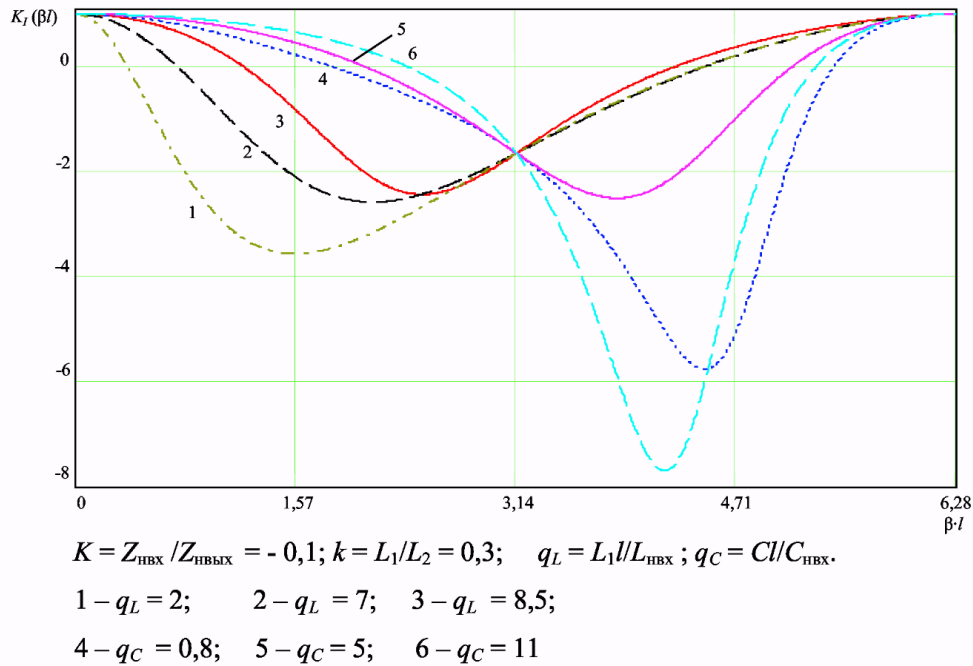


Рисунок 2.7 - Передавальна функція по струму для ділянки ланцюга без втрат

На рисунку 2.7. використані наступні позначення: L_1 - погонна індуктивність струмонесучих провідників силового кабелю; L_2 - погонна індуктивність бронюючої оплетки силового кабелю; l - довжина відрізка силового кабелю; Z - погонна ємкість між струмонесучими провідниками і бронюючою оплеткою силового кабелю; $P = 2\text{pf}(L_1 + L_2) C$ - коефіцієнт фази (f - частота).

На жаль представлений варіант побудови пристрою приєднання неприйнятний для організації зв'язку по повітряних лініях електропередачі. Зв'язано це з відсутністю в подібних лініях екрануючої оплетки, яку необхідно було б заземляти.

Проте можливий варіант реалізації пристрою приєднання на основі комбінованого індуктивно-ємкісного зв'язку приймача з провідниками повітряної високовольтної лінії електропередачі. При цьому індуктивно-ємкісний зв'язок забезпечується за допомогою провідника зв'язку, розташованого на невеликій відстані від провідників ЛЕЖ. Для цього

провідник зв'язку вмонтовується між двома сусідніми опорами, на яких змонтована і відповідна частина лінії електропередачі.

Використання провідника зв'язку для реалізації комбінованого індуктивно-ємкісного зв'язку вихідного ланцюга передавача і вхідного ланцюга приймача з повітряною лінією електропередачі забезпечує можливість реалізації ланцюга узгодження з лінією зв'язку в компактному виконанні тієї частини устаткування, яка розташована на трансформаторній підстанції або в розподільному пункті. Крім того, використання провідника зв'язку дозволяє вирішити проблему, пов'язану із забезпеченням невисокої вартості реалізації пристрою приєднання.

Спрощена еквівалентна схема ланцюга узгодження прийомо-передавальної апаратури з лінією зв'язку приведена на рисунку 2.8. (на схемі всі струмонесучі провідники ЛЕЖ показані у вигляді однієї лінії).

Вихід передавача через височастотний трансформатор T_1 , запобіжник FU_1 , взаємну індуктивність M_1 і конденсатор $C_{св1}$ сполучений з ЛЕЖ. У іншій точці системи зв'язку ЛЕЖ через конденсатор $C_{св2}$, взаємну індуктивність M_2 , запобіжник FU_2 і трансформатор T_2 сполучений з входом приймача. Сигнал в лінії електропередачі збуджується як за рахунок ємкісного зв'язку, обумовленого наявністю конденсатора $C_{св1}$, так і за рахунок взаємної індуктивності M_1 між котушками $L_{св1}$ і L_1 .

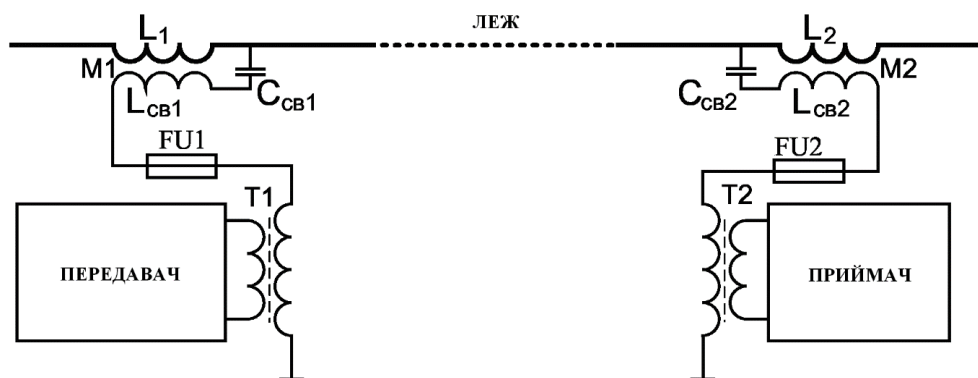


Рисунок 2.8 - Еквівалентна схема системи зв'язку по повітряних лініях електропередачі

Котушка $L_{св1}$ і конденсатор $C_{св1}$ реалізовані за допомогою провідника зв'язку, розташованого паралельно струмонесучим провідникам ЛЕЖ. Кінці провідника зв'язку вмонтовуються на тих же опорах, що і відповідна частина повітряної лінії електропередачі. Відстань між провідником зв'язку і провідниками ЛЕЖ приблизно співпадає з відстанню між окремими струмонесучими провідниками. Котушка $L1$ - індуктивність частини ЛЕЖ, розташованою між сусідніми опорами, на яких змонтовані кінці провідника зв'язку. $M1$ – взаємна індуктивність між паралельно розташованими провідником зв'язку і відповідним відрізком лінії електропередачі. Аналогічним чином реалізуються елементи $L_{св2}$, $C_{св2}$, $L2$ і $M2$.

Запобіжники $FU1$ і $FU2$ необхідні для захисту приймача і передавача від грозових розрядів і при аварійній ситуації, пов'язаній з обривом одного з провідників ЛЕЖ, внаслідок чого виявиться можливим його електричний контакт з провідником зв'язку.

Збудження сигналу в лінії передачі здійснюється за рахунок ємкості між провідниками ЛЕЖ і провідником зв'язку. Крім того, збудження сигналу відбувається за рахунок взаємної індуктивності, що має місце між паралельно розташованими провідником зв'язку і струмонесучими провідниками.

Неважко показати, що приведені раніше результати аналізу проходження сигналу в лінії зв'язку на основі силового кабелю є справедливим і для представленого варіанту побудови пристрою узгодження приймача з повітряною лінією електропередачі.

2.3 Вибір елементної бази прийомо-передавача по мережі змінного струму

Мікросхема $KP1446XK1$ виконує функцію прийому і передачі цифрової інформації по мережах змінного струму 110 – 380 В.

Швидкість передачі може приймати одне з чотирьох можливих значень: 124 біт/сек; 248 біт/сек; 496 біт/сек; 992 біт/сек і задається під час програмування приймача.

Приймач дозволяє використовувати вже наявні лінії силової електромережі для створення: систем збору інформації, локальних мереж передачі даних, систем централізованого контролю і управління електроустановками, систем охорони і сигналізації.

2.3.1 Основні характеристики

До основних характеристик відноситься:

- 1) Використання частотної маніпуляції для передачі інформації.
- 2) Можливість вибору несучої частоти.
- 3) Програмована швидкість передачі до 992 біт/сек.
- 4) Перешкодозахисне кодування інформації: виправлення одиночних і виявлення подвійних помилок.
- 5) Стандартний 22-вивідний корпус DIP 2108.22.

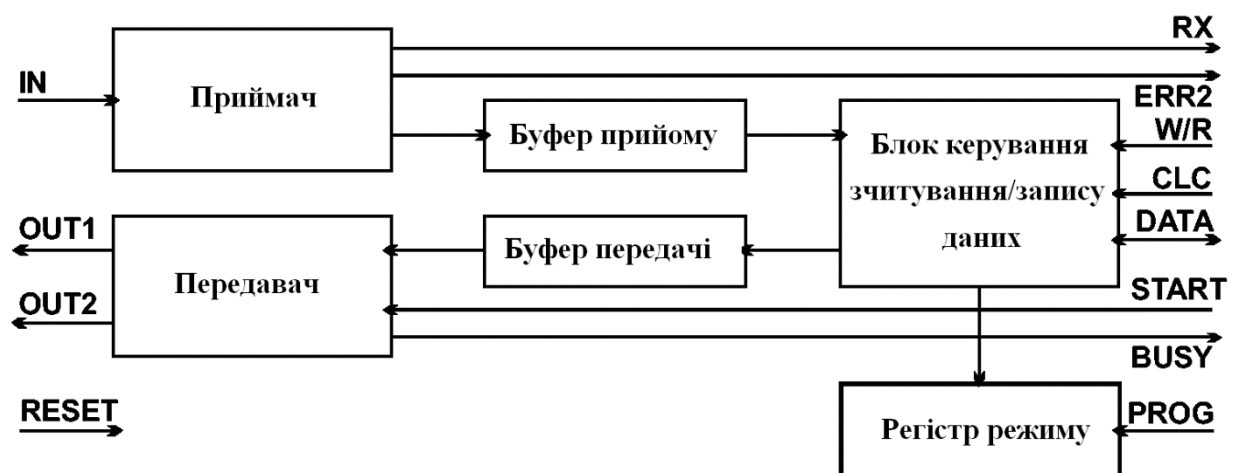


Рисунок 2.9 – Структурна схема

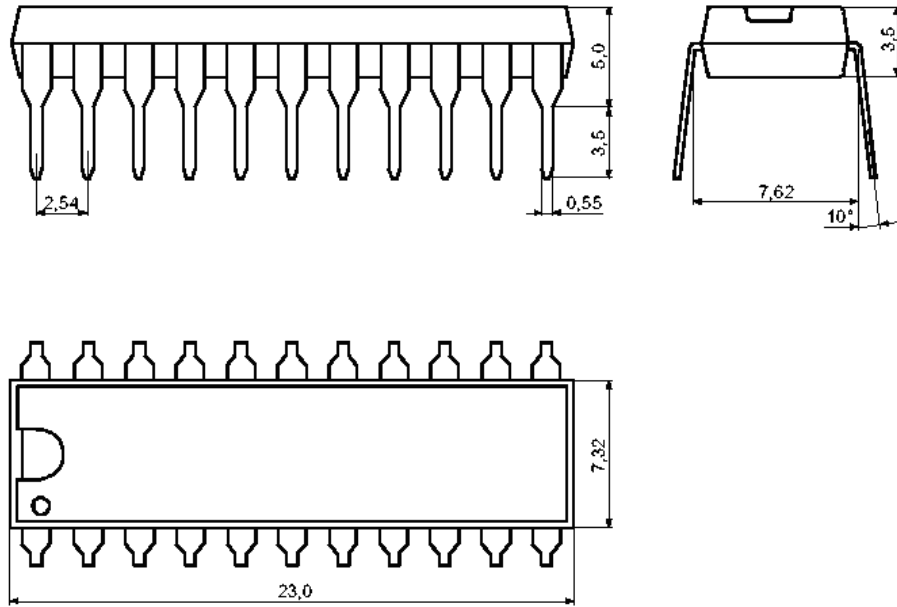


Рисунок 2.10 – Конструкція (корпус 2108.22)

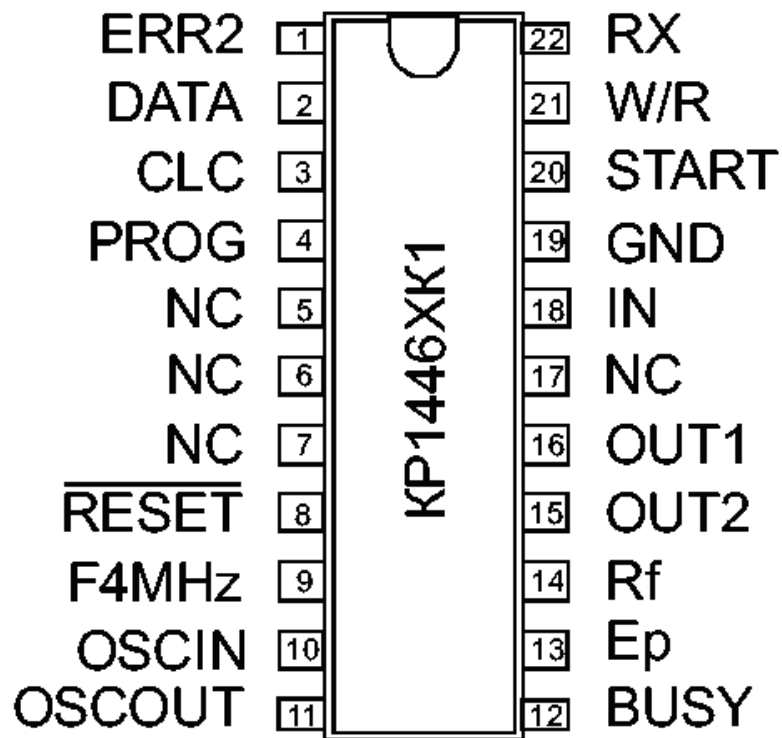


Рисунок 2.11 – Конфігурація виводів

Таблиця 2.1 –Опис виводів

Вивід	Ім'я	Призначення
1	ERR2	Прапор подвійної помилки під час прийому інформації (встановлюється у високий рівень якщо була виявлена подвійна помилка під час прийому інформації)
2	DATA	Порт обміну даними із зовнішнім контролером
3	CLK	Вхід стробуючого сигналу при обміні даними із зовнішнім контролером
4	PROG	Вхід сигналу установки режиму програмування приймача-передавача
5,6,7	NC	Не приєднаний
8	RESET	Вхід обнулення
9	F4MHz	Вихід тактової частоти 4МГц
10	OSCIN	Вхід підключення зовнішнього кварцового генератора 8МГц
11	OSCOUT	Вихід підключення зовнішнього кварцового генератора 8МГц
12	BUSY	Прапор передачі інформації (високий рівень під час процедури передачі в мережу 220В)
13	Vp	+5В
14	NC	Не приєднаний
15	OUT2	Вихід сигналу, що частотно-маніпулює (інверсний)
16	OUT1	Вихід сигналу, що частотно-маніпулює
17	NC	Не приєднаний
18	IN	Вхід частотно-маніпульованого сигналу
19	GND	Загальний вивід
20	START	Вхід сигналу запуску передачі в мережу
21	W/R	Вхід установки режиму читання/запис
22	RX	Прапор прийому нової інформації з мережі 220В (встановлюється у високий рівень при отриманні нової інформації)

Таблиця 2.2 –Електричні характеристики

Параметр	Символ	одиця	Значення			Умови
			Мін	Тип	Макс	
Напруга живлення	U_{CC}	В	3,0	5,0	5,5	-
Струм споживання в режимі прийому	I_{CCr}	мА		3,5		$U_{CC}=5В$
Струм споживання в режимі передачі	I_{CCt}	А		5,5		$U_{CC}=5В$
Чутливість приймача по входу*)	U_s	В		15		$U_{CC}=5В$
Вхідна напруга низького рівня	U_{IL}	В	0	-	0,8	-
Вхідна напруга високого рівня	U_{IH}	В	3,6	-	V_{CC}	-
Вихідна напруга логічного 0 (для виходу DATA)	U_{OL}	В	-	-	0,4	$I_{OL}=0,5мА$ $U_{CC}=5В$
Вихідна напруга логічної 1 (для виходу DATA)	U_{OH}	В	$V_{CC}-0.4$			$I_{OL}=0,5мА$ $U_{CC}=5В$
Вихідна напруга логічного 0 (для виходів RX, ERR2)	U_{OL}	В	-	-	0,4	$I_{OL}=2мА$ $U_{CC}=5В$
Вихідна напруга логічної 1 (для виходів RX, ERR2)	U_{OH}	В	$V_{CC}-0.4$			$I_{OL}=2мА$ $U_{CC}=5В$
Вихідна напруга ** логічного 0 (для виходів OUT1, OUT2)	U_{OL}	В	-	-	0,4	$I_{OL}=20мА$ $U_{CC}=5В$
Вихідна напруга ** логічної 1 (для виходів OUT1, OUT2)	U_{OH}	В	$V_{CC}-0.4$			$I_{OL}=5мА$ $U_{CC}=5В$
Струм витоку на вході	I_{LH}, I_{LL}	мА	-	-	5	$U_{CC}=5В$
Вхідна ємкість	C_I	пФ	-	-	10	

*) В даній мікросхемі чутливість приймача встановлена на рівні 15мВ, що нижче за рівень перешкод в мережі 220В. Чутливість може бути налаштована на інший рівень у відповідності до вимог замовника.

**) Довідкові параметри

2.4 Функціонування

Передача інформації здійснюється за допомогою частотної маніпуляції сигналу - "1" і "0" передаються різними частотами, що трохи відрізняються від центральної у велику і меншу сторону. Сигнал, що частотно маніпулює, через розв'язуючий трансформатор передається в лінію 110, 380В. Буферний каскад призначений для узгодження високого вихідного опору мікросхеми з низьким вхідним опором лінії при передачі сигналу в лінію і для фільтрації змінної напруги 50Гц при прийомі.

Таблиця 2.3 –Різниця частот передачі

Центральна частота	Частота передачі "0"	Частота передачі "1"
66,66 кГц	62,5 кГц	71,43 кГц
100 кГц	95,24 кГц	105,26 кГц
133,33 кГц	129,03 кГц	137,93 кГц

Мікросхема випускається в двох модифікаціях - з вбудованим фільтром на вході IN і без нього. У другому випадку для поліпшення прийому рекомендується використовувати зовнішній фільтр.

На рисунку 2.12. приведена АЧХ вбудованого фільтру для другого частотного діапазону (100 кГц):

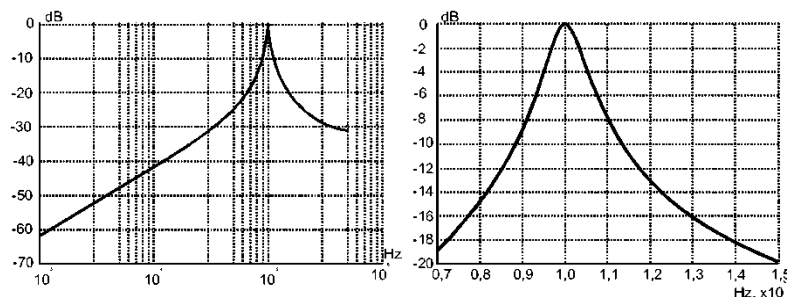


Рисунок 2.12 – Амплітудно-частотна характеристика

2.4.1 Прийом інформації

Приймач постійно аналізує дані, що приходять на вхід. Якщо приходить код слова синхронізації, а за ним код адреси, яка співпадає з власною адресою (або із загальною адресою = 10111001 мл), то наступні за ними 2 байти інформації зчитуються призначеними даному приймачу, вони записуються в буфер прийому, а на виході RX приймач виставляє високий рівень, що є прапором того, що отримана нова інформація. В результаті перешкод в мережі можливе спотворення інформації. В кожному з байтів (адреса і дані), що приймаються, приймач виправляє помилки в одному біті і виявляє подвійні помилки (в цьому випадку на виході ERR2 приймач виставляє високий рівень). Отримана інформація зберігатиметься в буфері прийому і може бути прочитана одноразово або багаторазово в будь-який слушний час незалежно від роботи блоків приймача і передавача.

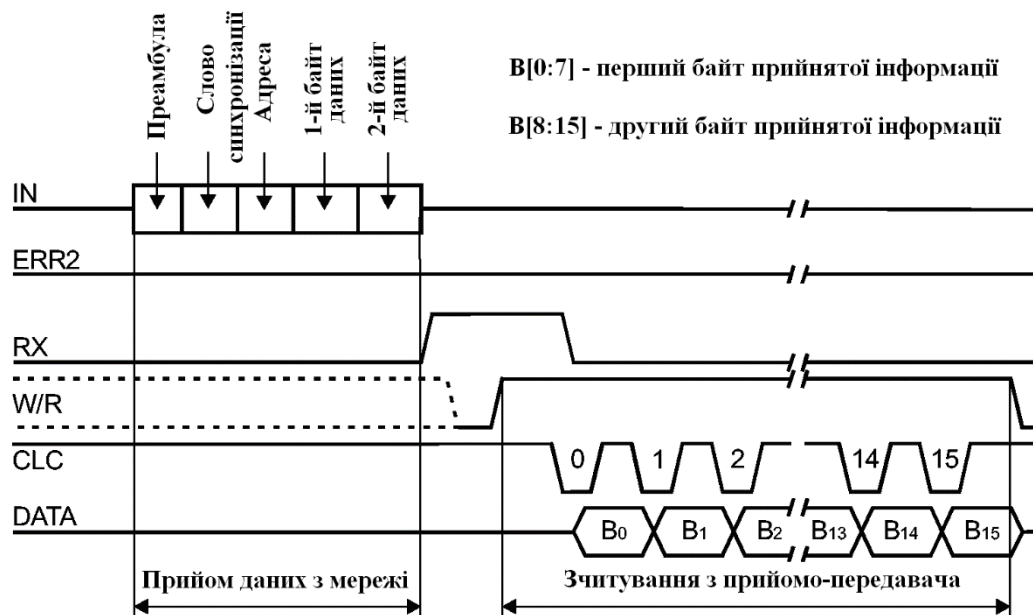


Рисунок 2.13 – Діаграма прийому інформації

Процедуру зчитування інформації з буфера прийому можна починати відразу після появи прапорця RX. Для цього необхідно виставити на вході W/R високий рівень і видати 16 імпульсів CLK. Фронт W/R необхідний для правильного виконання процедури зчитування, тому якщо вхід W/R вже знаходився у високому рівні до цього, то необхідно скинути його в "0", а потім встановити "1". Перший імпульс CLK скидає прапорці RX і ERR2. Приймач змінює інформацію на вході DATA по низькому рівню CLK. Обидва байти отриманих даних видаються молодшими бітами вперед. Мінімальний період сигналу CLK - 1мкс. Обмеження на часи під час процедури зчитування із МП показані на рисунку 2.14.:

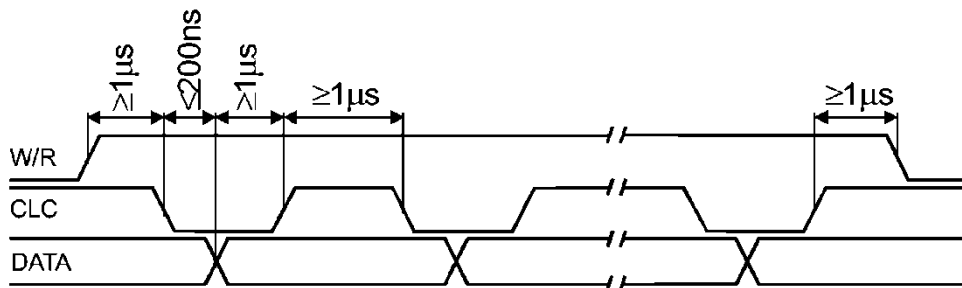


Рисунок 2.14 – Обмеження на часи під час процедури зчитування

2.4.2 Передача інформації

Щоб виконати процедуру запису інформації в буфер передачі необхідно виставити на вході W/R низький рівень і видати 24 імпульси CLK. Зріз W/R необхідний для правильного виконання процедури зчитування, тому якщо вхід W/R вже знаходився в низькому рівні до цього, то необхідно встановити його в "1", а потім встановити "0". Інформацію на вході DATA слід змінювати по низькому рівню CLK. Мінімальний період сигналу CLK - 1мкс. Передається адреса приймача, якому адресується інформація (або загальна адреса = 10111001 мл в цьому випадку інформація буде прийнята всіма приймачами в

даній мережі) і 2 байти інформації. Всі байти передаються молодшими бітами вперед.

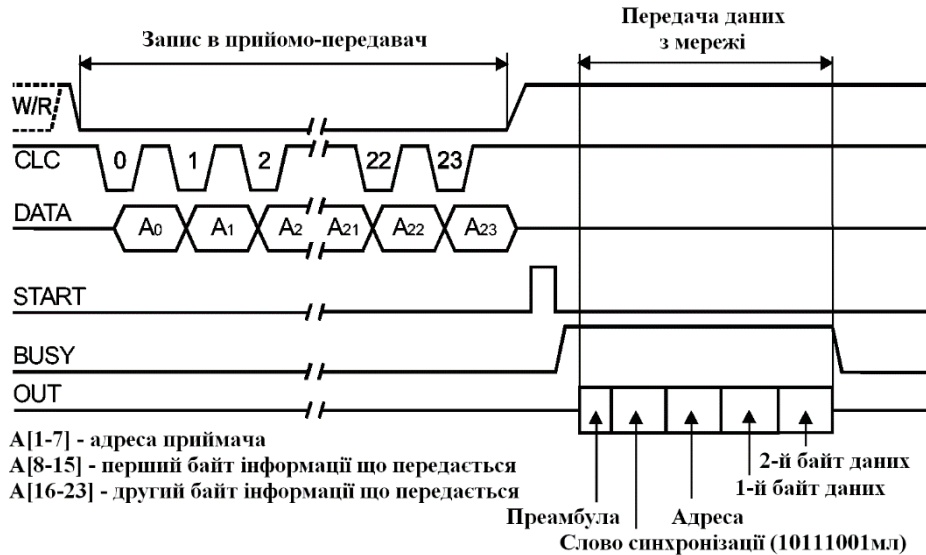


Рисунок 2.15 – Діаграма передачі інформації

Після того, як інформація записана в буфер передачі, вона може бути видана однократно або багато разів в мережу. Передача запускається фронтом імпульсу START. Час передачі залежить від запрограмованої швидкості. Під час процесу передачі на виході BUSY встановлюється "1", а робота приймача блокується.

У простому випадку можливо передати сигнал від одного приймача другому без попереднього запису буфера передачі і програмування установок.

Для цього потрібно обнулити всі приймачі сигналом RESET, після чого всі адреси, дані, швидкості і частоти встановлюються в своє значення за умовчанням рівне 01 h. Потім видати сигнал START. Послана таким чином інформація 01 h, 01 h за адресою 01 h буде прийнята всіма приймачами в даній мережі що буде відмічене появою прапорця RX. Скидання RX виконується сигналом RESET або 1-м імпульсом CLK під час читання буфера прийому.

Обмеження на часи під час виконання запису в МП показані на рисунку 2.16.

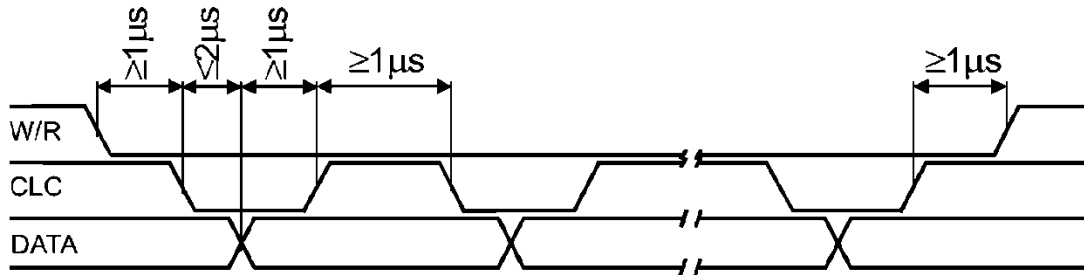


Рисунок 2.16 –Обмеження на часи під час процедури запису

2.4.3 Початкова установка

Після включення живлення необхідно встановити всі блоки приймача в початковий стан низьким рівнем сигналу RESET. Тривалість сигналу RESET повинна бути не меншого 1 мс. Сигнал RESET скидає прапорці RX, ERR2, встановлює власну адресу приймача рівною 01 h, частоту передачі рівну 100 КГц, швидкість передачі рівну 248 біт/сек, встановлює в буфері передачі наступні значення: адреса передачі рівним 01 h, 1-й байт даних рівним 01 h, 2-й байт даних рівним 01 h.

D[0:7]-власна адреса (за умовчанням встановлюється 01 h);

D[8:9]-частота передачі: 0-66 КГц, 1-100 КГц (встановлюється за умовчанням), 2-133Кц, 3-100 КГц;

D[10:11]-швидкість передачі: 0-124 біт/сек, 1 - 248 біт/сек (встановлюється за умовчанням), 2 - 496 біт/сек, 3 - 992 біт/сек.

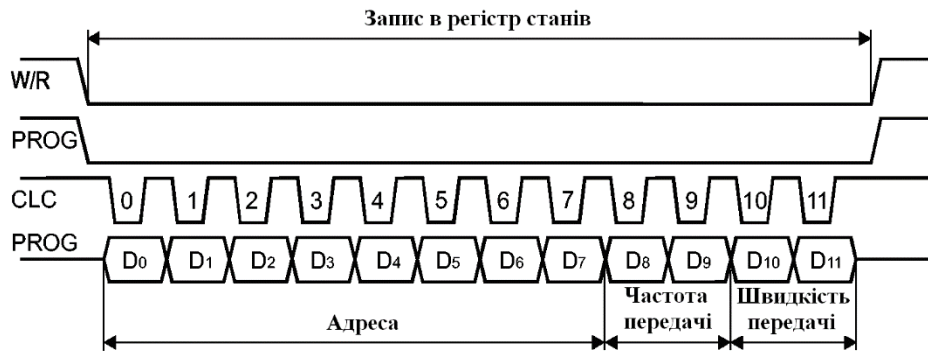


Рисунок 2.17 – Діаграма програмування приймача

Щоб виконати процедуру програмування необхідно виставити на входах PROG і W/R низький рівень і видати 12 імпульсів CLK. Інформацію на вході DATA слід змінювати по високому рівню CLK. Мінімальний період сигналу CLK - 1мкс. На вхід DATA послідовно задаються коди адреси, частоти і швидкості передачі молодшими бітами вперед. Для того, щоб приймачі в мережі «чули один одного» вони повинні бути запрограмовані однаковими значеннями частоти і швидкості передачі.

2.5 Принципова електрична схема каналу прийомо-передавача по мережі змінного струму

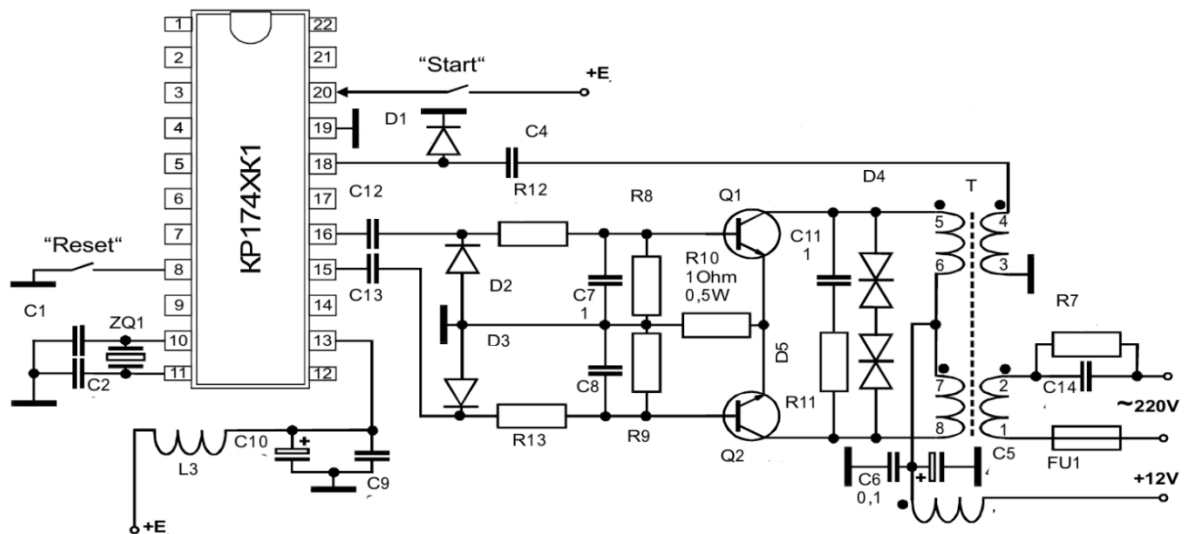


Рисунок 2.18 – схема електрична принципова

3 МОДЕЛЮВАННЯ ВИХІДНОГО КАСКАДУ ПРИСТРОЮ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ ПО ЕЛЕКТРОМЕРЕЖІ У СЕРЕДОВИЩІ MULTISIM14

Multisim™ інтегрує стандартну симуляцію на основі SPICE з інтерактивним схемотехнічним середовищем для миттєвої візуалізації та аналізу поведінки електронних схем. Його інтуїтивно зрозумілий інтерфейс допомагає підкріплювати теорію схем та покращувати засвоєння теорії по всій навчальній програмі, а інженерам – прискорити розробку нових схем. Інтуїтивно зрозуміла розробка схем із розширеним симулятором, що підтримує SPICE. Це прикладне програмне забезпечення для схемотехніки для лабораторій з аналогової, цифрової та силової електроніки. Візуалізація процесів у схемі з зрозумілими змодельованими інструментами та розширеним аналізом.

3.1 Формування вимог до моделювання та принципової схеми в програмі MULTISIM 14.2

Сформуємо схему для аналізу і перевірки працездатності вихідного каскада на заданій частоті, проведемо вибір компонент та номіналів елементів.

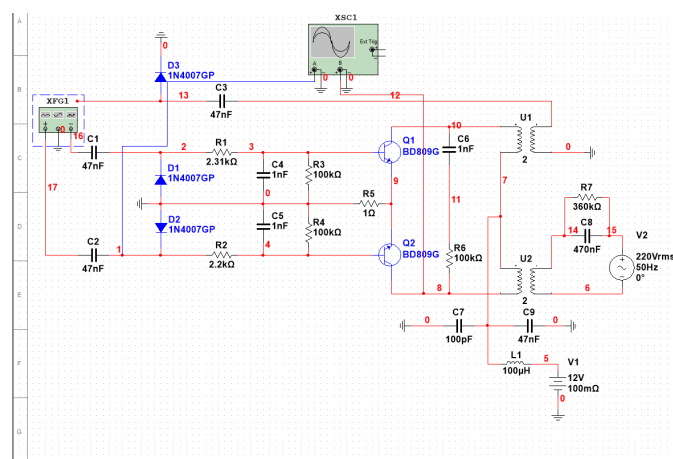


Рисунок 3.1 – Схема моделювання у програмі MULTISIM 14.2

Приведена вище схема моделювання забезпечує контроль основних

процесів в електронній схемі за допомогою підключених віртуальних приладів:

- Споживаний струм - віртуальний мультиметер ХММ1;
- Вихідну частоту - віртуальний функціональний генератор ХFG1;
- Форму і параметри вихідного радіочастотного сигналу - віртуальний осцилограф ХSC1.

Необхідно вибрати модель активного елемента генератора з бази компонентів програми Multisim 14.0. Вибраний компонент представлений на рисунку 3.2.

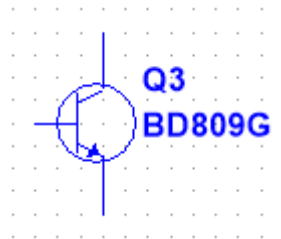


Рисунок 3.2 – Вибір типу транзистора у схемі моделювання

Основні параметри, що задовольняють вимоги до моделі схеми, представлені на рисунку 3.3

BD809 (NPN), BD810 (PNP)

Plastic High Power Silicon Transistors

These devices are designed for use in high power audio amplifiers utilizing complementary or quasi complementary circuits.

Features

- High DC Current Gain
- These Devices are Pb-Free and are RoHS Compliant*

MAXIMUM RATINGS

Rating	Symbol	Value	Unit
Collector-Emitter Voltage	V_{CE0}	80	Vdc
Collector-Base Voltage	V_{CBO}	80	Vdc
Emitter-Base Voltage	V_{EBO}	5.0	Vdc
Collector Current	I_C	10	Adc
Base Current	I_B	6.0	Adc
Total Device Dissipation @ $T_C = 25^\circ\text{C}$ Derate above 25°C	P_D	90 0.72	W W/ $^\circ\text{C}$
Operating and Storage Junction Temperature Range	T_J, T_{stg}	-55 to +150	$^\circ\text{C}$

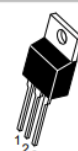
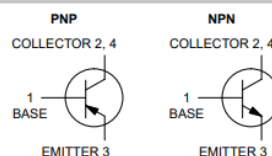
Stresses exceeding those listed in the Maximum Ratings table may damage the device. If any of these limits are exceeded, device functionality should not be assumed, damage may occur and reliability may be affected.



ON Semiconductor®

www.onsemi.com

**10 AMPERE
POWER TRANSISTORS
80 VOLTS
90 WATTS**



TO-220
CASE 221A
STYLE 1

Рисунок 3.3 – Основні параметри транзистора застосованого у схемі
МОДЕЛЮВАННЯ

3.2 Моделювання режиму роботи схеми

Таким чином, сформована модель схеми, при її моделюванні показує наступні результати, приведені на рисунку 3.7

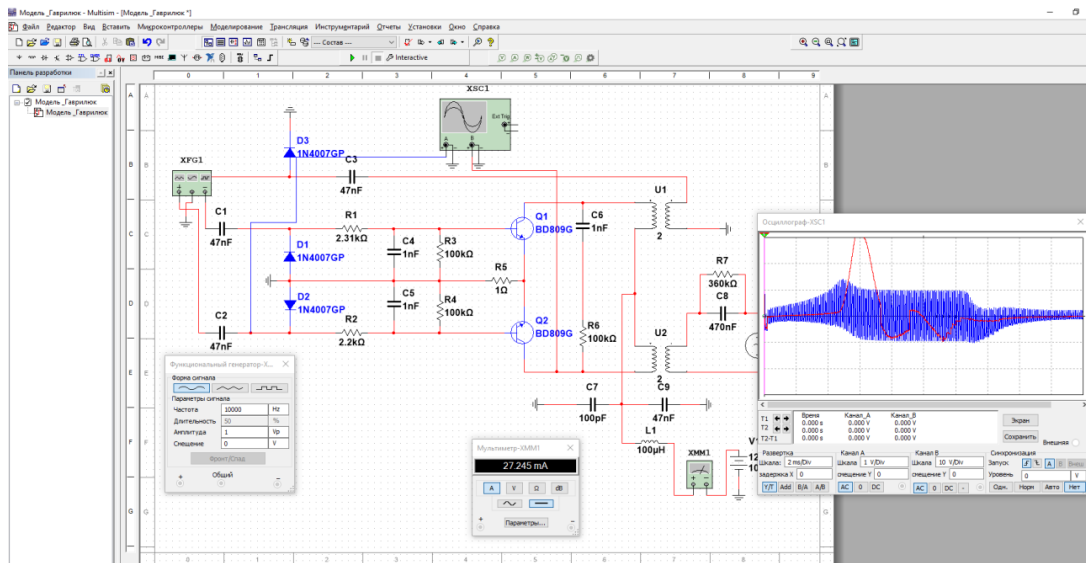


Рисунок 3.7 – Вікно підготовки моделювання у програмі MULTISIM 14.2

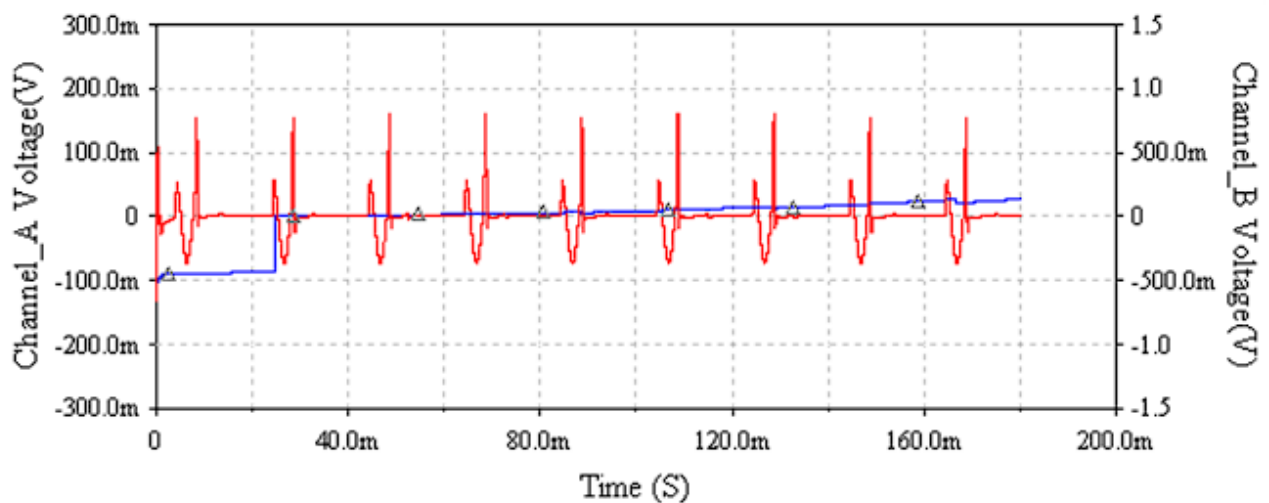


Рисунок 3.8 – Осцилограма вихідного сигналу

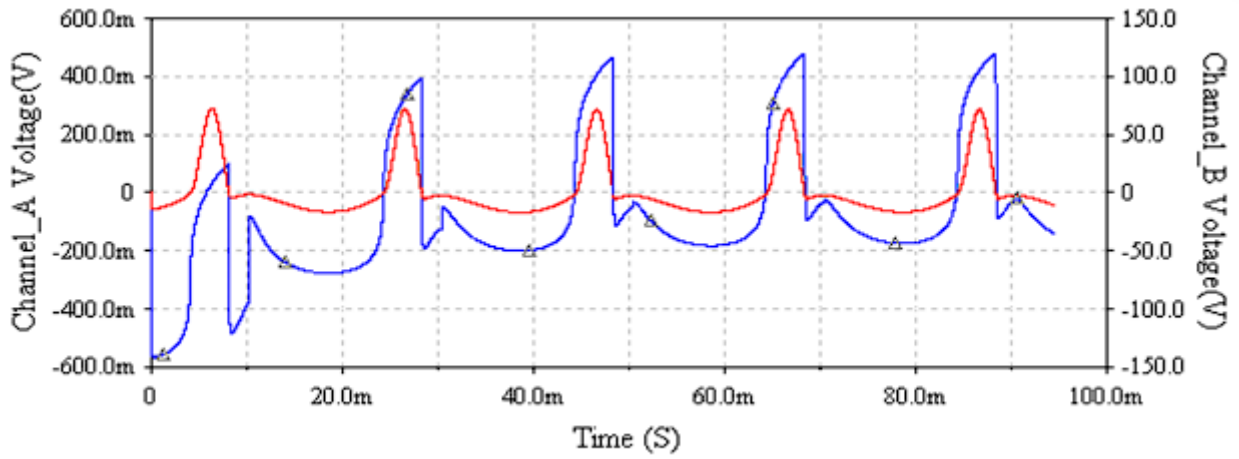


Рисунок 3.9 – Осцилограма вихідного сигналу

Аналізуючи отримані осцилограми при варіації вихідного сигналу, можемо вважати роботу генератора пристрою задовільною.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

Одним із напрямів підвищення безпеки праці є організація безпечної поведінки працівника в процесі праці. Для цього необхідно: створювати психологічний настрій на безпечну поведінку; стимулювати безпечну поведінку; навчати безпечній діяльності; виконувати та контролювати правила безпеки праці; виховувати безпечну поведінку.

Для створення психологічного настрою працівника на безпеку праці необхідна загальна політика керівництва у галузі охорони праці.

Ставлення керівництва і, особливо, керівника організації, установи, підприємства до питань охорони праці проявляється в тому, яке значення надають вони цим питанням в загальному процесі праці та в якій мірі показник безпеки враховується при оцінці її ефективності.

Працівник вірить у небезпеку тільки в тій мірі, в якій вірить у неї його безпосередній керівник. Тому всі ланки управління виробництвом повинні постійно проявляти цікавість до забезпечення безпеки праці, проявляти підвищену увагу та турботу щодо безпеки та благополуччя працівників.

Небезпечні та шкідливі виробничі фактори, які мали вплив на дослідника високочастотного пристрою передачі даних по мережі електроживлення наступні:

- підвищена чи понижена температура повітря робочої зони;
- недостатнє освітлення робочої зони;
- підвищений рівень шуму на робочому місці;
- відсутність чи нестача природнього світла;
- фізичні перевантаження (статичні);
- пряма та відображена блискіть.
- нервово - психічні перевантаження (перенапруга аналізаторів, емоційні навантаження).

Відповідно до визначених факторів формуємо рекомендації щодо безпечних умов праці під час проектування високочастотного пристрою передачі даних по мережі електроживлення.

4.1. Технічні рішення щодо безпечного виконання роботи

Організація робочого місця – це виконання ряду заходів, що забезпечують раціональний і безпечний трудовий процес та ефективне використання умов праці, що підвищує продуктивність праці та сприяє зменшенню втомлюваності працюючих.

Головним робочим місцем розробника є письмовий стіл з персональним комп'ютером. Органи управління (клавіатура, монітор, маніпулятор типу «миша») та інструменти (ручка, олівець, папір) необхідно розміщувати як предмети постійного користування в оптимальній зоні досягнення рук без нахилу тулуба, а предмети, які використовуються не так часто (носії інформації, довідкова література) у більш віддаленій зоні чи на стелажах.

Режим праці та відпочинку при роботі з персональною електронно-обчислювальною машиною (ПК) залежить від категорії трудової діяльності. Всі роботи з ПК ділять на три категорії. Перша – епізодичне зчитування і робота з інформацією не більше 2-х годин за 8-годинну робочу зміну. Друга – зчитування інформації або творча робота не більше 4-х годин за восьми годинну зміну. Третя – зчитування інформації або творча робота тривалістю більше 4-х годин за зміну.

Екран дисплея повинен бути розташованим перпендикулярно до напрямку погляду. Якщо він розташований під кутом, то стає причиною сутулості. Відстань від дисплея до очей повинна трохи перевищувати звичну відстань між книгою та очима. Ще одним моментом, який стосується зору, є необхідність створення неоднорідного поля зору.

Неприпустимо попадання прямого сонячного світла на екран монітора – він викликає відблиски і зменшує контрастність зображення. Також неприпустима повна темрява. Найкращий вихід, це розсіяна напівтемрява створений за

допомогою штор або жалюзі і додаткове місцеве освітлення робочого місця. Оптимально сидіти обличчям до дверей, щоб за спиною було затемнене вікно. Також світло може падати з боку. Неприпустимо коли за монітором знаходиться незатемнене вікно.

Важливою є форма спинки крісла, яка повинна повторювати форму спини. Висота крісла повинна бути такою, щоб користувач не почував тиску на куприк або стегна. Крісло бажано обладнати бильцями. Його потрібно встановити так, щоб не треба було тягтися до клавіатури. Періодично користувачу необхідно рухатися, вчасно змінювати положення тіла і робити перерви у роботі.

При напруженій роботі за комп'ютером щогодини необхідно робити перерву на 15 хвилин через кожну годину. Декілька разів на годину бажано виконувати серію легких вправ для розслаблення.

Правильна постава повинна бути наступною: руки лежать на клавіатурі зігнуті в ліктях під кутом приблизно 90 °, при цьому плечі розслаблені. При цьому підлокітники крісла не підпирають лікті і не змушують піднімати плечі. Розташування рук щодо столу має бути таким, що більше половини довжини передпліччя опиралися на стіл. Відстань до монітора повинна зберігатись не менше 50 см. Висота столу має бути приблизно 75 см (з коливаннями по зростанню, конкретного користувача), тоді нога повністю стоїть на підлозі, а стегно розташоване паралельно. Спина повинна бути прямою і відхилена німого тому.

Характерною рисою оператора ПК є статичний режим роботи: великий обсяг праці треба виконувати в сидячому положенні. При цьому більшість груп м'язів постійно напружені, що призводить до швидкої стомлюваності, сприяє розвитку фахових патологічних вигинів хребта: грудному гіперкифозу, сплюсненню шийного лордозу і формуванню сколіозу. Неправильне розташування дисплеїв по висоті – занадто низьке або високе, під неправильним кутом – є головною причиною появи сутулості. Занадто високе розташування дисплея призводить до тривалої напруги шийного відділу хребта,

що, зрештою, може призвести до розвитку остеохондрозу. Ненормальний стан хребта може стати причиною захворювання всього організму.

Наслідками регулярної роботи з комп'ютером без застосування захисних засобів можуть бути: захворювання органів зору (60% користувачів); хвороби серцево-судинної системи (20%); захворювання шлунково-кишкового тракту (10%); шкірні захворювання (5%); різноманітні пухлини.

Якщо у приміщенні експлуатується більше одного комп'ютера, то треба врахувати, що на користувача одного комп'ютера можуть впливати випромінювання від інших, в першу чергу бокових, а також і задньої стінки сусіднього дисплея. Тому необхідно, щоб користувач розміщався від бічних і задніх стінок інших дисплеїв на відстані не ближче одного метра.

По небезпеці враження електричним струмом приміщення, де відбувалася розробка високочастотного пристрою передачі даних по мережі електроживлення відноситься до категорії без підвищеної небезпеки, оскільки є сухим, в ньому нема підвищених температур, підвищеної вологості, підлога вкрита діелектричним матеріалом .

Для захисту від враження струмом у приміщенні передбачено заземлення всіх електроустановок, які можуть опинитися під впливом небезпечної напруги. Заземлення виконано у відповідності до ПУЕ [24]. Струмоведачі частини обладнання ізольовані. Побутова і комп'ютерна мережі живлення розділені. При ремонті обладнання персонал попереджається. Також проводиться інструктаж співробітників з техніки безпеки при роботі з електрообладнанням.

4.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії

4.2.1 Мікроклімат

Мікроклімат виробничих приміщень – це сукупність параметрів повітря у виробничому приміщенні, які діють на людину у процесі праці, на його робочому місці. Значні коливання параметрів мікроклімату можуть привести до

порушення терморегуляції організму (здатність організму утримувати постійну температуру), що приводить до порушення системи кровообігу, загальної слабкості тощо.

Розробка високочастотного пристрою передачі даних по мережі електроживлення за енерговитратами відноситься до категорії I а (енерговитрати до 139Дж/с) [8]. Допустимі параметри мікроклімату для цієї категорії наведені в табл.4.1.

Таблиця 4.1 – 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 централізована парова система опалення, система кондиціонування та систематичне (раз за зміну) вологе прибирання. Комплекс перерахованих заходів дозволяє підтримувати повітря робочої зони і обладнання у відповідності з ДСН 3.3.6.042-99 [17].

4.2.2 Склад повітря робочої зони

Шкідливі речовини – речовини, які при контакті з організмом людини внаслідок порушення технологічного процесу викликають професійні захворювання, виробничі травми або відхилення стану здоров'я. Шкідливі речовини у повітря робочої зони поступають у вигляді пару, газів та пилу. Вплив на організм людини залежить від хімічного складу, розміру (дисперсності), форми часток та їх кількості у одиниці об'єму.

ГДК шкідливих речовин, які знаходяться в досліджуваному приміщенні, наведені в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – ГДК шкідливих речовин у повітрі

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

Для забезпечення комфортних умов використовуються вентиляція повітря, провітрювання (за необхідності) та систематичне вологе прибирання.

4.2.3 Виробниче освітлення

Одним із чинників, які визначають сприятливі умови праці, є раціональне освітлення робочої зони і робочих місць. Якщо освітлення виробничих приміщень правильно розраховане і виконане, очі працівника протягом тривалого часу зберігатимуть здатність добре розрізняти предмети і знаряддя праці, не втомлюючись. Це сприяє зниженню виробничого травматизму і професійного захворювання очей.

По характеру зорової роботи робота розробника відноситься до розряду робіт III (високої точності), найменший розмір об'єкту розрізнення - від 0,3 до 0,5 мм, що відповідає розмірам точки на екрані дисплея.

Норми освітленості при штучному освітленні та КПО (для III пояса світлового клімату згідно ДБН В.2.5-28-2018 [12]) при природному та сумісному освітленні зазначені у таблиці 4.3:

Таблиця 4.3 - Норми освітленості в приміщенні

Характеристика зорової роботи	Найменший розмір об'єкта розрізювання	Розряд зорової роботи	Підрозряд зорової роботи	Контраст об'єкта розрізювання з фоном	Характеристика фону	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
Високої точності	0,3-0,5	III	г	великий	світлий	700	300	7	2	3	1,2

Для забезпечення достатнього освітлення передбачені такі заходи:

- 1) Максимальне використання бічного природного освітлення.
- 2) Систематичне очищення скла від бруду.
- 3) Використання жалюзі на вікнах для регулювання кількості природного світла у приміщенні.
- 4) Загальне штучне освітлення створюється за допомогою люмінесцентних ламп.

4.2.4 Виробничий шум

Виробничий шум – це хаотична сукупність різних за силою і частотою звуків, що виникають у повітряному середовищі і безпосередньо впливають на працездатність. Вимірювання шуму на робочих місцях здійснюється шумовимірювачами та аналізаторами спектра шуму. Рівень шуму на робочих місцях потрібно контролювати не менше одного разу на рік.

Основними джерелами шуму в досліджуваному приміщенні є принтери та сканери. Дані джерела шуму по часовим характеристикам є непостійними, а по характеру спектра широкополосними. Загальний рівень шуму в приміщенні згідно технічної паспорту не перевищує 30 дБ, що менше нормативного рівня 50 дБ (таблиця 4.4).

Таблиця 4.4 – 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

Оскільки значним джерелом шуму у приміщенні є рух автотранспорту ззовні, то для забезпечення допустимих параметрів шуму доцільно встановити вікна, які мають достатню звукоізоляцію.

4.2.5 Виробничі випромінювання

Джерелом випромінювання ЕМП під час розробки високочастотного пристрою передачі даних по мережі електроживлення є працююча офісна техніка.

Розрізняють дві форми негативного впливу на організм людини електромагнітного випромінювання діапазону радіочастот – гостру і хронічну, яка, у свою чергу, поділяється на три ступені: легкий, середній і тяжкий. Хронічна форма характеризується функціональними порушеннями нервової, серцево-судинної та інших систем організму, що проявляються астеничним синдромом, і вегетативними порушеннями, переважно серцево-судинної системи.

Гранично допустимі значення характеристик ЕМП для умов праці, в яких знаходиться розробник, вказана в таблиці 4.5

Таблиця 4.5 - Гранично допустимі значення характеристик ЕМП

Найменування параметрів	Допустиме Значення
Напруженість електромагнітного поля по електричній складовій на відстані 50 см від поверхні відеомонітора	10 В / м
Напруженість електромагнітного поля по магнітній складовій на відстані 50 см від поверхні відеомонітора	0,3 А / м
Напруженість електростатичного поля не повинна перевищувати для дорослих користувачів	20 кВ / м
Напруженість електромагнітного поля на відстані 50 см навколо ВДТ по електричній складовій повинна бути не більше:	
в діапазоні частот 5 Гц - 2 кГц;	25 В / м
в діапазоні частот 2 - 400 кГц	2,5 В / м
Щільність магнітного потоку повинна бути не більше:	
в діапазоні частот 5 Гц - 2 кГц;	250нТл
в діапазоні частот 2 - 400 кГц	25 нТл
Поверхневий електростатичний потенціал не повинен перевищувати	500 В

Для забезпечення безпеки розробника доцільно використовувати монітори, які мають гарантію якості виробника та дотримуватися встановленого режиму часу під час роботи з ПК.

4.3 Пожежна безпека

Забезпечення пожежної безпеки є складовою частиною виробничої та іншої діяльності посадових осіб, працівників підприємств та підприємців. Це повинно бути відображено у трудових договорах (контрактах) та статутах підприємств. Забезпечення пожежної безпеки підприємств покладається на їх керівників і уповноважених ними посадових осіб, відповідальних за пожежну безпеку окремих будівель, споруд, приміщень, діляниць тощо, технологічного та інженерного устаткування, утримання і експлуатацію технічних засобів протипожежного захисту. Обов'язки щодо забезпечення пожежної безпеки, утримання та експлуатації засобів протипожежного захисту повинні бути

відображені у відповідних посадових документах (функціональних обов'язках, інструкціях, положеннях тощо).

Пожежна безпека підприємства забезпечується:

- системою попередження пожежі (комплексом організаційних заходів та технічних засобів, направлених на попередження виникнення пожежі);
- системою пожежного захисту (комплексом організаційних заходів та технічних засобів, направлених на попередження дії на працюючих небезпечних факторів пожежі та обмеження матеріальної шкоди від неї).

З урахуванням вимог ДСТУ Б В.1.1-36:2016 Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпек. [18], визначаємо, що приміщення, в якому здійснюється розробка ДСТУ Б В.1.1-36:2016 Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпек, можна віднести до категорії вибухопожежонебезпеки В (тверді горючі та важкогорючі речовини і матеріали, за умови, що приміщення, в яких вони знаходяться, не відносяться до категорій А, Б).

Клас приміщення і зон з вибухо- і пожежонебезпеки П-Па (приміщення, у якому знаходяться тверді горючі речовини та матеріали.).

4.3.1. Технічні рішення системи запобігання пожежі

Основними інженерно-технічними та організаційними заходами захисту системи запобігання пожежі в приміщенні є:

- підвищення вогнетривкості будівель, а також споруд, що реконструюються та розширюються;
- заміна легкозаймистих матеріалів будівель;
- просочування вогнебезпечних конструкцій вогнезахисними речовинами;
- зниження пожежонебезпечних властивостей оздоблювальних матеріалів і покриттів;
- встановлення автоматичних систем відключення електромереж в разі виникнення пожеж;

- встановлення в приміщеннях систем контролю температури та вологості повітря;
- проведення протипожежного інструктажу та ознайомлення працівників з правилами поведінки під час пожежі;
- розміщення горючих матеріалів подалі від потенційних джерел виникнення пожеж;
- розміщення в приміщеннях знаків пожежної безпеки;
- розміщення планів евакуації в усіх приміщеннях та на усіх поверхах будівлі;
- раціональне взаєморозміщення меблів та обладнання та утримання проходів в приміщеннях у вільному стані;
- розміщення в приміщеннях засобів пожежогасіння та правил поведінки в разі виникнення пожеж;
- розробка і впровадження автоматичних систем виявлення і гасіння пожеж.

4.3.2. Технічні рішення системи протипожежного захисту

Засоби пожежогасіння, що використовуються в приміщенні – це вогнегасники, розміщення яких в приміщеннях здійснюється з урахуванням розміщення потенційних джерел виникнення пожеж і позначається встановленим поруч вказівним знаком

Згідно категорії пожежовибухонебезпеки будівлі, класу приміщення і за вибухо- і пожежонебезпекою П-Па [11] в приміщенні має бути встановлено 2 порошкових або вуглекислотних вогнегасники із зарядом речовини 2 кг, крім того на поверхах має бути розташовано по одному вуглекислотному вогнегаснику масою речовини не менше 10 кг.

У разі появи ознак загоряння (диму, запаху, полум'я) кожен працівник зобов'язується негайно повідомити про це органи пожежної охорони (101), посадову особу підприємства, а також задіяти систему оповіщення.

Посадова особа підприємства до прибуття пожежно-рятувальної служби має видалити за межі небезпечної зони всіх працівників, що не беруть участь у ліквідації пожежі і задіяти всі наявні засоби та сили на ліквідацію загоряння.

ВИСНОВКИ

Ефективність використання ліній електроживлення: Розроблений високочастотний пристрій для передачі даних через мережі електроживлення виявився ефективним рішенням, яке відповідає зростаючим потребам у глобальних і локальних телекомунікаціях.

Багатофункціональність і гнучкість: Продемонстрована багатофункціональність та гнучкість пристрою дозволяє його застосування в різних областях, включаючи промисловість, медицину, енергетику, системи екологічної безпеки, а також для домашніх потреб.

Підтримка домашніх локальних мереж: Розроблений пристрій забезпечує можливість створення домашніх локальних мереж з підключенням різноманітних пристроїв, таких як принтери, камери, та MP3-програвачі, що значно розширює можливості користувача.

Адаптивність до різних сценаріїв використання: Розроблена система адаптивна до різних сценаріїв використання, включаючи керування домашнім освітленням, побутовими приладами, і навіть забезпечення високошвидкісного доступу до Інтернету.

Перспективність подальшого розвитку: Враховуючи потенціал та гнучкість розробленого пристрою, можна розглядати перспективи подальшого його вдосконалення та адаптації до нових технологій і потреб ринку.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Ю.В.Корицький та ін. Довідник з електротехнічних матеріалів. Т.3, Л.: Вища школа, 1988. 728 с.
2. В.В.Пасинков, В.С.Сорокін. Матеріали електронної техніки, М: Вища школа, 1986. 367 с.
3. Прозоровський Є.Є. Пристрій передачі. Патент №2221333, Кл. Н 04 В 3/54 із пріоритетом від 18.12.1998. Опубл. 10.01.2004. Бюл.
4. Прозоровський Є.Є. Використання розподільних силових мереж для організації каналу зв'язку у системах телекомунікації. Изв. вишів. Півн.-Кавк. регіон. Техн. науки. 2003. Спецвипуск, с. 115-119.
5. Прозоровський Є.Є. Передатна функція струму лінії зв'язку, реалізованої на основі відрізка високовольтного силового кабелю. Изв. вишів. Півн.-Кавк. регіон. Техн. науки. 2003. Спецвипуск, с. 106-108
6. Технологія X10. URL: <https://www.x10.com/>
7. Технологія Powerline. URL: <http://www.echelon.com>
8. 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>
9. ДСТУ ISO 45001:2019 Системи управління охороною здоров'я та безпекою праці. Вимоги та настанови щодо застосування (ISO 45001:2018, IDT). URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=88004.
10. Наказ Міністерства внутрішніх справ України «Про затвердження Правил експлуатації та типових норм належності вогнегасників». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0225-18#Тех>
11. ДБН В.2.5-28-2018 Природне і штучне освітлення - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://document.ua/prirodne-i-shtuchne-osvitlennja-nor8425.html>
12. ДБН В.1.1-7:2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. URL: http://www.poliplast.ua/doc/dbn_v.1.1-7-2002.p

13. 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

14. Про мінімальні вимоги безпеки при роботі з дисплейним обладнанням: 90/270/ЕЭС. Брюссель : Рада Європейських співтовариств, 1990. URL: <http://docs.pravo.ru/document/view/32704903/>

15. 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>

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

17. ДСТУ Б В.1.1-36:2016 Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпек. URL: https://dbn.co.ua/load/normativy/dstu/dstu_b_v_1_1_36/5-1-0-1759

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

Додаток А
(обов'язковий)

**ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ НАВЧАЛЬНОЇ (БАКАЛАВРСЬКОЇ)
ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ**

**ВИСОКОЧАСТОТНИЙ ПРИСТРІЙ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ ПО
МЕРЕЖІ ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯ**

ПРОТОКОЛ
ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: «Високочастотний пристрій передачі даних по мережі електроживлення»

Тип роботи: БДР
(БДР, МКР)

Підрозділ ІРТС, ІЕС
(кафедра, факультет)

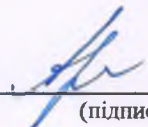
Показники звіту подібності Unicheck

Оригінальність 83,2% Схожість 16,8%

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)

Олександр ЗВЯГІН

(прізвище, ініціали)

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

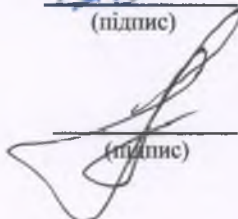
Автор роботи


(підпис)

Валентин ГАВРИЛЮК

(прізвище, ініціали)

Керівник роботи


(підпис)

Олександр ПАСТУШЕНКО

(прізвище, ініціали)

Додаток Б
(обов'язковий)

ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА

**ПОРТАТИВНИЙ ПРИСТРІЙ МОНІТОРИНГУ
МЕТЕОПАРАМЕТРІВ З БЕЗПРОВІДНИМ ІН-ТЕРФЕЙСОМ**

Виконав: студент 4-го курсу, групи ТКР-196
спеціальності 172 – Телекомунікації та
радіотехніка

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)


Гаврилюк В.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник: асистент каф. ІРТС


Пастушенко О.Л.

(прізвище та ініціали)


« 19 »  2023 р.



Рисунок 1 – Области застосування засобів зв'язку на основі електричних мереж

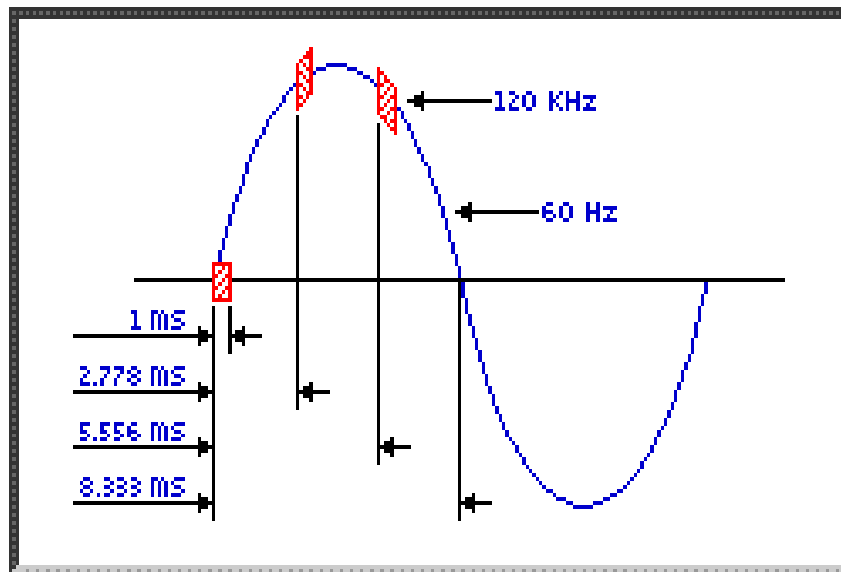


Рисунок 2 - X10 - стандарт. Сигнали включають короткі радіочастотні імпульси передачі даних

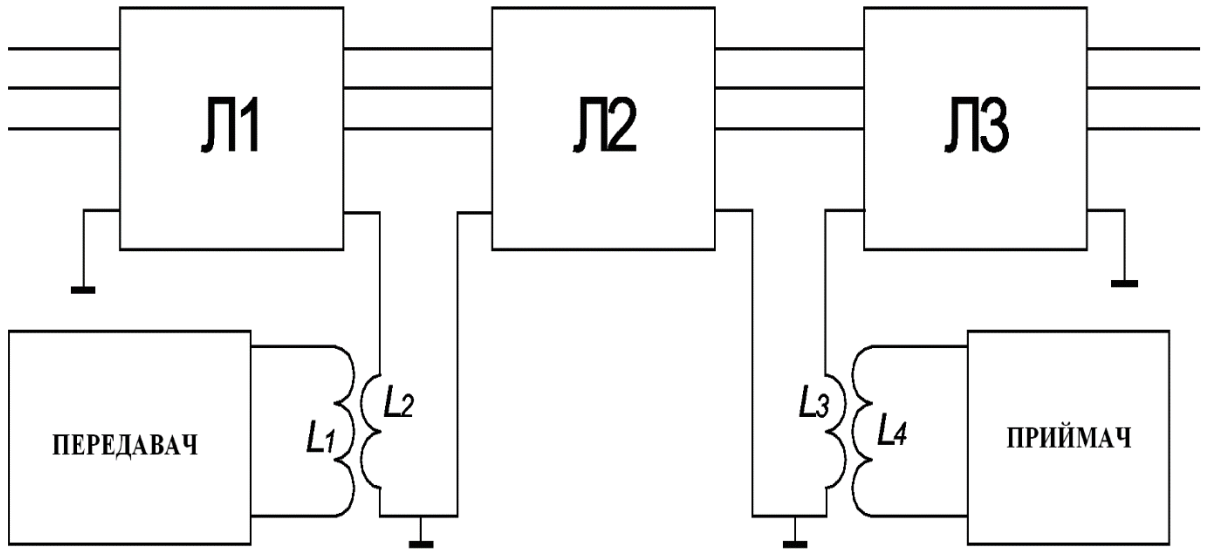


Рисунок 3 - Схема організації каналу зв'язку на основі силового кабелю

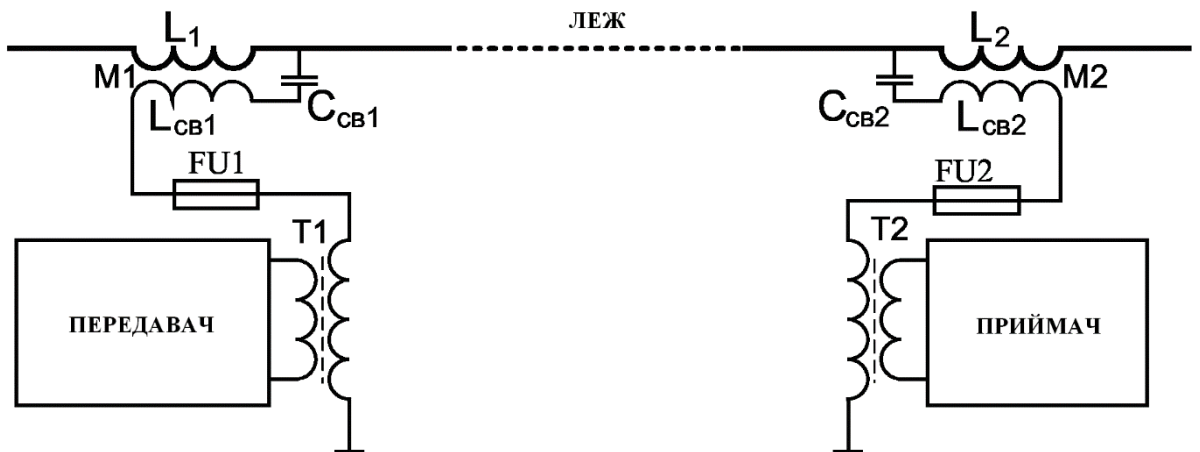


Рисунок 4 - Еквівалентна схема системи зв'язку по повітряних лініях електропередачі

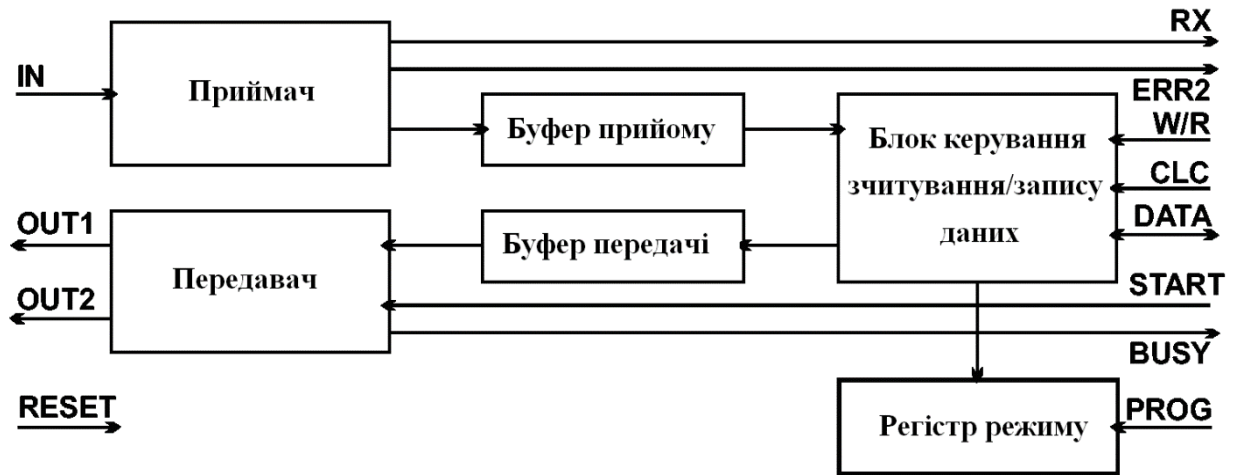


Рисунок 5 – Структурна схема

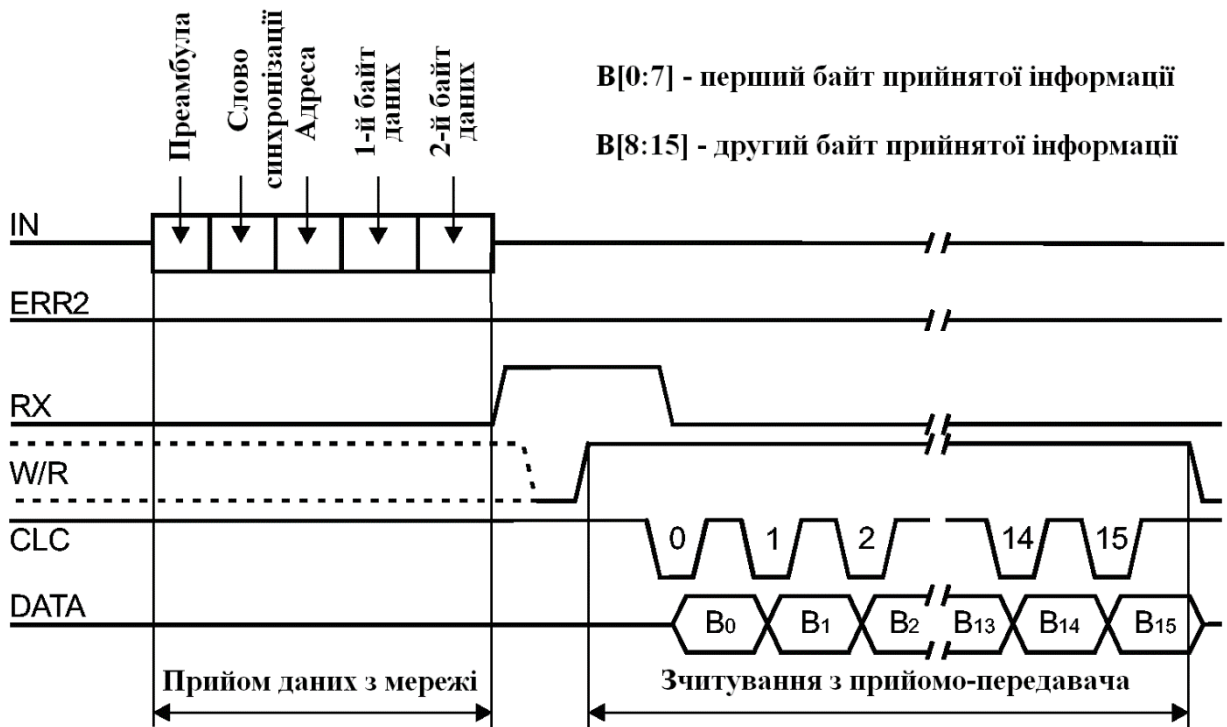


Рисунок 6 – Діаграма прийому інформації

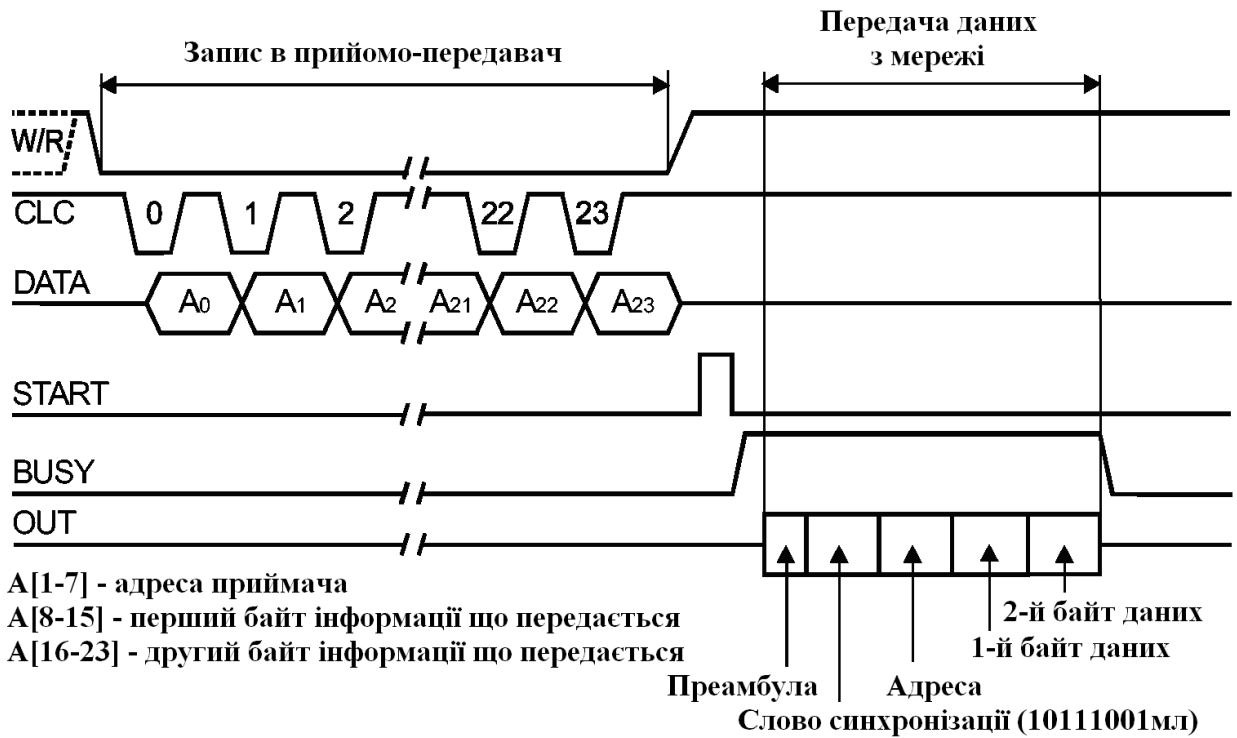


Рисунок 7 – Діаграма передачі інформації

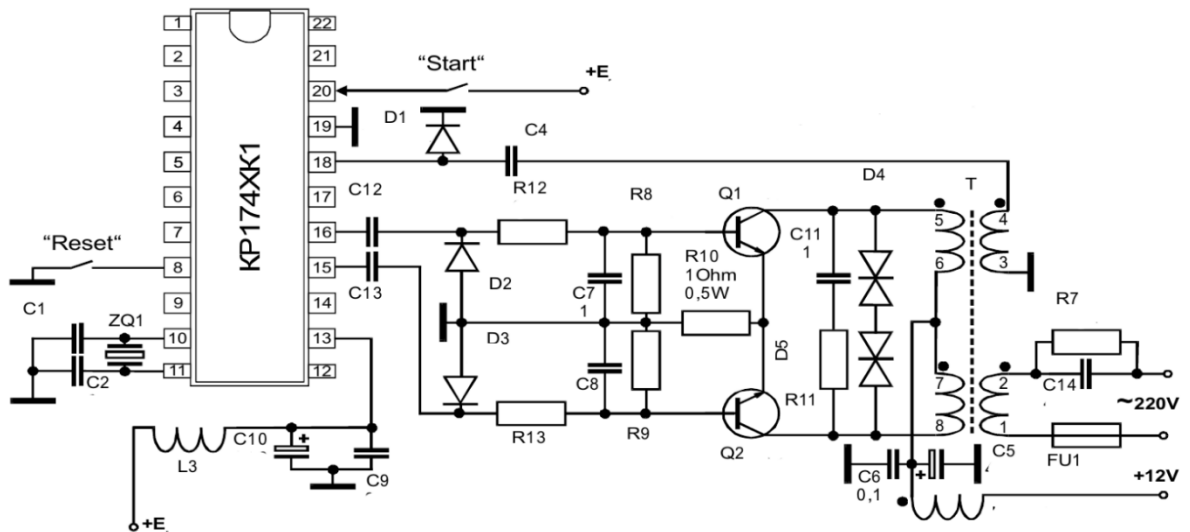


Рисунок 8 – Принципова електрична схема каналу прийомо-передавача по мережі змінного струму

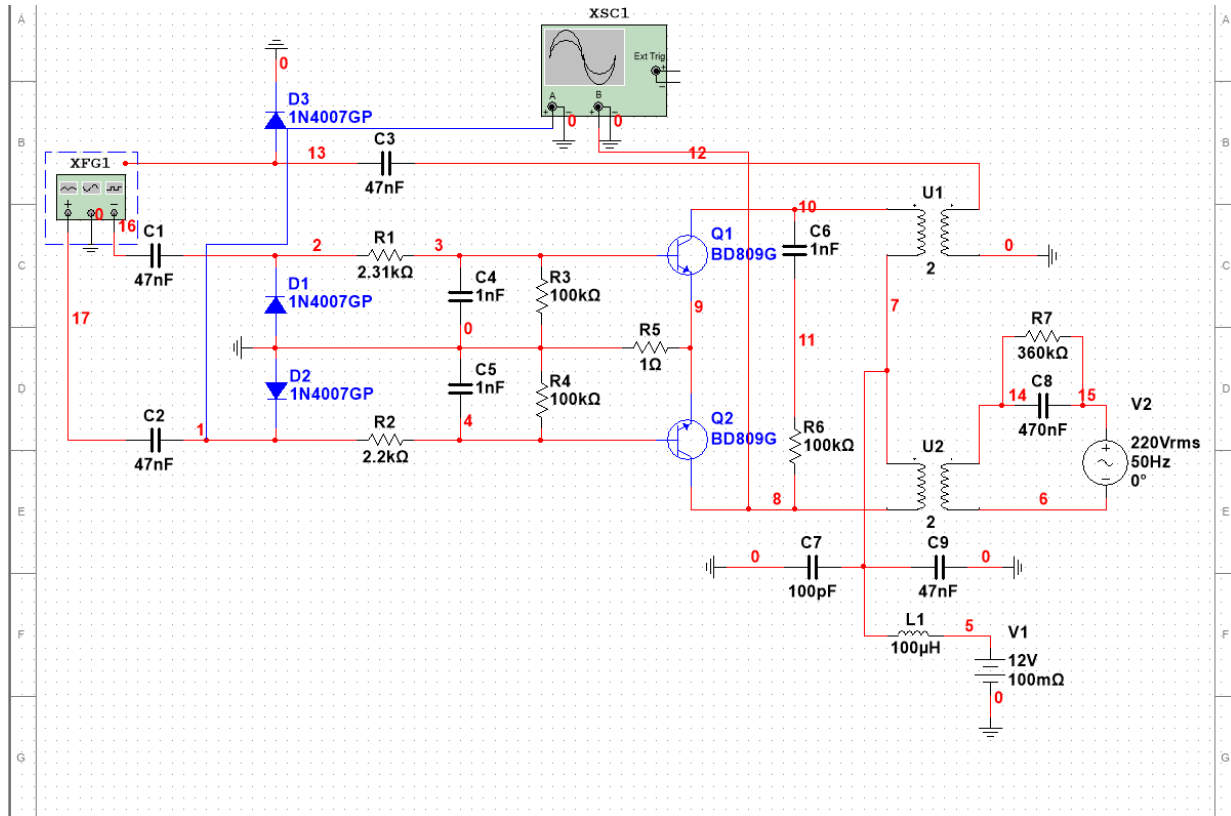


Рисунок 9 – Схема моделювання у програмі MULTISIM 14.2

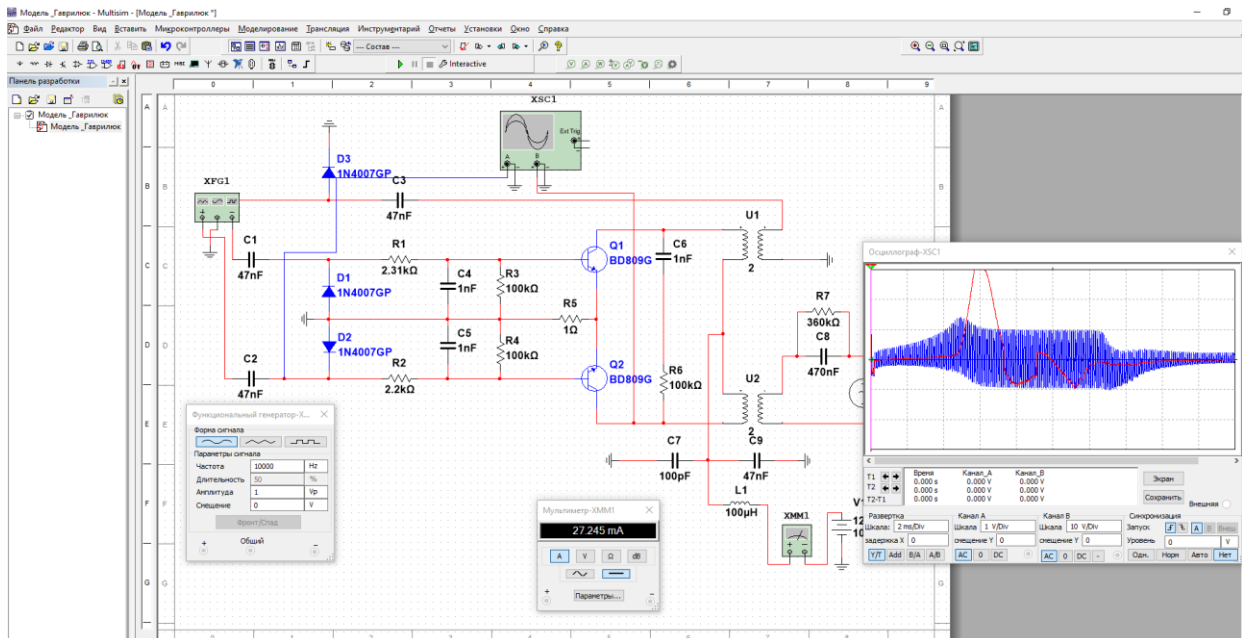


Рисунок 10 – Вікно підготовки моделювання у програмі MULTISIM 14.2