

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Блок перетворення сигналів для PLC мережі

Виконав(ла): студент(ка) 4 курсу, групи РАС-41

спеціальності 172 Електронні комунікації та

радіотехніка

(шифр і назва спеціальності)

Ступка В.В.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

Дедів І.Ю.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

Марценюк А.С.

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

(підпис)

Дунець В.Л.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

Дозорська О.Ф.

(прізвище та ініціали)

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії
(повна назва факультету)

Кафедра радіотехнічних систем
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Дунець В.Л.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

«03» червня 2024 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

на здобуття освітнього ступеня бакалавр
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 172 Електронні комунікації та радіотехніка
(шифр і назва спеціальності)

студенту Ступці Віталію Володимировичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Блок перетворення сигналів для PLC мережі

Керівник роботи Дедів Ірина Юріївна, к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 03 » 06 2024 року № 4/7-581

2. Термін подання студентом завершеної роботи 13.06.2024 р.

3. Вихідні дані до роботи - живлення блока: від акумуляторної батареї з напругою 12 В або від мережі 220 В, 50 Гц через понижуючий трансформатор з напругою на вторинній обмотці – 15 В, 50 Гц

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

аналіз технічного завдання; аналіз схемних рішень виконання виробу;

розроблення схеми структурної виробу, схеми електричної принципової,

розрахунок номіналів елементів схеми електричної принципової; конструювання виробу,

а саме: обґрунтування вибору елементної бази, трасування друкованої плати,

розробка компоновки друкованого вузла.

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

1. Структурна схема;

2. Схема електрична принципова;

3. Друкована плата;

4. Друкований вузол;

АНОТАЦІЯ

Тема кваліфікаційної роботи: «Блок перетворення сигналів для PLC мережі». Кваліфікаційна робота бакалавра // ТНТУ імені Івана Пулюя, ФПТ, група РАС-41. // Тернопіль, 2024р. //с.- 67, рис.- 37, бібліог.- 21, додат.- 3.

Ключові слова: ЕЛЕКТРОМЕРЕЖА, ДАНІ, PLC.

В роботі проведено розробку блока перетворення сигналів для PLC мережі.

Було проаналізовано особливості та характеристики PLC мереж, принципи організації обміну даними по електромережі, доступні швидкості обміну та додаткові дестабілізуючі фактори, які негативно впливають на роботу мережі. Проаналізовано варіант реалізації технології PLC на основі ПІС контролера та запропоновано власний варіант. Спроектовано схеми структурну, функціональну та електричну. Розраховано окремі компоненти схеми та проведено їх уточнюючий вибір. Розроблено топологію друкованої плати і складання друкованого вузла.

SUMMARY

Theme of qualification work: "Signal conversion unit for PLC network". // Ternopil, 2024. // p.- 67, fig.- 37, bibliog.- 21, appendix- 3.

Keywords: ELECTRICAL NETWORK, DATA, PLC.

In the work, the signal conversion unit for the PLC network was developed.

The features and characteristics of PLC networks, the principles of organizing data exchange on the power grid, available exchange speeds and additional destabilizing factors that negatively affect the operation of the network were analyzed. An option for implementing PLC technology based on the controller's GRAPH was analyzed and an own option was proposed. Structural, functional and electrical schemes are designed. Individual components of the scheme were calculated and their detailed selection was carried out. The topology of PCB and the assembly of PCB was developed.

Зміст

Вступ	7
1 Основна частина	9
1.1 Аналіз завдання	9
1.2 Технологія PLC	9
1.3 Аналіз принципу роботи мережі-прототипа та вибір власних рішень	25
1.4 Аналіз принципів побудови та проектування схеми електричної	35
1.5 Аналіз схеми електричної	38
1.6 Вибір електрорадіокомпонентів	42
1.7 Опис і розробка друкованого монтажу блока	47
1.8 Висновок до розділу 1	53
2 Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	54
2.1 Основні вимоги до побудови і функціонування системи управління охороною праці	54
2.2 Надзвичайні екологічні ситуації та екологічний ризик	58
2.3 Висновки до розділу 2	63
Висновки	64
Список використаних джерел	65
Додатки	

						СВВ 2.893.001 ПЗ		
<i>Зм</i>	<i>Арк</i>	<i>№ докум</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		Ступка В.В.			Блок перетворення сигналів для PLC мережі	<i>Лім</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		Дедів І.Ю.				у	6	67
<i>Н. контр.</i>		Марценюк А.С.				ТНТУ, РАс-41		
<i>Зат. каф.</i>		Дунець В.Л.						
<i>Рецензент</i>		Дозорська О.Ф.						

Вступ

Сьогодні найпоширенішими лініями обміну даними є лінії з використанням стандартного оптичного волокна. При цьому часто використовуються системи з часовим стисненням каналів. Збільшити пропускну здатність таких систем можливо шляхом розробки та використання нових надшвидких електронних систем модуляції, комутації та прийому лазерного випромінювання, що закономірно призведе до заміни кінцевого обладнання. Такі нововведення потребують великих фінансових витрат для організацій, які займаються експлуатацією та переобладнанням таких ліній зв'язку. Але для збільшення пропускну здатності недостатньо лише заміни кінцевого обладнання, необхідно буде ще встановити необслуговувані релейні точки та вставити всілякі компенсатори, а тим більше замінити кабель, що в свою чергу є досить неекономно.

Традиційно проблему підключення електронних пристроїв без прокладання нових кабельних мереж вирішували за допомогою радіофіру – тобто різноманітних технологій бездротового підключення. Однак перспективним шляхом створення кабельної мережі є організація передачі даних по проводах електромережі за так званими технологіями PLC (Power Line Communications), оскільки при тому покритті, яке мають мережі електропередачі, пропускну здатність в них використовується вкрай неефективно - змінний струм до споживачів передається лише на частоті 50-60 Гц, тоді як смуги частот вищого діапазону залишаються вільними, на відміну від суворо регламентованого радіофіру. Усе сказане визначає перспективи розвитку та практичного впровадження технологій PLC.

Однак суттєвим недоліком PLC-технологій, який уповільнює їх поширення, є нездатність протистояти впливу побутових електричних перешкод. Крім того, обширність середовища передачі та вплив перешкод

					СВВ 2.893.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		7

істотно обмежують швидкість обміну інформацією, але, враховуючи ширину доступного спектру, ця проблема практично вирішується за допомогою високопродуктивних сигнальних процесорів шляхом розділення потоку даних на кілька паралельних і передаючи їх різними каналами.

В роботі проводиться розробка блока перетворення сигналів для PLC мережі.

					СВВ 2.893.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		8

1 Основна частина

1.1 Аналіз завдання

Зв'язок по лінії електропередачі (PLC) — це технологія, яка використовує інфраструктуру розподіленої системи електроенергії як середовище зв'язку. Технологія PLC може надати споживачеві широкий спектр послуг, таких як Інтернет, домашні розваги, домашня автоматизація, і дозволить органам з постачання електроенергії ефективно керувати своїми розподільними мережами на конкурентній основі.

В роботі необхідно розробити блок перетворення сигналів для PLC мережі, який би забезпечував прийом та передачу даних зі швидкостями 1200, 2400, 4800 біт/с по мережі 220В залежно від протоколу кодування даних.

1.2 Технологія PLC

1.2.1 Загальні відомості

Все більшу роль у житті людей відіграють інформаційно-комунікаційні технології. В той же час зростає спектр телекомунікаційних послуг (доступ до Інтернету, відеоспостереження, дистанційне керування опаленням, освітленням, Smart Home, Smart City та IoT).

Необхідним інтелектуальним підходом для широкомасштабної варіації потенціалу передачі даних є наявність легкого доступу для забезпечення високої пропускної здатності в межах будівель. Сьогодні основою для забезпечення бездротового доступу є телефонні дроти, волоконно-оптичні дроти, кабельні дроти, мобільні та супутникові лінії передачі, а також дроти електропроводки (технології PLC). У них можуть бути плюси та мінуси. Зокрема, лінії електропроводки застосовуються як середовище для передачі

					СВВ 2.893.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		9

сигналів для концепції «розумного розташування» для організації послуг у дистанційному контролі показів різних датчиків, встановлених на системі сигналізації тощо.

Зв'язок по лінії електропередачі (PLC) передбачає передачу даних по провіднику, який має інші одночасні використання, такі як передача електроенергії змінного струму або розподіл електроенергії споживачам. Інші складові PLC включають в себе такі компоненти, як: оператор лінії електропередачі, цифрову абонентську лінію електропередачі (PDSL), мережевий зв'язок, телекомунікації через лінію електропередачі або мережу електропередачі (PLN).

Лінії електропередач спочатку були розроблені для передачі електроенергії в діапазоні частот 50-60 Гц. Спочатку перші передачі дані по лініях електропередач здійснювалися лише для захисту ділянок системи розподілу електроенергії у разі несправностей. Зв'язок по лінії електропередач був найкращим способом швидкого обміну інформацією між електростанціями, підстанціями та розподільними центрами. Логіка включала той факт, що опори електропередач є одними з найнадійніших конструкцій, які коли-небудь будувалися. Отже, за допомогою цієї сигнальної мережі можна надійно надсилати сигнали захисту. Крім того, багато віддалених місць не були підключені до телефонних мереж. Таким чином, було визначено, що сигналізація та обмін інформацією для захисту енергосистеми та цілей телеметрії по існуючих лініях електропередач є оптимальним рішенням.

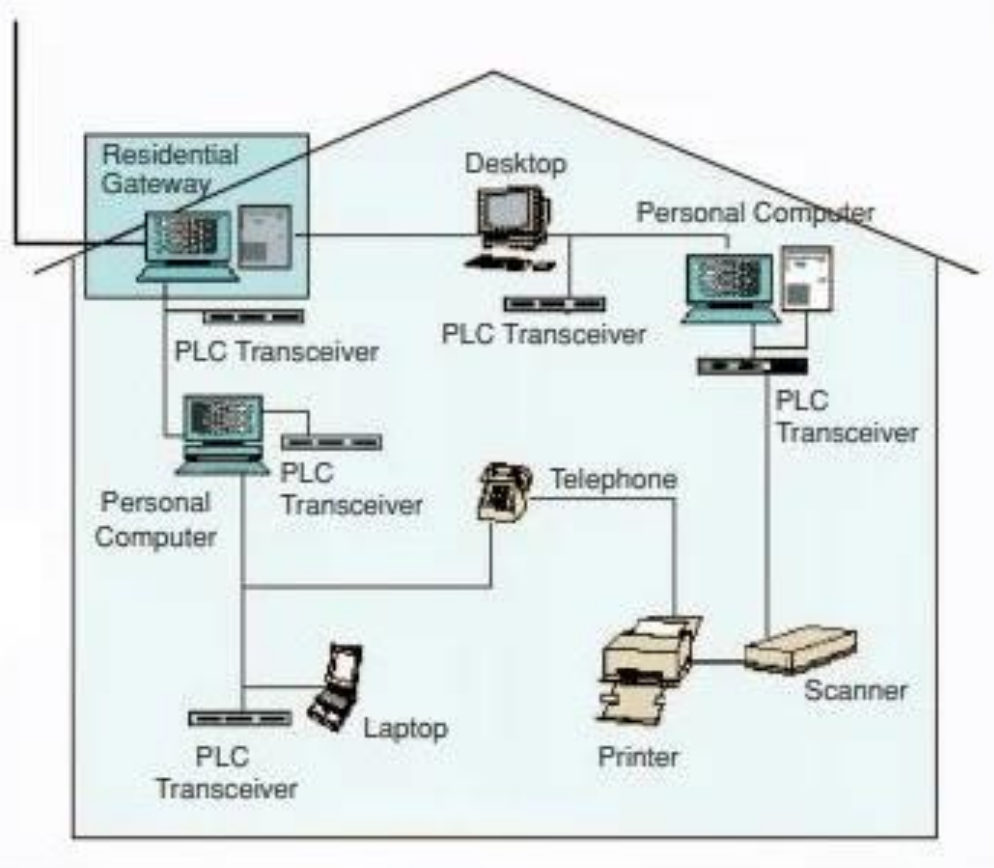


Рисунок 1.1 – Домашня система PLC

1.2.2 Типи мереж PLC

Низькочастотний тип PLC: в основному використовується для телекомунікацій, телезахисту та телемоніторингу між електричними підстанціями через лінії електропередач високої напруги.

Середньочастотний тип PLC (> 100 кГц): вузькосмуговий зв'язок по лінії електропередачі почався незабаром після того, як електропостачання стало широко поширеним. Одним із природних застосувань вузькосмугового зв'язку по лінії електропередач є контроль і телеметрія електричного обладнання, такого як лічильники, перемикачі, обігрівачі та побутові прилади.

Високочастотний тип PLC (> 1 МГц): зв'язок по лінії електропередач також корисний для з'єднання домашніх комп'ютерів, периферійних пристроїв і домашніх розважальних пристроїв, які мають порт Ethernet.

Комплекти адаптерів Powerline підключаються до розеток і встановлюють з'єднання Ethernet по наявній електричній проводці в будинку. Це дозволяє пристроям обмінюватися даними без незручностей використання спеціальних мережних кабелів.

Надвисокочастотний тип PLC (> 100 МГц): ці системи вимагають симетричного та повнодуплексного зв'язку зі швидкістю понад 1 Гбіт/с у кожному напрямку.

Нижче для прикладу наведено варіанти PLC на обладнанні DefiDev.

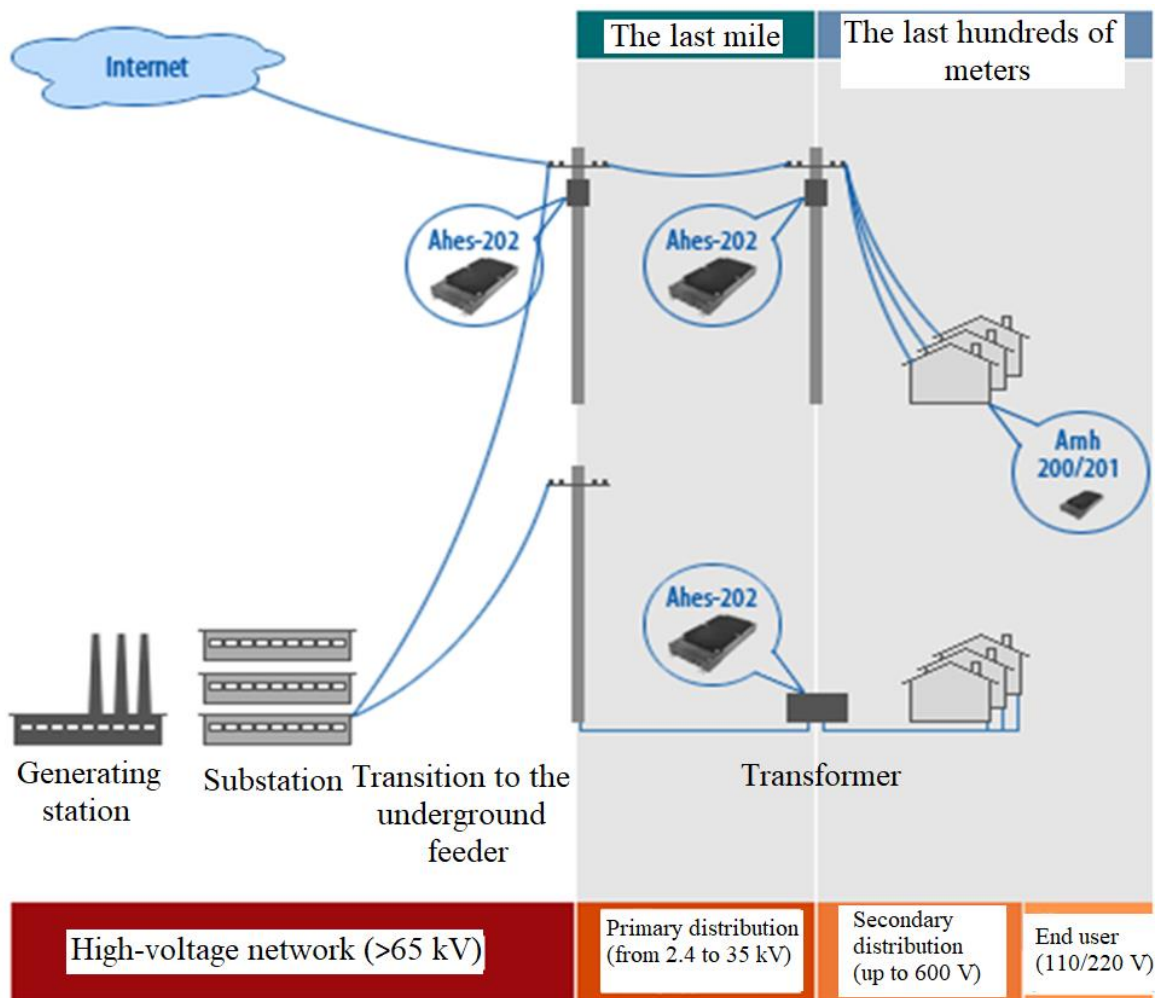


Рисунок 1.2 – Спосіб реалізації мережі PLC

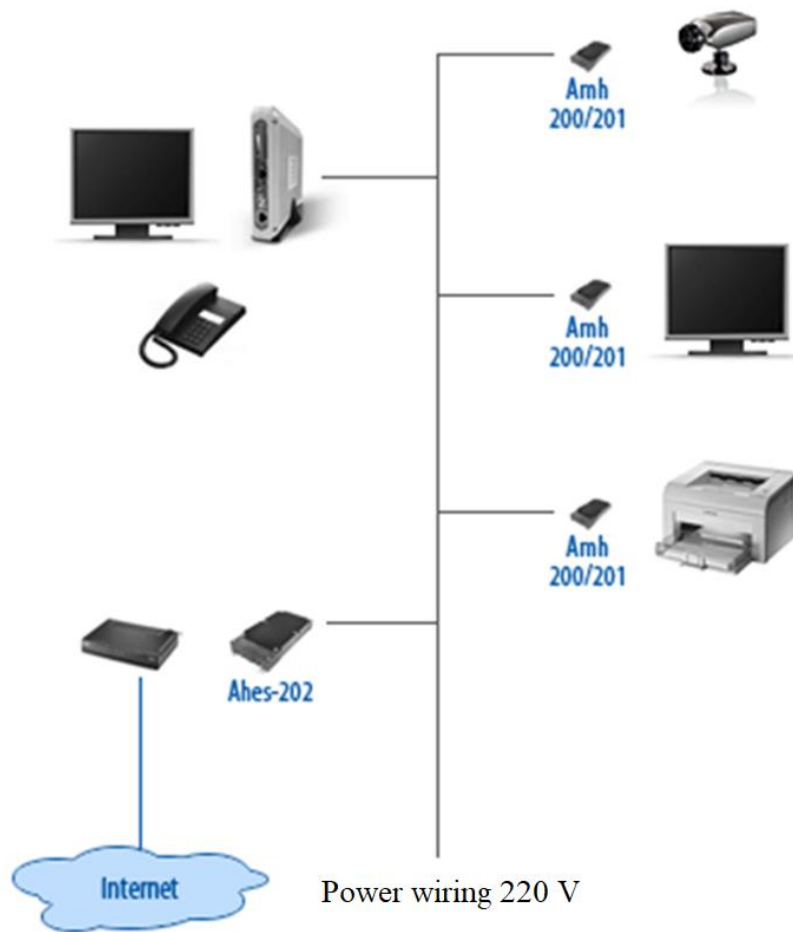


Рисунок 1.3 – Мережа PLC в будівлі

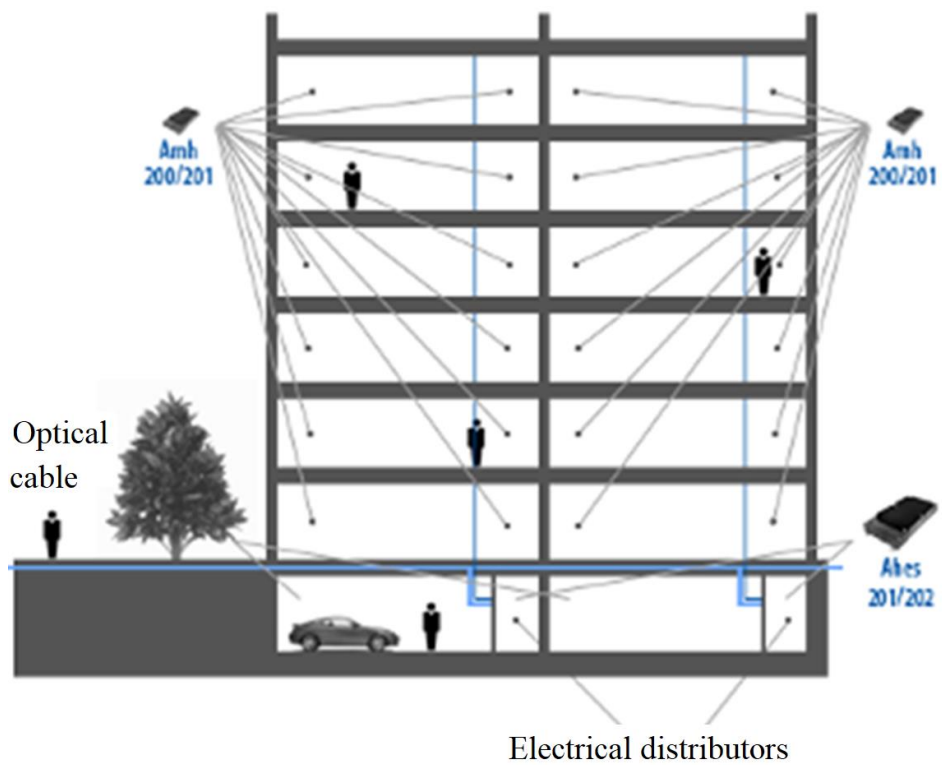


Рисунок 1.4 – Інший спосіб реалізації мережі PLC в будівлі

Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат

СВВ 2.893.001 ПЗ

Арк

13

часу дозволяє використовувати його в електричних мережах різної напруги, з численними вузлами, що підтримують різні промислові протоколи.

Враховуючи той факт, що на прикладному рівні користувачеві доступна максимальна швидкість 100 кбіт/с, це рішення найбільше підходить для систем з високими вимогами до пропускну здатності каналу, систем автоматизації, моніторингу та інших сервісів, що використовують ВЧ-лінії передачі.

Пристрій ємнісного зв'язку призначений для передачі даних по високовольтних лініях напругою до 10 кВ, як повітряних, так і кабельних. Пристрій підключення є невід'ємною частиною побудови мереж PLC. Він передає високочастотні сигнали модему PLC в канал зв'язку з номінальною напругою до 10 кВ і назад, забезпечуючи, в свою чергу, гальванічне розділення потенціалів і узгодження імпедансу між первинним/вторинним виводами відповідно, не потребує додаткових джерело живлення і не потребує жодних налаштувань

Пристрій індуктивного з'єднання має те ж призначення, що і пристрій ємнісного з'єднання, і відрізняється швидкістю і простотою монтажу без безпосереднього контакту зі струмоведучими частинами ЛЕП.

Існують певні факти, зумовлені фізичними характеристиками розповсюдження сигналу, які значно звужують сферу застосування рішень на основі PLC.

Факт 1. Деякі електролічильники блокують сигнал PLC. Можливі три варіанти впливу лічильників на роботу PLC в залежності від їх конструкції:

- лічильник не впливає на сигнал. Загасання становить близько 5 дБ;
- лічильник послаблює сигнал PLC. Загасання 5-40 дБ. У цьому випадку можна підключити сигнал після лічильника і забезпечити нормальну якість мережі PLC;
- лічильник обходить сигнал PLC. У цьому випадку велика частина сигналу ослаблена через вбудований ВЧ-шунт, з'єднання PLC не працює ні до

лічильника, ні після лічильника. Єдиним варіантом підключення є відступ від лічильника по кабелю, спрямованому до споживачів з 10 метрів і вище.

Факт 2. В алюмінієвій проводці загасання сигналу сильніше, ніж в мідній, що зменшує дальність зв'язку приблизно в 2 рази.

Факт 3. У підземних кабелях через властивості землі загасання сигналу в декілька раз більше. Але на передачу сигналу в електричних мережах в основному впливає не загасання, а рівень шуму, який у підземних комунікаціях значно нижчий.

Факт 4. Чим більше гілок (автоматів) в комутаторі, тим сильніше падає потужність сигналу прямо в точці підключення сигналу.

На реальних об'єктах поєднання кількох несприятливих факторів може зробити розгортання PLC нерентабельним або принципово неможливим, тому перед розгортанням мережі завжди необхідно зібрати максимальну кількість інформації, включаючи план електричної мережі, тип кабельної проводки, плат і автоматів.

1.2.4 Спектри сигналу PLC

Чудовою властивістю технології є можливість регулювати ступінь модуляції для кожної несучої частоти при затуханні, тобто підлаштовуватися під амплітудно-частотну характеристику лінії. Таким чином, «перевантажені» частоти продовжують використовуватися для передачі корисного сигналу, хоча і з меншою кількістю символів на несучу.

У рішеннях класу Nome відсутня можливість контролювати спектр сигналу, що передається, тому якість роботи в існуючих мережах може бути неоптимальною. В операторських рішеннях є можливість вибору режиму роботи (Mode), всього цих режимів 13, і вони серйозно відрізняються за характером застосування. Спектр живого сигналу, отриманого з коаксіального виходу PLC шлюзу доступу Coripex, показаний на рис. 1.5.

					СВВ 2.893.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		16

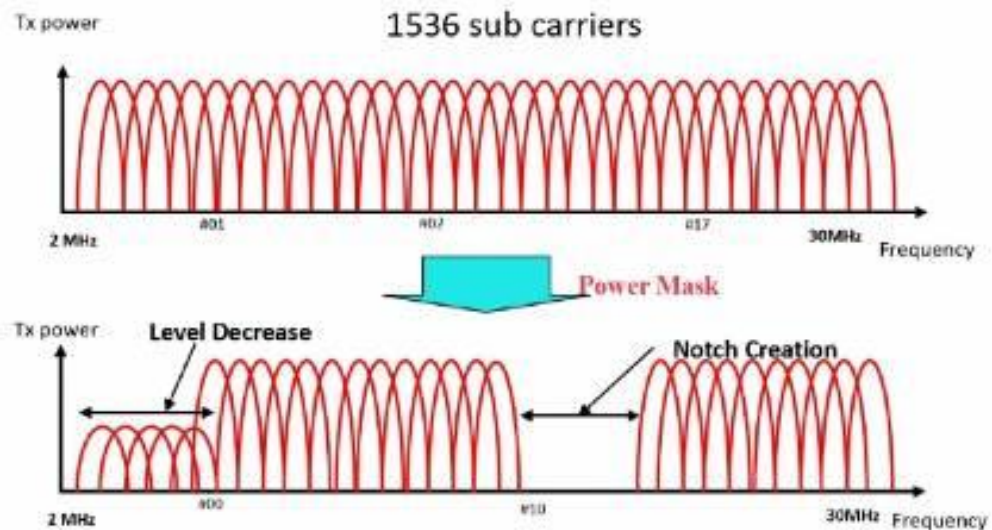


Рисунок 1.5 – Спектр сигналу PLC

1.2.5 Характеристика мереж PLC

Носій лінії електропередачі не був спеціально розроблений для передачі даних та забезпечує жорстке середовище для цього. Змінний імпеданс, значний шум і високі рівні частотно-залежного загасання є основними проблемами. У такій складній лінійній мережі амплітудна і фазова характеристика можуть дуже сильно змінюватися залежно від частоти. Крім того, сама функція передачі каналу змінюється в часі, оскільки підключення або вимкнення пристроїв, підключених до мережі, змінило б топологію мережі. Домашні пристрої часто виступають джерелами шуму, впливаючи на співвідношення сигнал/шум приймачів.

Також необхідно враховувати додаткові відбиття. Відбиття сигналів часто відбувається через різні неузгодженості опорів в електричній мережі. Кожен багатопроменевий канал матиме певний ваговий коефіцієнт для врахування втрат на відбиття та передачу. Спостереження даних на вищих частотах показує, що загасання каналу збільшується. Отже, канал можна описати як випадковий і змінний у часі, із частотно-залежним відношенням сигнал/шум (SNR) у смузі пропускання.

Асинхронний імпульсний шум: це найбільш шкідливий тип шуму для передачі даних. Його тривалість коливається від кількох мікросекунд до мілісекунд. Спектральна щільність потужності такого імпульсного шуму може на 50 дБ перевищувати спектр фонового шуму. Отже, він здатний знищувати блоки символів даних під час передачі даних на певних частотах; це викликано перехідними процесами комутації в системній мережі.

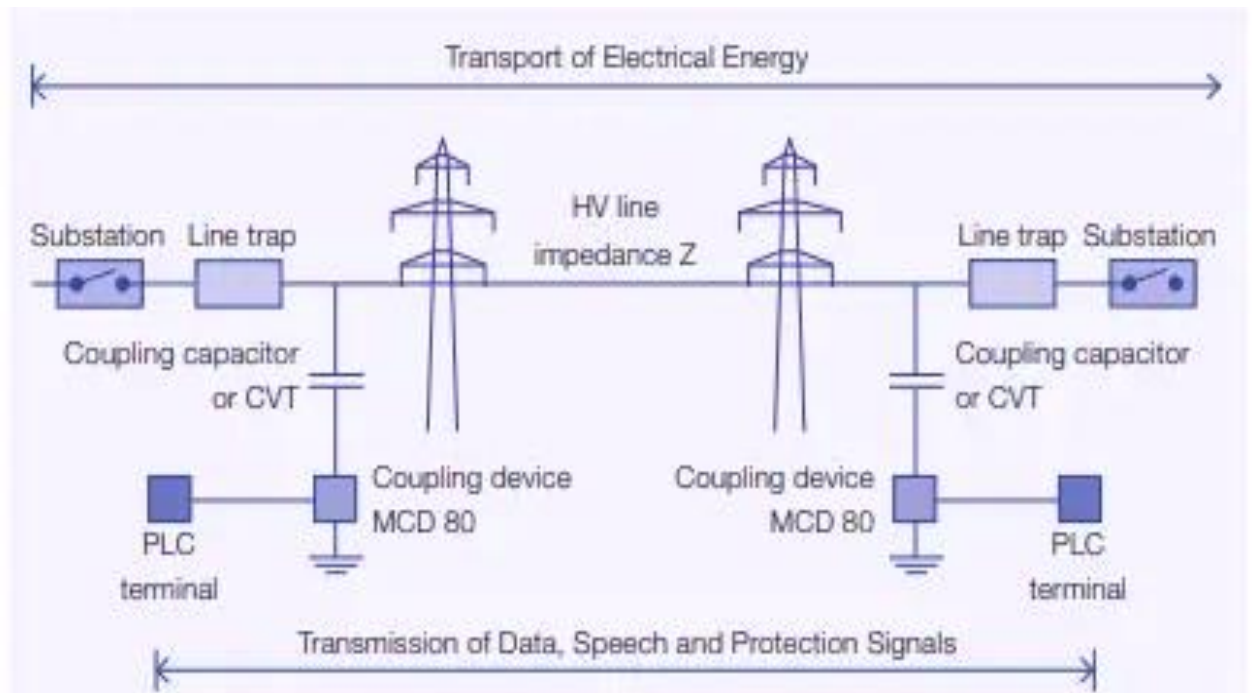


Рисунок 1.7 – Аналіз системи PLC

Методи модуляції. Такі методи модуляції, як частотна маніпуляція (FSK), множинний доступ із кодовим розділенням (CDMA) і мультиплексування з ортогональним частотним поділом (OFDM), є відповідними схемами модуляції для PLC. Для недорогих програм із низькою швидкістю передачі даних, таких як захист ліній електропередач і телеметрія, FS, ймовірно, є хорошим рішенням. Частотно-вибіркове завмирання, яке відчуває канал лінії електропередач, серйозно погіршує здатність FSK для швидкості передачі даних понад кілька кілобайт на секунду. Буде необхідний високий ступінь кодування контролю помилок. У поєднанні з низькою

спектральною ефективністю FSK це обмежило б досягнуту швидкість передачі даних.

Для швидкості обміну не більше 1 Мбіт/с метод CDMA може забезпечити ефективне рішення. Сигнал кожного користувача поширюється за допомогою коду розповсюдження на передавачі. Одержувач розкриває повідомлення за допомогою того самого коду. CDMA забезпечує надійність проти впливу вузькосмугового шуму та інших форм перешкод. Однак для ефективною протидії перешкодам від інших користувачів коефіцієнт обробки повинен бути високим. Під час передачі по лініях електропередачі з високою швидкістю тривалість символу настільки мала, що затримані версії одного символу розмазуються між великою кількістю інших символів. Це ускладнює процес виявлення, оскільки вимагає складних методів вирівнювання для протидії міжсимвольним перешкодам.

Однак для додатків з високою швидкістю передачі даних OFDM є багатообіцяючою технологією для PLC. Послідовні дані проходять через послідовно-паралельний перетворювач. Він розділяє дані на кілька паралельних каналів з окремими модуляторами. Кожен модулятор має різну несучу частоту і передає невелику частину початкової швидкості обміну. Це збільшує довжину символу так, що він стає довшим за найдовший шлях затримки; це значною мірою вирішує проблему інтерференції між символами. OFDM також уникає передачі на частотах із глибоким завмиранням. Усі паралельні модулятори повинні досягати мінімального порогу співвідношення сигнал/шум; інакше система їх вимкне. Модулятори з високим відношенням сигнал/шум передають більше бітів, використовуючи техніку адаптивного бітового завантаження.

Для середнього контролю доступу кількох користувачів до пропускну здатності мережі використовується стратегія спільного використання ресурсів. Конфліктні протоколи можуть викликати конфлікти; отже, вони не підходять, тоді як протоколи, такі як Polling, Aloha та Carrier Sense Multiple Access

						СВВ 2.893.001 ПЗ	Арк
							20
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат			

(CSMA), є кращими для спільного використання ресурсів. CSMA/CA прослуховує рівень сигналу, щоб визначити, коли канал неактивний, і передає невеликі пакети даних, щоб уникнути конфліктів і повторних передач.

1.2.6. Переваги PLC

Простота: більшість приватних будинків не мають спеціального високошвидкісного мережевого кабелю. Трудовитрати, необхідні для монтажу такої проводки, часто досить високі. PLC використовує наявну електричну мережу для зв'язку. Тому послуга зв'язку може надаватися скрізь, де є розетки.

Гнучкість: PLC підходять для джерел високої, середньої та низької напруги. Вони корисні у внутрішніх електроустановках у будівлях для різноманітних комунікаційних застосувань. Якщо в кожній кімнаті є кілька розеток, інфраструктура домашнього електропостачання є чудовою мережею для обміну даними між інтелектуальними пристроями.

1.2.7. Недоліки PLC

Порушена безпека: зв'язок по лінії електропередачі не обов'язково безпечний. Багато одержувачів можуть також перехоплювати дані.

Затухання даних: високочастотні сигнали зазнають затухання, оскільки лінії електропередач поведуться як фільтр низьких частот.

Висока вартість побутової техніки: вартість модему PLC часто вища, ніж модем телефонної лінії.

Шум: Типовими джерелами шуму є щіткові двигуни, люмінесцентні та галогенні лампи, імпульсні джерела живлення та димери. Перешкоди в лініях електропередач спотворюють цифрові та аналогові сигнали.

1.2.8. Застосування PLC

Ринок PLC динамічно розвивається. Передові енергетичні послуги включають такі програми, як автоматичне зчитування лічильників, програмовані контролери та керування попитом і постачанням. Існує кілька

					СВВ 2.893.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		21

застосувань мереж PLC у домівках: спільний Інтернет, принтери, файли, контроль будинку, ігри, розподілене відео, віддалений моніторинг і безпека.

Homeplug Powerline Alliance заснували Cogency, Conexant, Enikia, Panasonic, Intellion, Netgear, RadioShack Co., Sharp, Cisco Systems, Motorola, Texas Instruments та інші партнери. Він забезпечує форум для створення відкритих специфікацій для високошвидкісних домашніх мережевих продуктів і послуг із швидкістю передачі даних 14 Мбіт/с. Стандарт Homeplug використовує OFDM у пакетному режимі як модуляцію фізичного рівня. Він використовує комбінацію складного прямого виправлення помилок, чергування, виявлення помилок і автоматичних повторних запитів. Протокол керування доступом до середовища – CSMA/CA.

Консорціум European Home System (EHS) визначає протокол зв'язку між побутовою технікою та центральним процесором у будинках. Він охоплює кілька типів середовища для передачі керуючих даних, живлення та інформації. Усі спільно використовують підрівень керування логічним з'єднанням.

Powernet спрямована на розробку когнітивного широкопasmового зв'язку через лінії електропередач (CBPL). Комунікаційне обладнання задовольняє вимогам щодо електромагнітного випромінювання.

Дослідницька група IEEE BPL розробила стандарти для «широкопasmового зв'язку через апаратне забезпечення лінії електропередач», «Вимоги до електромагнітної сумісності обладнання для лінії зв'язку: – Методи тестування та вимірювання», контролю доступу до середовища та специфікації фізичного рівня.

Два важливих питання при виборі обладнання PLC: "Яка максимальна швидкість?" і "Яка максимальна відстань?" Миттєва фізична швидкість лінії може досягати 220 Мбіт. Швидкість, яку дає «оцінка», трохи нижча. Під час встановлення з'єднання може минути кілька хвилин, перш ніж модем

визначить оптимальну швидкість обміну. Залежність між фізичною швидкістю загасання та смугою можна побачити на графіку (рис. 1.8).



Рисунок 1.8 – Графік залежності між швидкістю та смугою

У свою чергу, існує певна залежність між фізичною швидкістю та реальною швидкістю передачі даних. У фізичному середовищі PLC протокол працює в напівдуплексному режимі, тому вказане значення розбивається на два напрямки, як правило, з невеликою асиметрією (рис. 1.9).

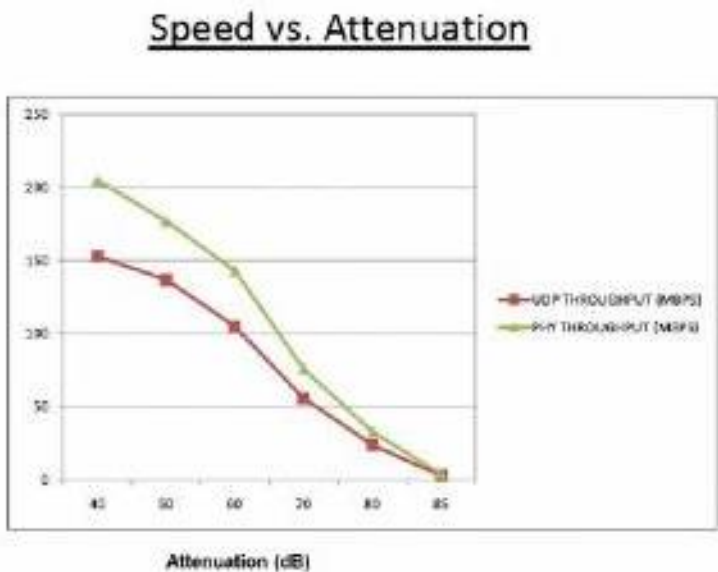


Рисунок 1.9 – Граф протоколу PLC в напівдуплексному режимі

Виробники декларують типовий робочий діапазон мереж PLC в 300 метрів, але через велику кількість факторів, що впливають на поширення сигналу, неможливо гарантувати ту чи іншу швидкість або відстань. Насправді не загасання визначає швидкість і відстань, а співвідношення сигнал/шум. Варто відзначити, що в протяжних і неякісних електромережах рівень шуму досить значний.

1.2.9 Технічні вимоги до побудови систем PLC

Мережева передача загалом і системи PLC зокрема є надзвичайно складними системами, розробка та обслуговування яких потребує врахування багатьох аспектів. Вони включають:

- визначення смуги частот;
- характеристики передачі та загасання сигналу в лініях;
- обмежений рівень шуму зовнішніх джерел;
- виключення можливості пошкодження мережевих пристроїв переданими сигналами;
- виключення можливості ураження випромінюваними полями;
- виключення взаємовпливу між системами;
- рівень відгуку приймальних пристроїв;
- допустимість/обмеження рівня сигналу;
- модуляція та кодування сигналу.

1.2.10 Частотний діапазон систем PLC.

Системи PLC вимагають досить широкої смуги пропускання для виконання високошвидкісних функцій. Цей діапазон розташований в діапазоні 1-30 МГц.

Є три проблеми:

- цей діапазон частот займають короткохвильові радіослужби: радіомовлення, служба безпеки, радіоаматорство. Тому ці частоти слід виключити;

					СВВ 2.893.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		24

- необхідно уникати перешкод між адресною та внутрішньою системами; рішення полягає у виділенні окремої смуги частот для кожної програми;

- випромінювані електромагнітні поля можуть порушити прийом трансльованих радіопередач або інших служб у тому ж діапазоні частот.

1.3 Аналіз принципу роботи мережі-прототипа та вибір власних рішень

Розглянемо просту апаратну реалізацію системи PLC з використанням мікроконтролера периферійного інтерфейсного контролера (PIC), який забезпечує генерацію даних та взаємодію складових мережі. Система придатна для передачі даних у межах місцевої електромережі, наприклад для дистанційного автоматичного зчитування лічильників, керування пожежною та охоронною сигналізаціями тощо. Система побудована з використанням модуляції on-off-keying (ООК) для зменшення складності. Система PLC підключається до ліній електропередач за допомогою відповідних схем інтерфейсу, які використовуються для забезпечення електричної ізоляції та адаптації імпедансу між PIC і мережею лінії електропередач. Це означає, що систему можна впровадити за допомогою доступних готових компонентів і, отже, значно знизити вартість усієї системи.

PLC система. Передавач PLC має бути сконструйований належним чином, щоб посилити сигнал відносно агресивного середовища. Середовище лінії передачі вважається дуже шкідливим середовищем для цифрових даних. Це тому, що середовище передачі по лінії електропередачі може містити паразитні сигнали у формі імпульсів, які можуть створювати шуми на стороні приймача. Ці імпульси можуть заважати переданим сигналам і створювати небажані спотворення, які порушують роботу системи. Таким чином, передача даних у базовій смузі є неефективною, і, отже, необхідно

					СВВ 2.893.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		25

використовувати один із методів цифрової модуляції, щоб отримати стійку форму даних і гарантувати безпечний процес передачі.

Проста блок-схема передавача PLC показана на рис. 1.10. Базовий передавач PLC складається з п'яти основних підблоків: джерело даних, послідовно-паралельний перетворювач, генератор несучої частоти, цифровий модулятор і схема інтерфейсу. Функція передавача полягає в тому, щоб модулювати сигнал даних за допомогою одного з методів цифрової модуляції, а потім завантажувати його в мережу електропередач. Зазвичай використовується модуляція ООК, оскільки вона забезпечує надійну і водночас просту систему. Модуляція ООК — це особливий випадок модуляції ASK (амплітудна маніпуляція), де під час передачі нуля відсутня несуча. Інтерфейсна схема використовується для ізоляції 220 В/50 Гц від середовища низької напруги.

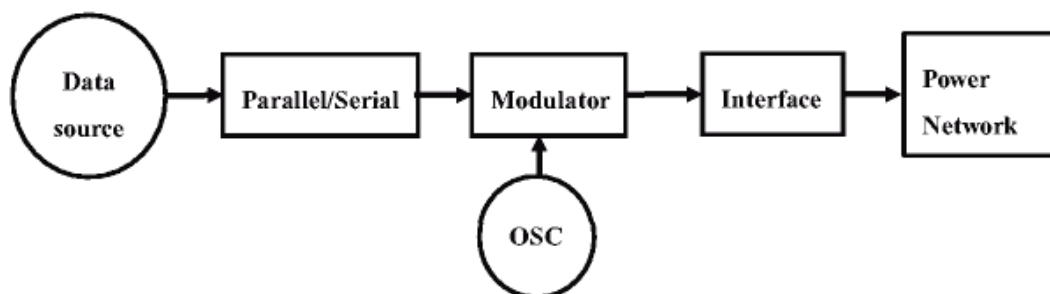


Рисунок 1.10 – Структурна схема PLC-передавача

На рис. 1.11 показана блок-схема приймача PLC. Приймач PLC підключається до мережі електропередач через схему інтерфейсу. Для компенсації втрат в лініях живлення використовується попередній підсилювач. Посилений сигнал демодулюється для відновлення вихідних даних, а потім передається до приймача даних.

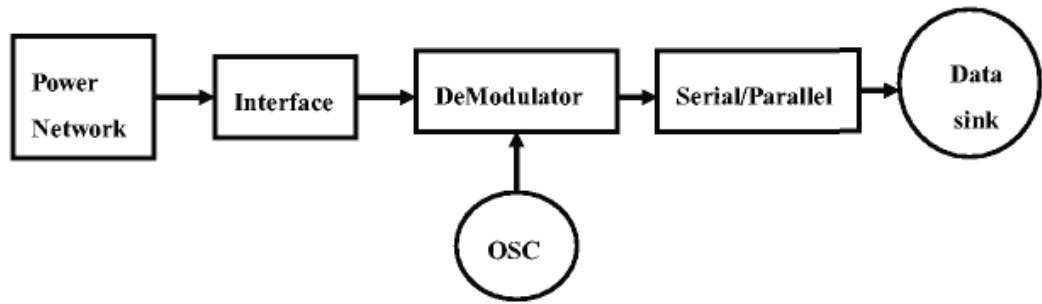


Рисунок 1.11 – Структурна схема PLC-приймача

В прикладі застосовується мікроконтролер для забезпечення генерації та синхронізації даних. Вхідними даними для передавача PLC є паралельні дані, які можуть надходити з ПК, DIP-перемикачів тощо. Мікроконтролер PIC використовується для зчитування паралельних вхідних даних і подальшого перетворення їх у послідовні дані, готові для цифрової модуляції. PIC також використовується для забезпечення передачі даних після певної затримки, щоб гарантувати, що стрибки включення/вимикання видалені. Схема контактів PIC 16F876 показана на рис. 1.12.

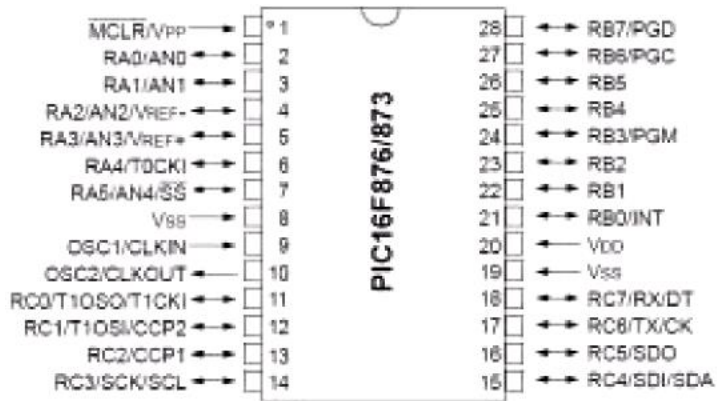


Рисунок 1.12 – Схема виводів PIC-16F87.

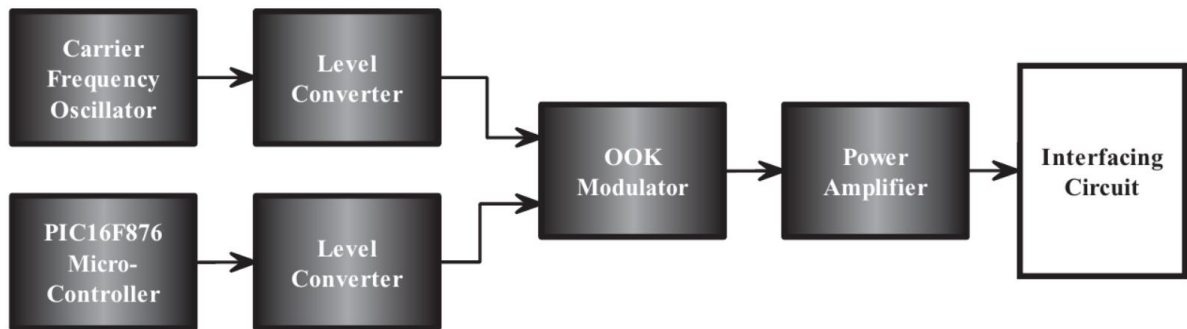


Рисунок 1.13 – Блок-схема передавача PLC

Передавач PLC. Пропонований передавач PLC показаний на рис. 1.13 і складається з PIC 16F876, який використовується як джерело даних і синхронізатор даних, модулятора ООК, підсилювача потужності та схеми інтерфейсу. Перетворювач рівнів (операційний підсилювач, який працює як простий компаратор) використовується для перетворення рівнів даних між PIC і модулятором ООК.

На рис. 1.14 показана схема запропонованої схеми передавача. Схема інтерфейсу, яка використовується як у передавачі, так і в приймачі, показана на рис. 1.15.

Щоб мінімізувати вплив проблеми спотворення, було проведено вибір критичних параметрів на основі досвіду роботи та найкращих вихідних результатів. Вибрана несуча частота (f_c) має бути постійною, стабільною та значно вищою за швидкість передачі даних. Таким чином, генератор був побудований з використанням осцилятора з керуванням напругою LM566CN для створення сигналу прямокутної форми з частотою 140 кГц, що набагато більше, ніж використовується швидкість передачі даних (500 біт/с). Було обрано прямокутну форму сигналу, оскільки вона забезпечує кращі характеристики спотворення.

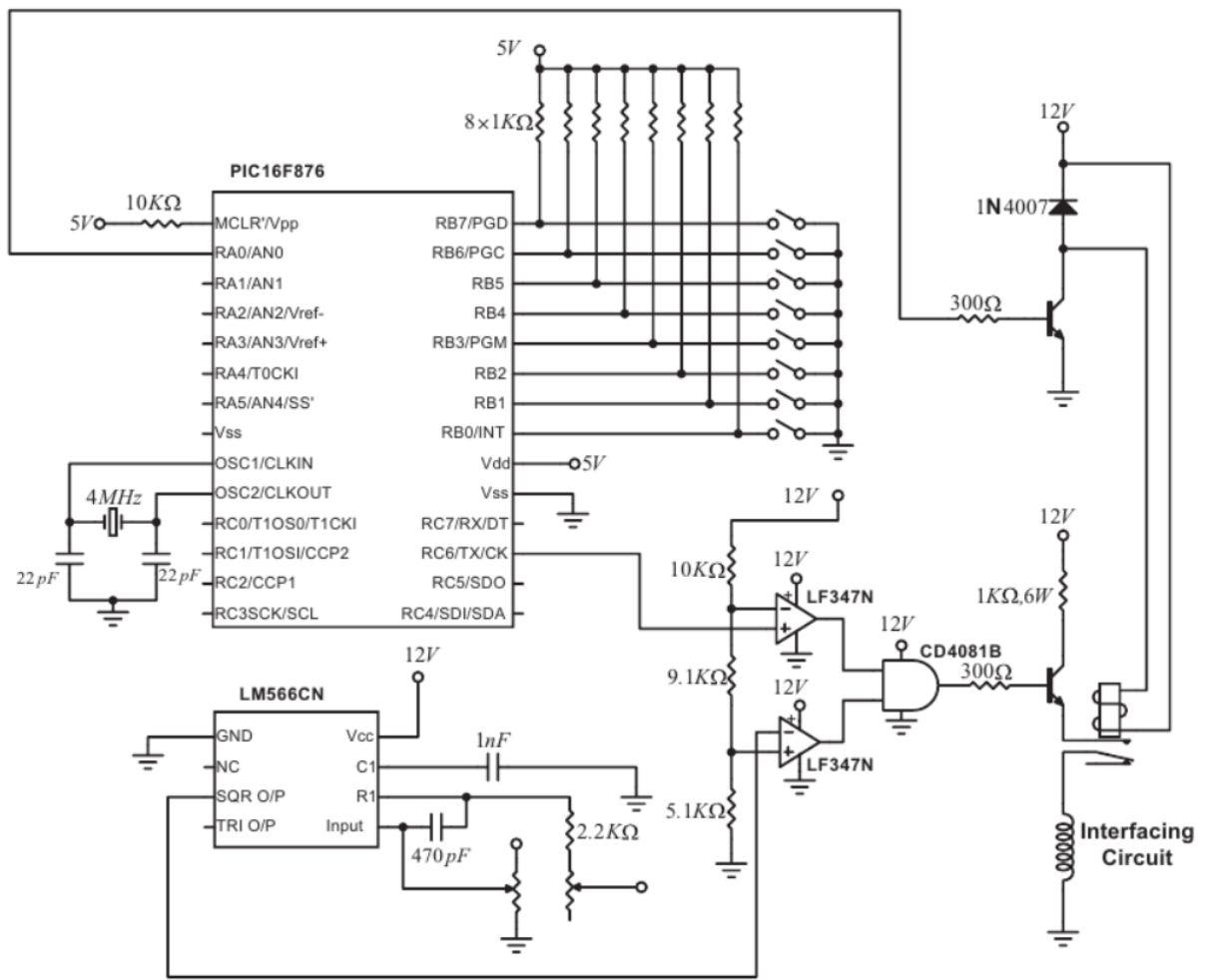


Рисунок 1.14 – Схема передавача PLC

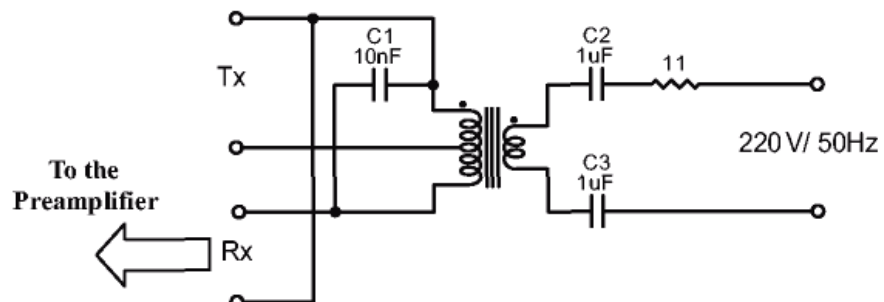


Рисунок 1.15 – Схема інтерфейсу

Модульований сигнал завантажується в лінію живлення колом інтерфейсу, який складається з LC резонансного контуру після підсилення потужності, який забезпечує рівень струму, необхідний для керування колом інтерфейсу. Підсилювач потужності був розроблений з використанням потужного транзистора C3039. Силовий транзистор C3039 зазвичай

використовується для високошвидкісних додатків високої напруги, особливо в індуктивних колах. Інтерфейсна схема ізолює 220 В/50 Гц від середовища низької напруги передавача PLC. Інтерфейсна схема також використовується для придушення стрибків високої напруги, створюваних комутацією.

Приймач PLC. У запропонованому приймачі PLC прийнятий сигнал спочатку посилюється за допомогою попереднього підсилювача. Потім посилений сигнал надходить в демодулятор ООК, який відновлює вихідні дані. Потім отримані дані передаються в мікроконтролер, який перетворює послідовні дані в паралельні. Для ізоляції приймача від навколишнього середовища 220 В/50 Гц використовується схема інтерфейсу, подібна до схеми інтерфейсу, яку використовує передавач. На рис. 1.16 показана блок-схема запропонованого приймача PLC, а на рис. 1.17 показана принципова схема приймача.

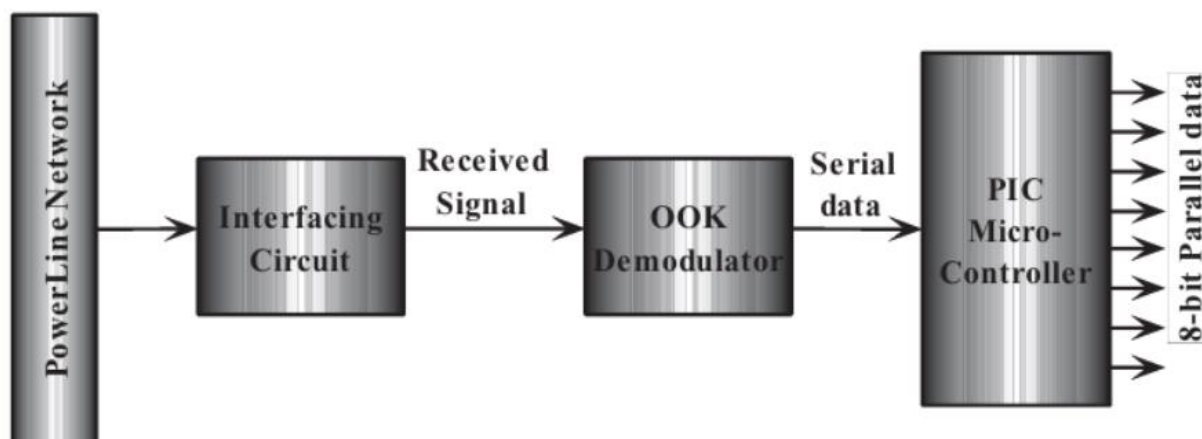


Рисунок 1.16 – Структурна схема запропонованого приймача PLC.

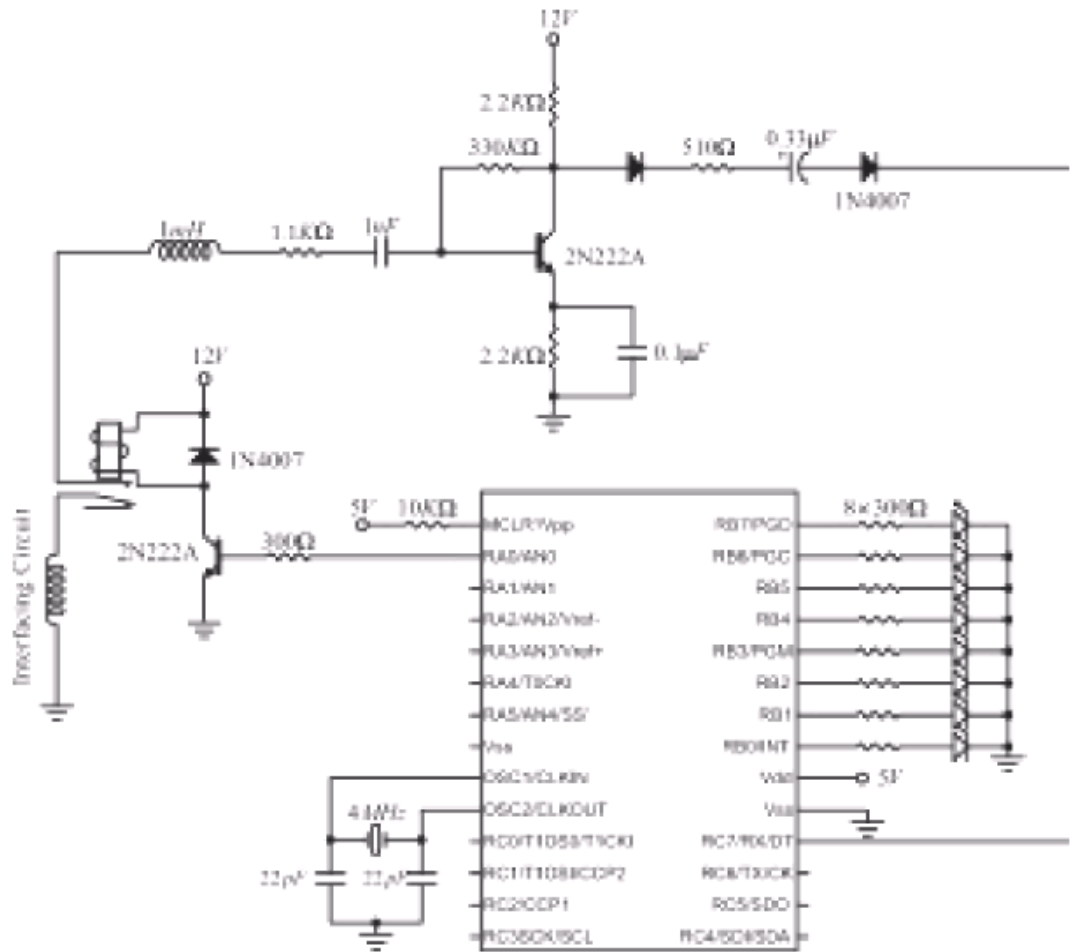


Рисунок 1.17 – Схема приймача PLC

Схеми модулятора/демодулятора ООК були розроблені з використанням базових логічних вентилів І, які використовуються для інтерфейсу TTL, CMOS PIC і модулятора ООК. Як перетворювач рівня використовувався операційний підсилювач, який працює як компаратор. Компаратор перетворює рівні даних на інші рівні, де логіка HIGH перевищує 8 В, а логіка LOW — менше 2 В. Несучий сигнал, який використовується в модуляції ООК, був отриманий за допомогою генератора, керованого напругою LM566CN.

Мікроконтролер був запрограмований на зчитування паралельних вхідних даних на ПОРТ В (з RB0 RB7), а потім перетворює їх у послідовні дані. Потім PIC передає дані послідовно через передавальний контакт RS232 (RC6/TX/CK). Блок-схема програми, що використовується в PIC16F876,

показана на рис. 1.18. Мікроконтролер було запрограмовано на можливість передачі даних після затримки часу, щоб гарантувати усунення стрибків, що з'являються після увімкнення схеми.

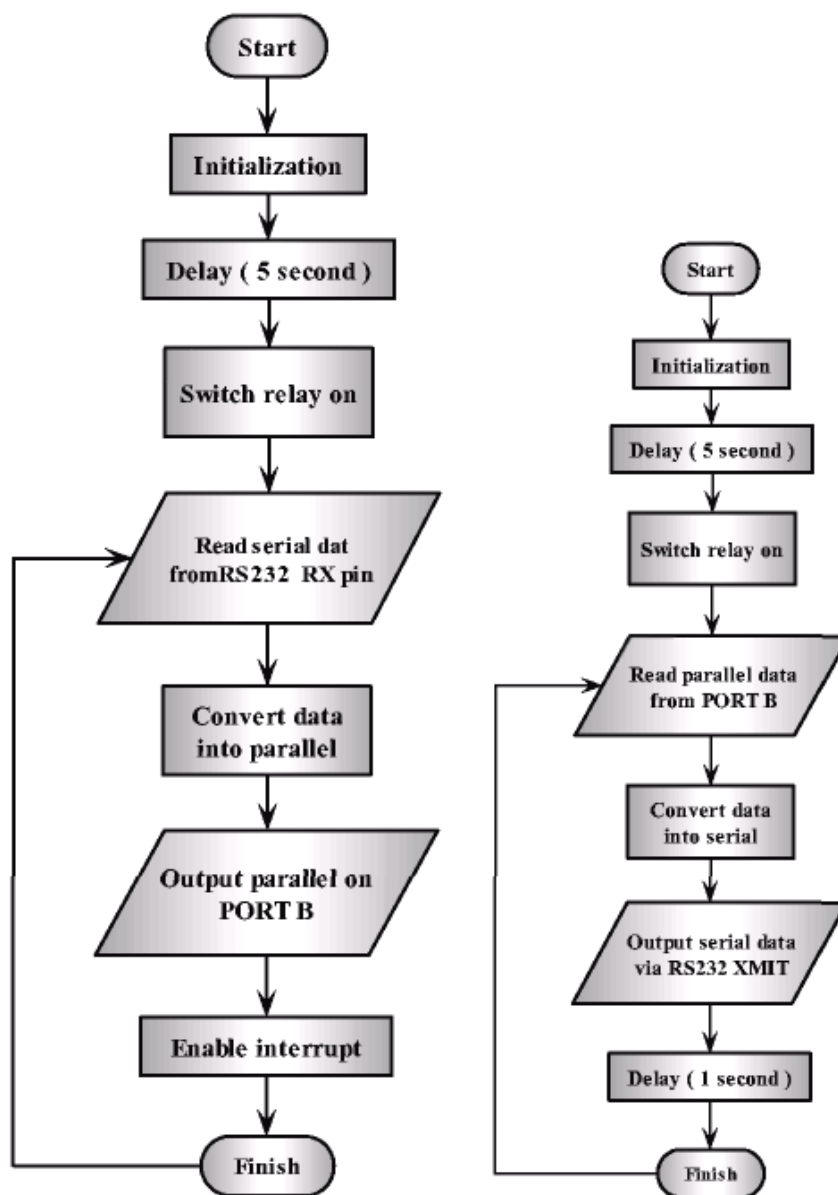


Рисунок 1.18 – Блок-схема, яка використовується для програмування PIC16F876

Схема інтерфейсу була перевірена шляхом вимірювання напруги витоку сигналу 220 В/50 Гц, який може пройти через цю схему. Було виявлено, що максимальна амплітуда сигналу витоку становила 36 мВ, що не створює жодних проблем для електронних компонентів трансивера.

Схема інтерфейсу була перевірена з використанням трьох різних типів сигналів; синусоїдальних, трикутних і прямокутних сигналів для оцінки затухання, спотворень і шумових характеристик схеми. Сигнал, що передається, контролювався під час передачі в трьох точках; на терміналі передавача перед входом у схему інтерфейсу, на лінії живлення та на етапі приймача. Було виявлено, що синусоїдальний сигнал страждає від високих рівнів загасання, і, отже, прямокутну форму сигналу потрібно використовувати як несучий сигнал.

Частотна характеристика попереднього підсилювача, який використовується в схемі приймача, показана на рис. 19. Можна побачити, що низькі частоти (50 Гц) ослаблені.

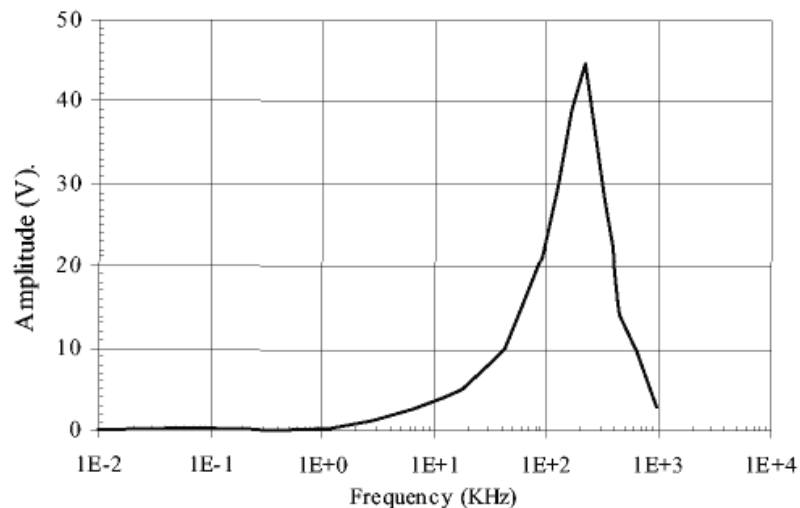


Рисунок 1.19 – АЧХ попереднього підсилювача

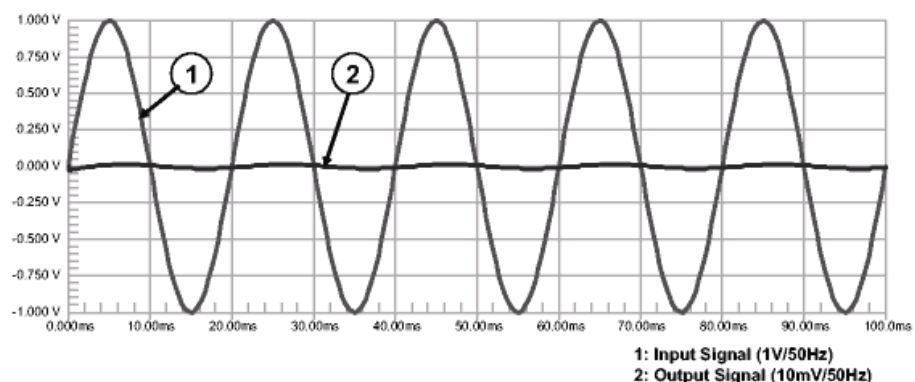


Рисунок 1.20 – Вхідні/вихідні сигнали попереднього підсилювача

Відповідно до вище наведеного аналізу спроектована структурна схема зображена на рис. 1.21, схема функціональна – на рис. 1.22.

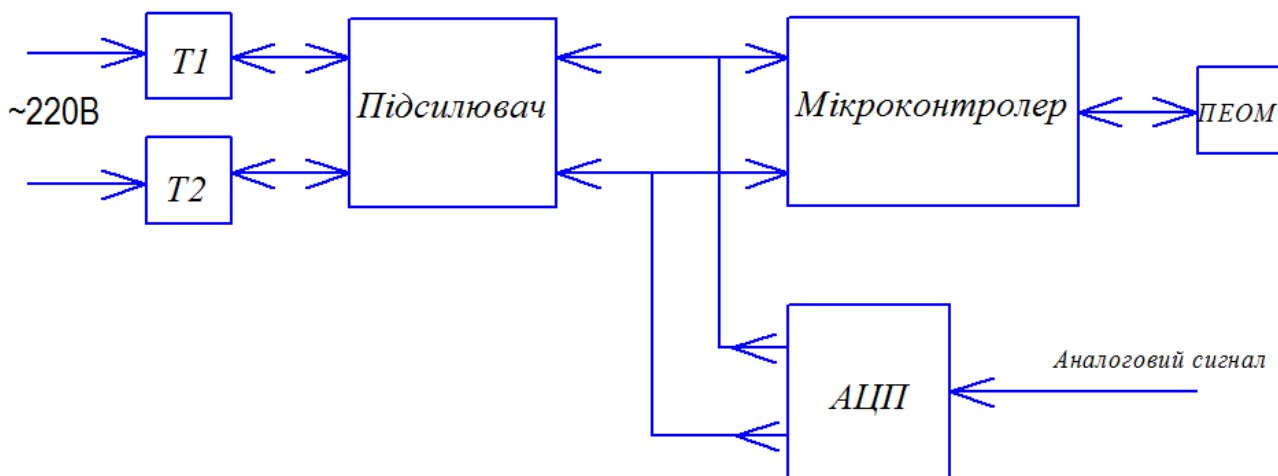


Рисунок 1.21 – Структурна схема блока

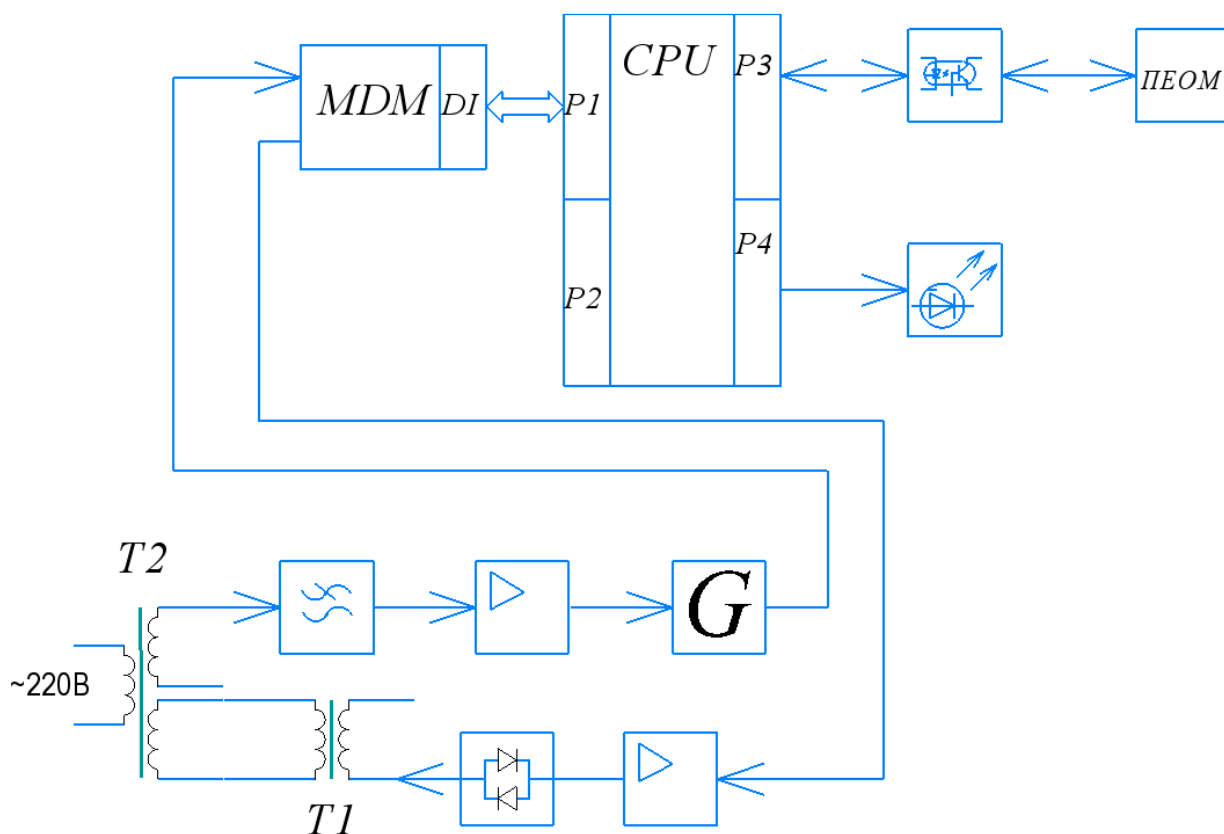


Рисунок 1.22 – Функціональна схема блока

1.4 Аналіз принципів побудови та проектування схеми електричної

Поширеною є технологія CEBus (Intellon SSC)

Intellon CEBus (Intellon SSC) розроблена компанією Intellon для домашньої мережі CEBus.

Використовується технологія шумоподібного сигналу, що передбачає передачу кожного біта даних у смузі частот 100-400 кГц. Швидкість передачі на порядок вища в порівнянні з технологією X-10. Фірма Intellon реалізує Power Line Evaluation Kit.

Технології LonWorks та LonTalk

LonWorks розроблена американською корпорацією Echelon для розподілених мереж. Основа технології LonWorks протокол LonTalk обміну інформацією. Кожен вузол мережі містить мікропроцесор, який реалізує функції даного протоколу.

LonTalk - протокол, що дозволяє здійснювати надійну передачу даних через різні фізичні середовища. Для середовища кожного типу розроблені трансивери, що підтримують роботу мережі при різних довжинах каналів, швидкостях передачі та мережевих топологіях. Зовнішній вигляд приладів, що працюють за протоколом LonTalk, наведено на рис. 1.23.

					СВВ 2.893.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		35



Рисунок 1.23 – Зовнішній вигляд приладів, що працюють за протоколом LonTalk

Adaptive Networks випускає ряд пристроїв, що підтримують передачу даних по будь-яким видам електропроводки. Ефективна швидкість передачі 115 кбіт/с. Її особливостями є виняткова надійність і адаптивність (ймовірність помилки 10^{-9}), шумоподібний сигнал, можливість використання ПЗ для виті пари.

Технологія PLC та апарати DPL 1000.

DPL 1000, дозволяє передавати дані по електромережам зі швидкістю до 1 Мбіт/с, розроблена компанією NOR.WEB. DPL 1000 це революція в передачі даних по електричних лініях. У Європі на сьогоднішній день тестуються пробні підключення за технологією DPL 1000.

PLC технологія передачі даних по електромережах і коаксіальних мережах. Використовується шумоподібний сигнал в діапазоні від 2 до 34 мГц. Причому можна вирізати частину піднесучої частини сигналу, якщо вона заважає іншим мережам. Система сама адаптується до зашумленості і навантаження електромережі. Швидкість передачі до 200Мбіт/с при дистанції між пристроями до 0,3км.

Технологія - нова телекомунікаційна технологія, що базується на використанні силових електромереж при інформаційному обміні. Експерименти з передачі даних по електромережі велися досить давно, але низька швидкість передачі і слабка завадозахищеність були найбільшим недоліком такої технології. Але прогрес не стоїть на місці, і поява більш потужних DSP-процесорів (цифрові сигнальні процесори) дала можливість використовувати більш складні методи перетворення сигналу, такі як OFDM модуляція, що дозволило значно просунутися вперед у реалізації технології PLC.

На даний момент пропонується великий вибір обладнання для створення локальних мереж за технологією PLC. Наприклад, виробництва компанії PLANET's powerline communication, яке працює з PLC стандартом HomePlug1.0 specification, де визначена швидкість обміну даними до 14 Мб/сек. Продукт носить назву PL-401 E і являє собою міст з одним PLC-портом, і світч з чотирма LAN-портами.

Вхідний сигнал з електромережі подається на роз'єм X1, а з нього через фільтр C11R1 на первинну обмотку узгоджуючого мережевого трансформатора T2. З вторинної обмотки цей сигнал надходить на смуговий фільтр, резонансна частота якого рівна частоті несучого коливання вхідного модульованого сигналу. Далі сигнал надходить на первинну обмотку узгоджуючого трансформатора T1, а далі на елементи обмеження по амплітуді, виконані на діодах VD1, VD2, що виконують функцію захисту наступних кіл від стрибків напруги в електромережі. Далі сигнал йде на ОП DA5 та на вхід модема DD1. Далі з відповідних виходів цифровий двійковий сигнал йде на мікроконтролер DD3, переводиться в необхідну форму для подачі на Comport комп'ютера.

На елементах VT4, H3 та R16, R18 виконано кола індикації процесу приймання сигналу, що реалізуються керуванням з мікроконтролера.

					СВВ 2.893.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		37

На елементах DA4,R20,R31,R33 виконано гальванічну розв'язку, через яку сигнал з Comport надходить на мікроконтролер. Дальше сигнал знову надходить на модем DD1, на ОП DA5 а дальше на ГКН, що формує послідовності прямокутних імпульсів, та виконаний на мікросхемі DD2. Резистори R22,R25,R27 є елементами обв'язки ОП DA5.

Резистор R9 призначений для задання частоти генератора в першому наближенні на рівні 95кГц. Цей сигнал комутує транзистор VT1, який комутує обмотку трансформатора T2. Через цей трансформатор модульований сигнал надходить знову в електромережу.

На елементах VT3, H2 та R15, R17 виконано кола індикації процесу передавання сигналу, що реалізуються керуванням з мікроконтролера.

DD4 виконує роль АЦП для можливості окремої роботи з підсиленими мікросхемою DA3 аналоговими сигналами.

1.5 Аналіз схеми електричної

Проведемо розрахунки елементів індикації. Як для індикації процесу прийому так і передачі сигналів застосовано аналогічні кола у вигляді світло діодів, які комутуються до кіл живлення з допомогою транзисторних ключів із струмообмежуючими резисторами. Це елементи VT4, H3 та R23, R24 та елементи VT3, H2 та R19, R23.

Схема одного із кіл індикації наведена на рис. 1.24.

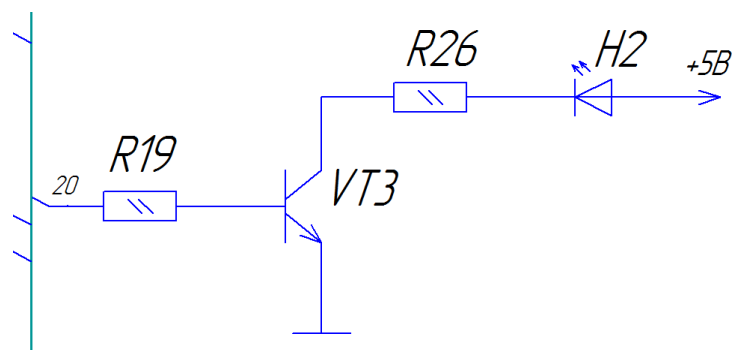


Рисунок 1.24 – Коло індикації режиму передавання сигналів

						СВВ 2.893.001 ПЗ	Арк
							38
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат			

Нехай максимальний прямий струм світлодіода становить 5мА при падінні напруги на ньому 2В. На транзисторі має падати 0,4 В. Тоді опір резистора R23 можна знайти з виразу:

$$R_{23} = \frac{U_{жс} - U_{\text{світлодіода}} - U_{VT3}}{I_{\text{світлодіода}}} \quad (1.1)$$

Таким чином:

$$R_{23} = \frac{5В - 2В - 0,4В}{0,01А} = 2600\Omega$$

Використаємо резистор R23 з опором 270 Ом.

Для обчислення номінального значення резистора R19, що задає струм бази транзистора VT3 знайдемо струм бази:

$$I_{бVT3} = \frac{I_{кVT3}}{\beta_{VT3}}, \quad (1.2)$$

Струм колектора буде рівний:

$$I_{кVT3} = I_{\text{світлодіода}} = 10 \text{ мА}$$

Тоді

$$I_{бVT3} = \frac{0,010А}{600} = 16,6 \text{ мкА}$$

					СВВ 2.893.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		39

Подвоївши струм бази для забезпечення точного вмикання транзистора знайдемо опір резистора R19:

$$R_{19} = \frac{U_{ВНХ.МК}}{I_{бVT3}}, \quad (1.3)$$

Тоді:

$$R_{19} = \frac{3}{33,2 \cdot 10^{-6}} = 90,4 \text{ кОм};$$

Нехай опір резистора R19 стаовитиме 91 кОм.

На елементах DA4, R21, R25, R27, VT5 виконано формувач сигналу (рис. 1.25). Розрахуємо номінали його елементів.

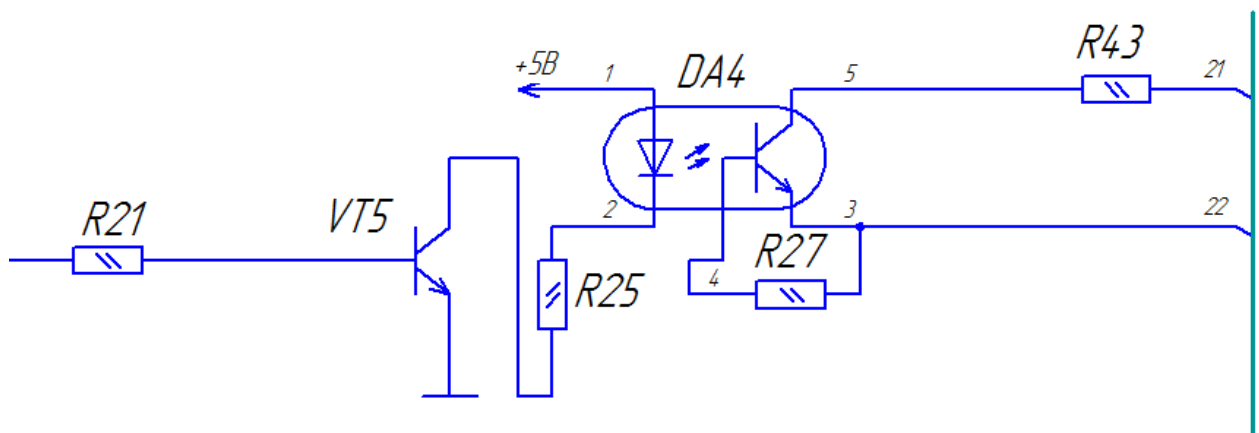


Рисунок 1.25 – Формувач

Використаємо оптопару АОТ128Б із максимальним прямим струмом світло діода порядку 10мА та падінні напруги на VT5 рівному 0,4 В. Тоді:

$$R_{25} = \frac{U_{ж} - U_{\text{світлодіода}} - U_{VT5}}{I_{\text{світлодіода}}}, \quad (1.4)$$

Або:

$$R_{25} = \frac{5B - 2B - 0.4B}{0.10A}$$

Проведемо розрахунки аналогічно до розрахунків вузлів індикації:

$$I_{\delta V} = \frac{I_{K.VT5}}{\beta_{VT5}}, \quad (1.5)$$

$$I_{\delta VT5} = \frac{0,010A}{600} = 16,6 \text{ мкА}$$

$$R_{21} = \frac{U_{\text{ВІЛХ.МК}}}{I_{\delta VT5}}, \quad (1.6)$$

$$R_{21} = \frac{3}{33,2 \cdot 10^{-6}} = 90,4 \text{ кОм};$$

Виберемо опір резистора R21 рівним 91 кОм. Також приймемо опір R27 рівним 100кОм.

					СВВ 2.893.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		41

1.6 Вибір електрорадіокомпонентів

Щоб підібрати елементи до схеми приладу потрібно знати параметри, характеристики, габаритні розміри і масу радіоелементів. Сучасні радіоелементи повинні відповідати таким вимогам:

- висока надійність;
- малі габаритні розміри і маса;
- малий струм споживання;
- тривалий час зберігати свої параметри;
- бути дешевими;
- піддаватися автоматизації під час монтажу.

Для даного приладу було вибрано наступні компоненти з врахуванням економічності, універсальності, мініатюризації та простоти:

Із великого ряду резисторів мною було вибрано С2-23 тому що вони по своїм параметрам потужності, габаритним розмірам, напрацюванні, робочій температурі підходять мені, вони є зараз найбільш поширеними і дешевші ніж аналоги з аналогічними параметрами.

С2-23-0,125 – резистори недротяні з металоелектричним шаром

СПЗ-19А1 – резистори недротяні підстроєчні одинарні однооборотні без вимикача з круговим переміщенням рухливої системи.

К10-17 – конденсатори постійної ємності керамічні.

К50-35 – конденсатори постійної ємності електролітичні.

Стабілітрони типу КС156А. Їхні основні параметри приведені в таблиці 1.1.

					СВВ 2.893.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		42

Таблиця 1.1 – Основні параметри стабілітронів типу КС156А

№ п/п	Параметр	Значення	Одиниці вимірювання
1.	Напруга стабілізації	5,6	В
2.	Розкид напруги стабілізації	10	%
3.	Струм стабілізації	3...55	мА
4.	Максимально допустимий прямий струм	50	мА
5.	Диференційний опір	46	Ом
6.	Температурний коефіцієнт напруги стабілізації	$\pm 0,05$	%/°C
7.	Максимально допустима розсіююча потужність	0,3	Вт
8.	Інтервал робочих температур	-60...+100	°C

КД522Б – діоди кремнієві імпульсні

Транзистори КТ315Г. Основні параметри даного типу транзисторів приведено в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Параметри КТ315Г

№ п/п	Параметри	Познач.	Значення	Одиниці вимірювання
1.	Зворотній струм колектора при $U_{КБ,В^*}$	$I_{КБ0}$	1/10	мкА
2.	Напруга колектора	U_K	10	В
3.	Струм колектора	I_K	1	А
4.	Коефіцієнт передачі струму	h_{21E}	50...350	
5.	Гранична частота коефіцієнта передачі струму	$f_{гр}$	250	МГц
6.	Ємність колекторного переходу	C_K	7	пФ
Максимально допустимі параметри:				
7.	Постійна напруга К – Е	$U_{КЕmax}$	25	В
8.	Постійний струм колектора	$I_{Кmax}$	100	мА
9.	Потужність розсіювання з тепловідводом	P_{maxT}	0,15	Вт
10	Температура навколишнього середовища	$T_{н.с.}$	+100-55	°C

КТ3102Б структури n-p-n. Транзистори кремнієві епітаксіально-планарні.

Оскільки, на нашому ринку найбільш поширеними є мікроконтролери фірми Atmel, то я вибираю мікроконтролер AT89S8252. Вибір саме цього мікроконтролера зумовлений тим, що він має електрично незалежну перепрограмовану пам'ять (EEPROM) для можливості збереження параметрів настройки.

В структуру мікросхеми входять: 8-розрядний арифметико-логічний прилад; 4 банка регістрів по 8 в кожному; булевий процесор; 8 Кбайт пам'яті програм, яку можна електрично перепрограмовувати до 1000 разів; 2 Кбайта внутрішньої EEPROM; 256 байт внутрішньої оперативної пам'яті; 4 8-розрядних порта вводу/виводу; 3 16-бітні таймера/лічильника; 9 векторів переривань; програмований універсальний асинхронний прийомопередавач (УАПП); послідовний периферійний інтерфейс (SPI); програмований монітор зависання мікроконтролера (Watchdog); 2 вказівника даних. Мікроконтролер має два режими мікроспоживання: режим холостого ходу, коли центральний процесорний прилад виключається, але всі інші пристрої продовжують роботу, і економічний режим, коли зупиняється зовнішній генератор тактової частоти. З холостого режиму мікроконтролер може вивести будь-яке переривання (зовнішнє або внутрішнє), якщо воно дозволене. З економічного режиму мікроконтролер може вивести лише таймер Watchdog. Мікроконтролер може працювати на тактових частотах до 24 МГц при напрузі живлення від 4 до 6В. Його умовне графічне зображення приведено на рис. 1.26

					СВВ 2.893.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		44

39	P0.0	CP	P1.0	1
38	P0.1		P1.1	2
37	P0.2		P1.2	3
36	P0.3		P1.3	4
35	P0.4		P1.4	5
34	P0.5		P1.5	6
33	P0.6		P1.6	7
32	P0.7		P1.7	8
21	P2.0	AT89S8252	P3.0	10
22	P2.1		P3.1	11
23	P2.2		P3.2	12
24	P2.3		P3.3	13
25	P2.4		P3.4	14
26	P2.5		P3.5	15
27	P2.6		P3.6	16
28	P2.7	P3.7	17	
29	PME	Q1	Q2	19
30	ALE		Q2	18
9	RST	Ucc	GND	40
31	DEM		GND	20

Рисунок 1.26 – Умовне графічне позначення мікросхеми AT89S8252

Призначення виводів мікроконтролера приведені в таблиці 1.5.

Таблиця 1.3 – Призначення виводів мікросхеми AT89S8252

Позначення виводу	Номер контакту	Призначення виводу
1	2	3
P0.0 – P0.7	39 – 32	Порт 0 – двонаправлений порт вводу/виводу. При роботі з зовнішньою пам'яттю програм або даних через цей порт виводиться молодший байт адреси і приймається байт даних
P1.0 – P1.7	1 – 8	Порт 1 – двонаправлений порт вводу/виводу
P2.0 – P2.7	21 – 28	Порт 2 – двонаправлений порт вводу/виводу. При роботі з зовнішньою пам'яттю програм або даних через цей порт виводиться старший байт адреси
P3.0 – P3.7	10 – 17	Порт 3 – двонаправлений порт вводу/виводу. Лінії порта мають альтернативні функції: P3.0 (P3.1)– вхід (вихід) УАПП RxD (TxD); P3.2 (P3.3)– вхід зовнішнього переривання INT0 (INT1); P3.4 (P3.5) – вхід лічильника 0 (1), P3.6 (P3.7) – вихід сигналу запису (читання) у зовнішню пам'ять (із зовнішньої пам'яті) даних
PME	29	Вхід дозволу програмування мікросхеми
ALE	30	Вихід
RST	9	Вхід перезапуску мікросхеми
DEM	31	Вхід дозволу використання зовнішньої пам'яті даних
Q1	19	Вхід тактового генератора
Q2	18	Вихід тактового генератора
Ucc	40	Живлення мікросхеми
GND	20	Загальний вивід

Транзисторну оптопару АОТ128В вибрано з такими параметрами:

- число каналів – 1;
- напруга випромінювання – 1500 В;
- опір випромінювання – 100 ГОм;
- вхідний струм – 40 мА;
- вихідний струм – 16 мА;
- вхідна напруга – 16 В;
- вихідна напруга – 0,4 В;
- діапазон робочих температур: від -45°C до $+85^{\circ}\text{C}$;

FX919 – інтелектуальний модем, який здійснює перетворення даних, які отримуються від мікроконтролера. Вони добавляють коди знаходження і виправлення одиночних помилок (FEC), знаходження помилок в блоках даних (CRC), проводять перемеження даних (захист від пакетних помилок)

ADM660 – “Інвертор” напруги. Максимальний вихідний струм 100мА, можливість роботи при напругах від +1,5В до +7В. Падіння напруги на виході 0,3В при струмі навантаження 30мА.

Для організації вузла вводу даних (клавіатури) вибираю кнопки типу КМ-150. Вони мають оптимальні розміри і не вимагають використання додаткових конструктивних рішень.

Для індикації я вибрав світло діоди АЛ307БМ:

- колір – червлений;
- мінімальна довжина світлової хвилі – 650 нм;
- максимальна довжина світлової хвилі – 675 нм;
- струм пропускання 10 мА
- діапазон робочих температур: від -60°C до $+85^{\circ}\text{C}$;
- мінімальна наробка: 40000 год;
- маса: не більше 0,05 г

В якості АЦП вибрано мікросхему AD571 – функціонально закінчений 10-розрядний АЦП, з'єднаний з мікропроцесором.

					СВВ 2.893.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		46

Забезпечує перетворення як однополярної напруги у діапазоні 0 ... 9,95 В, так і біполярної напруги в діапазоні -4,975 ... +4,975 В в двійковий код.

1.7 Опис і розробка друкованого монтажу блока

Загальні вимоги до розробки друкованого монтажу. У дизайні друкованих плат краще не перевищувати рівень технології серійного виробництва виробників. В іншому випадку друковані плати можуть бути непридатні для обробки або передбачати пов'язані з цим високі витрати.

Ідеальними розмірами для виробництва є: ширина (200мм-250мм), довжина (250мм-350мм). Для друкованої плати довжиною менше 125 мм або шириною менше 100 мм можна використовувати метод панелі, щоб трансформувати розміри друкованої плати до ідеальних значень відповідно до вимог виробництва. Це полегшує вставлення компонентів і паяння.

Форма друкованої плати прямокутна. Якщо друкована плата не потребує панелі, чотири кути пластини мають бути округлені (рис. 1.27). Якщо потрібна панель, чотири кути друкованої плати повинні бути закруглені після панелі радіусом 1-2 мм.

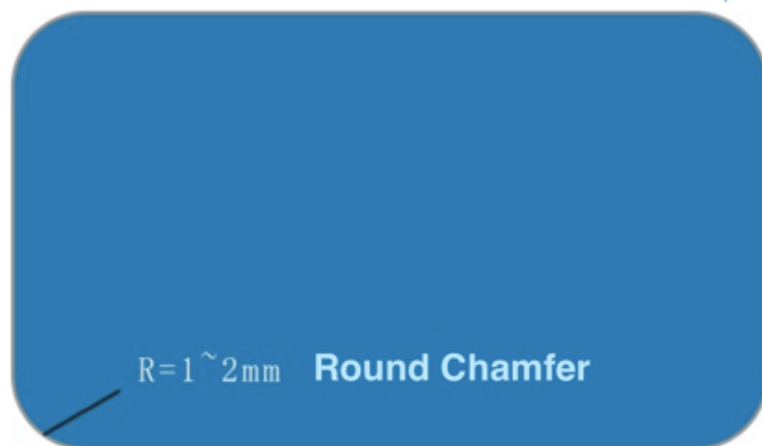


Рисунок 1.27 – Схема форми друкованої плати

					СВВ 2.893.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		47

Для забезпечення стабільності в процесі передачі використовується метод пеналізації для трансформації друкованих плат неправильної форми. Зокрема, зазор на куті необхідно доповнити (рис. 1.28). В іншому випадку потрібна спеціальна конструкція інструменту.

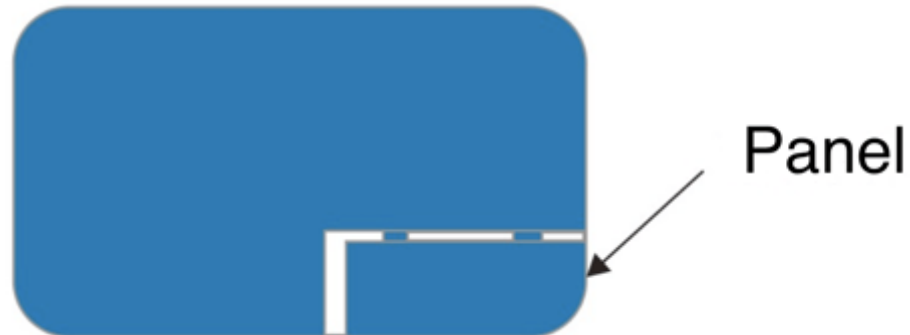


Рисунок 1.28 – Схема технологічної панелі

Щоб забезпечити стабільне перенесення на друковану плату кіл, будь-який проміжок при повністю SMT технології повинен мати довжину меншу, ніж $1/3$ відповідного краю (рис. 1.29).

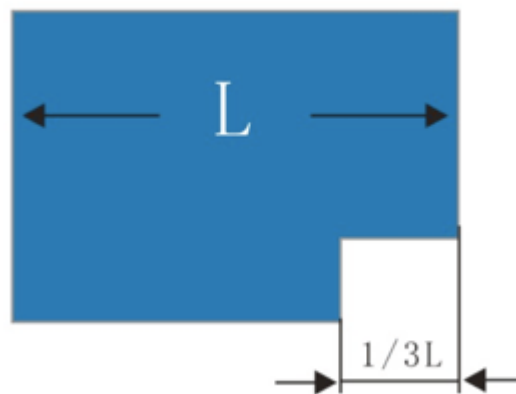


Рисунок 1.29 – Дозволений розмір зазору

На рис. 1.30 показано вимоги до дизайну золочених виводів: фаски розроблені на кромці вставки відповідно до вимог; $(1-1,5) \times 45^\circ$ фаски або $(R1-R1,5)$ круглі валики повинні бути розроблені на двох сторонах вставної пластини для полегшення наступного вставлення.

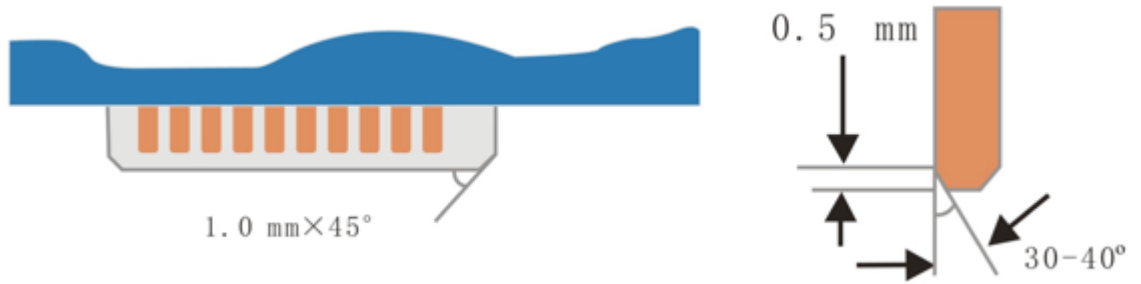


Рисунок 1.30 – Дизайн фаски золочених виводів

Для друкованої плати без технологічного краю, області, які знаходяться на відстані 5 мм або більше ніж 5 мм від країв плати, не можуть мати жодних компонентів або місць пайки; а розташування провідників має бути принаймні на відстані 3 мм від країв плати. Якщо використовується пайка з короткою хвилею, плата має відповідати вимогам щодо ширини загальних країв перенесення, а висота компонентів на відстані 10 мм від країв плати має бути обмежена до 40 мм (враховуючи товщину плати), з огляду на характеристики ванн з короткою вставною хвилею (рис. 1.31).

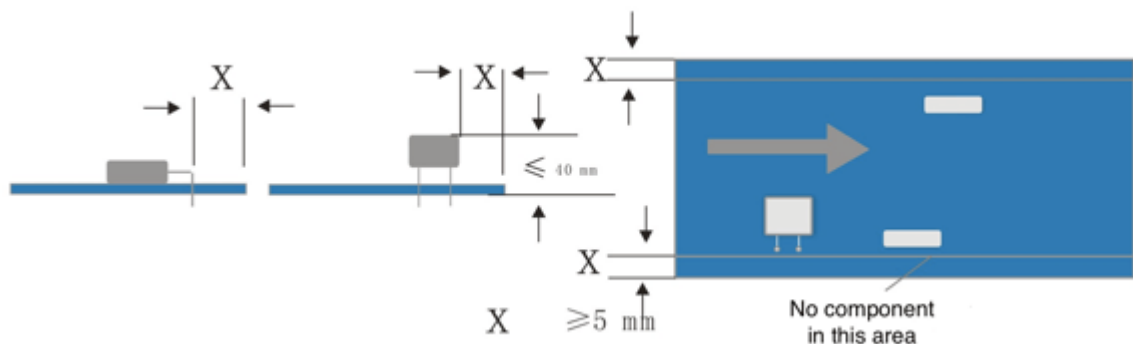


Рисунок 1.31 – Принципова діаграма краю передачі друкованої плати

Якщо розмір захисної зони на краю друкованої плати не відповідає вищевказаним вимогам, до відповідного краю плати необхідно додати оброблений край 5 мм або більше. Радіус згладжування обробленої кромки становить 2 мм (рис. 1.32).

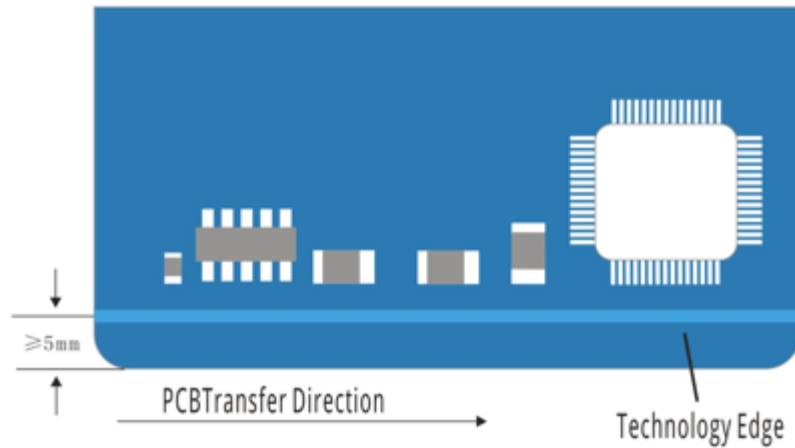


Рисунок 1.32 – Вимога до проектування 1 PCB Technology Edge

Щоб відповідати особливим вимогам структурного проектування, якщо компонент виступає з краю друкованої плати, ширина допоміжного краю має відповідати вимогам, показаним на рис. 1.33.

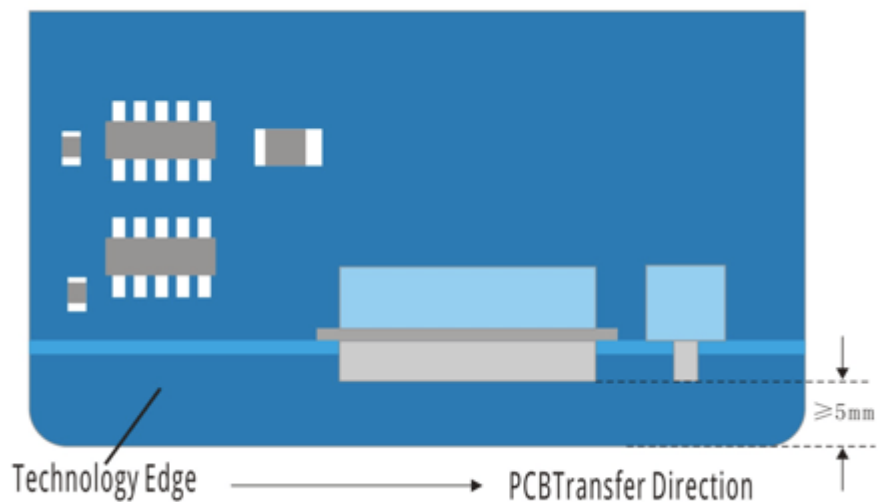


Рисунок 1.33 – Вимога до проектування

Орієнтовні позначки необхідні для розміщення обладнання, яке приймає оптичні локації. Вони використовуються для загального автоматичного визначення місця монтажу мікросхем і повинні мати високі коефіцієнти контрастності при освітленні монтажником мікросхем.

Вимоги до оформлення зовнішнього вигляду реперів такі:

1. Суцільне коло;
2. Внутрішній діаметр = 1 мм;
3. Кільцеподібний радіус паяльної маски становить 0,5 мм (рис. 1.34).



Рисунок 1.34 – Схематичний вигляд контрольної позначки

Реперні позначки в основному наносяться на панелі, пластини та локальні позиції (рис. 1.35).

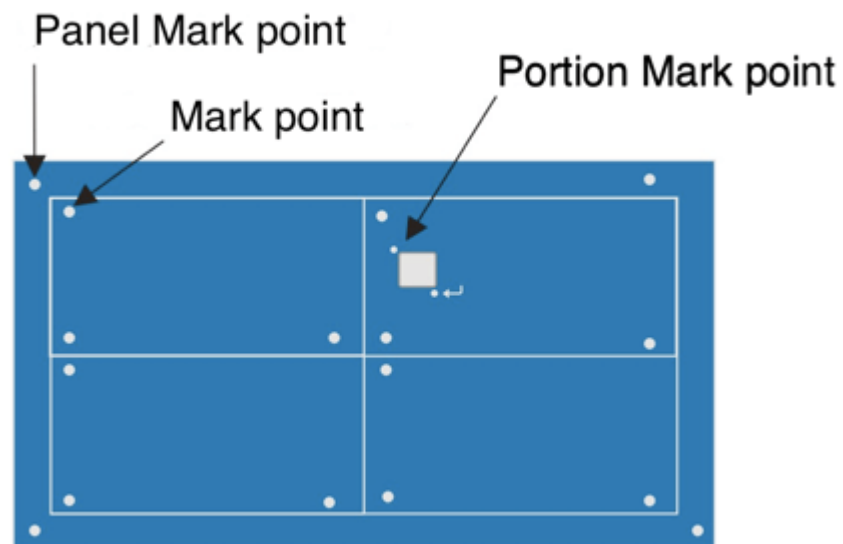


Рисунок 1.35 – Нанесення реперних позначок

З чотирьох кутів плати необхідно вибрати три допоміжні. Якщо обидві поверхні плати мають розміщені компоненти, кожна поверхня повинна мати вихідну позначку (рис. 1.36).

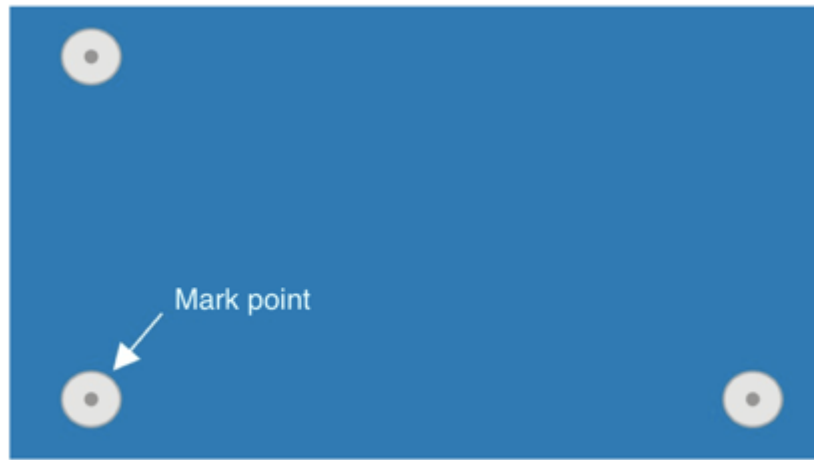


Рисунок 1.36 – Розташування контрольної позначки на платі

Крок свинцевого шару менше 0,4 мм. Для пакувальних чіпів QFP з більш ніж 144 провідними контактами потрібно збільшити дві позначки в протилежних кутах чіпа. Якщо вищезазначені компоненти розташовані близько (з відстанями менше 100 мм), їх можна розглядати як єдине ціле, а дві локальні реперні точки потрібно збільшити по діагоналі (рис. 1.37).

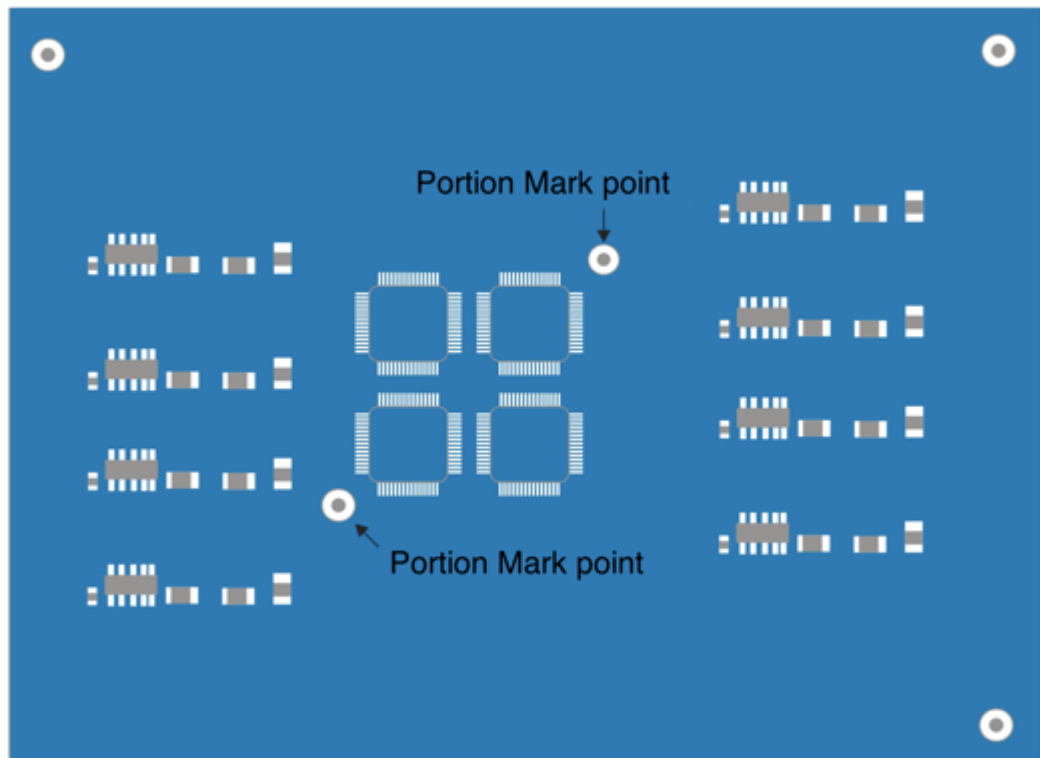


Рисунок 1.37 – Локальна позиція реперних позначок

Відповідно до наведених вимог та вимог стандартів було проведено розробку рисунка друкованої плати та виконано компонування друкованого вузла. Їхні креслення наведені в додатках.

1.8 Висновок до розділу 1

В основній частині проведено аналіз завдання, огляд технології PLC, аналіз принципу роботи мережі-прототипа та вибір власних рішень, аналіз принципів побудови та проектування схеми електричної, аналіз схеми електричної, вибір електрорадіокомпонентів, опис і розробку друкованого монтажу блока.

2 Безпека життєдіяльності, основи охорони праці

2.1 Основні вимоги до побудови і функціонування системи управління охороною праці

Забезпечення функціонування та побудова системи управління охороною праці (СУОП) в організації. Положення про СУОП, структура та зміст його розділів.

В Україні функціонує багаторівнева СУОП, функціональними ланками якої є відповідні структури державної законодавчої і виконавчої влади різних рівнів, управлінські структури підприємств і організацій, трудових колективів.

Залежно від спрямування вирішуваних завдань всі ланки СУОП можна розділити на дві групи:

- ланки, що забезпечують вирішення законодавчо-нормативних, науково-технічних, соціально-економічних та інших загальних питань охорони праці;
- ланки, до функціональних обов'язків яких входить забезпечення безпеки праці в умовах конкретних організацій, підприємств.

До першої групи належать органи державної законодавчої ініціативи та органи державного управління охороною праці:

- Верховна Рада України;
- Кабінет Міністрів України;
- Державна служба гірничого нагляду та промислової безпеки України (Держгірпромнагляд України);
- міністерства та інші центральні органи державної виконавчої влади;
- Фонд соціального страхування від нещасних випадків і профзахворювань;
- місцева державна адміністрація, органи місцевого самоврядування.

					СВВ 2.893.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		54

Верховна Рада України зі своєї ініціативи у взаємодії з відповідними структурами державної виконавчої влади визначає державну політику в сфері охорони праці, вирішує питання щодо удосконалення і розвитку законодавчої бази охорони праці, соціальні питання, пов'язані зі станом умов і охорони праці.

Кабінет Міністрів України забезпечує реалізацію державної політики в сфері охорони праці, виходячи із стану охорони праці в державі, організує розробку загальнодержавних програм відповідно до поліпшення цього стану, затверджує ці програми і контролює їх виконання, визначає функції органів виконавчої влади щодо вирішення питань охорони праці і нагляду за охороною праці.

Для вирішення цих питань при Кабінеті Міністрів України функціонує Національна рада з питань безпечної життєдіяльності населення, яку очолює віце-прем'єр-міністр України.

Держгірпромнагляд України здійснює комплексне управління охороною праці на державному рівні, реалізує державну політику в цій сфері, розробляє за участі відповідних органів державної програми в сфері охорони праці, координує роботу державних органів і об'єднань підприємств із питань безпеки праці, розробляє і переглядає разом з компетентними органами систему показників і обліку умов і безпеки праці, здійснює міжнародне співробітництво з питань охорони праці і нагляд за охороною праці в державі тощо.

Рішення Держгірпромнагляду України, що відносяться до її компетенції, обов'язкові для виконання всіма міністерствами, іншими центральними органами державної виконавчої влади, місцевими державними адміністраціями, місцевими радами народних депутатів і підприємствами.

Фонд соціального страхування від нещасних випадків здійснює профілактику нещасних випадків і профзахворювань, а також координацію всієї страхової діяльності, пов'язаної з охороною праці.

					СВВ 2.893.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		55

Міністерство праці і соціальної політики України здійснює також державну експертизу умов праці, визначає порядок і здійснює контроль за якістю проведення атестації робочих місць згідно з їх відповідністю нормативним актам про охорону праці, бере участь у розробці нормативних документів про охорону праці.

Інші міністерства і центральні органи державної виконавчої влади як ланки системи управління охороною праці визначають науково-технічну політику галузі з питань охорони праці, розробляють і реалізують комплексні заходи щодо поліпшення безпеки праці, здійснюють методичне керівництво діяльністю підприємств галузі з охорони праці, співробітничать з галузевими профспілками щодо вирішення питань безпеки праці, організовують у встановленому порядку навчання і перевірку знань правил і норм охорони праці керівниками і фахівцями галузі, створюють, у разі необхідності, професійні воєнізовані аварійно-рятувальні формування, здійснюють внутрішній контроль за станом охорони праці.

Для забезпечення виконання перелічених функцій в апаратах міністерств і інших центральних органів державної виконавчої влади створюються служби охорони праці.

Місцеві державні адміністрації й органи місцевого самоврядування в межах підвідомчої їм території забезпечують реалізацію державної політики в сфері охорони праці, формують за участі профспілок місцеві програми заходів щодо поліпшення безпеки, гігієни праці і виробничого середовища, здійснюють контроль за дотриманням нормативних актів про охорону праці. Для забезпечення виконання названих функцій при місцевих органах державної виконавчої влади створюються відповідні структурні підрозділи.

Управлінські структури підприємств забезпечують в умовах конкретних виробництв реалізацію вимог законодавчих і нормативних актів про охорону праці з метою створення безпечних і нешкідливих умов праці, попередження виробничого травматизму і професійних захворювань, вирішують весь

					СВВ 2.893.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		56

комплекс питань з охорони праці, пов'язаних з даним виробництвом. У своїй діяльності стосовно охорони праці управлінські структури підприємств взаємодіють з комісією з питань охорони праці підприємства (за наявності такої), з профспілками підприємства та уповноваженими трудових колективів.

СУОП в умовах конкретної організації, на конкретному об'єкті завжди є багаторівневою системою управління, у якій верхнім рівнем є державне управління, а нижнім - управління охороною праці на конкретному об'єкті. Як проміжні рівні управління можуть виступати відомче, регіональне управління, а також управління в об'єднанні, тресті тощо.

Слід зазначити, що вихідні параметри СУОП визначаються, виходячи з вимог норм, правил, проектної документації, аналізу фактичного стану виробничої ситуації і ряду факторів виробничого середовища, тому СУОП варто віднести до категорії звичайних, багатоконтурних систем, які піддаються програмуванню. Багатоконтурність систем управління в даному випадку пояснюється складністю об'єкта управління, його великою інерційністю, складністю і інерційністю реалізації управлінських впливів.

Правовою основою СУОП є: Конституція України, Кодекс законів про працю України, Закони України «Про охорону праці» і «Про загальнообов'язкове державне соціальне страхування від нещасного випадку на виробництві і професійного захворювання, які спричинили втрату працездатності», накази і розпорядження Президента України, розпорядження і постанови Кабінету Міністрів, Держгірпромнагляд, Міністерства охорони здоров'я, Міністерства праці і соціальної політики, а також інших директивних органів України з питань охорони праці (органи Державного управління охороною праці).

Позитивна дія впровадження систем управління охороною праці (СУОП) на рівні організації як на зниження небезпек і ризиків, так і на продуктивність, нині визнана урядами, роботодавцями і працівниками.

					СВВ 2.893.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		57

2.2 Надзвичайні екологічні ситуації та екологічний ризик

Особливу роль у житті людини відіграють надзвичайні ситуації, що виникають під час стихійних лих або техногенних катастроф. Разом із соціальними та економічними збитками надзвичайні ситуації завдають також екологічної шкоди, що відображається в руйнуванні й деградації природних систем, забрудненні повітря, водойм і ґрунтів. У результаті виникають надзвичайні екологічні ситуації. Надзвичайні екологічні ситуації — ті ситуації, що виникають унаслідок раптових природних лих або техногенних аварій і супроводжуються великими збитками. Характерними особливостями цих ситуацій є велика гострота прояву, значні відхилення показників навколишнього середовища від норми (перевищення граничнодопустимих концентрацій (ГДК) забруднювальних речовин у сотні, тисячі й навіть десятки тисяч разів); ураганні швидкості вітру; затоплення селітебних територій (населених пунктів); виникнення катастрофічних селевих потоків та ін.

Звичайно, такі відхилення тривають недовго — години, дні, десятки днів, іноді більше. Потім ступінь гостроти екологічного стану зменшується, хоча може залишатися досить високим. Отже, поняття надзвичайна екологічна ситуація та катастрофічна екологічна ситуація розрізняються тим, що перша триває порівняно недовго, але настає раптово та характеризується виключно високими відхиленнями стану навколишнього середовища від норми, а друга — досить тривала (як правило, роки), але має меншу гостроту прояву.

Надзвичайна ситуація за певних обставин може перетворитися на катастрофічну. Наприклад, ситуація у Чорнобильській зоні. Протягом майже місяця радіаційна обстановка в Чорнобилі була надзвичайною. Після спорудження саркофага викиди радіоактивних елементів різко зменшилися, але забруднення до того часу охопило великі території. Таке високе радіаційне забруднення продовжується вже понад два десятиріччя. За оцінкою спеціалістів, екологічна ситуація в Чорнобильській зоні є катастрофічною.

					СВВ 2.893.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		58

Таким чином, надзвичайні екологічні ситуації відображаються у порушенні нормального функціонування природних і природно-антропогенних систем, пов'язаних із раптовими природними або техногенними впливами (стихійні лиха, катастрофи, аварії), що супроводжуються соціальними, економічними та екологічними збитками і потребують для ліквідації особливих управлінських рішень (рис. 1.2). Збитки виявляються у загибелі та пораненні людей, погіршенні їх здоров'я, руйнуванні матеріальних об'єктів, структури природних і природно-антропогенних систем, втраті їх природно-ресурсного і екологічного потенціалу. Довготривала надзвичайна ситуація зумовлює формування зони екологічної катастрофи або екологічного лиха.

Надзвичайні екологічні ситуації виникають унаслідок дії трьох основних груп факторів:

- свідомого руйнування природного середовища, походження техніки, погіршення становища економічних об'єктів під час війн і диверсійних актів;
- руйнівних катастроф, які виникають у зв'язку з некомпетентними та помилковими технічними рішеннями (наприклад, Чорнобильська аварія);
- природних стихійних явищ. Той факт, що різко збільшилися їх частота та інтенсивність в останні десятиріччя, спеціалісти пов'язують з антропогенною стимуляцією, що спричинює посилення відхилень природних процесів від нормального рівня коливань.

Економічні збитки, завдані у зв'язку з несприятливими і небезпечними природними процесами та явищами, значно збільшилися. За деякими оцінками, вони зростають швидше, ніж показники світового валового продукту, тобто може бути досягнута межа просторового і технологічного розвитку виробництва за його здатністю компенсувати збитки, які збільшуються, від несприятливих і небезпечних явищ. Первинні процеси, що виникають у природному середовищі внаслідок цих факторів, посилюватимуться або послаблюватимуться залежно від природної

					СВВ 2.893.001 ПЗ	Арк
						59
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		

обстановки (стійкість ландшафтів, погодні умови, фаза коливань екосистеми тощо) і соціально-економічних умов (психологічна готовність і неготовність населення до ліквідації наслідків надзвичайної ситуації, технічна оснащеність спеціальних служб, економічні можливості та ін.). Таким чином, надзвичайні екологічні ситуації в більшості випадків мають комплексну природу.

Заходи щодо запобігання надзвичайним екологічним ситуаціям або подолання їх наслідків можна згрупувати у три класи:

- організаційні, серед яких розрізняють планувальні та оперативні;
- інженерно-технічні;
- технологічні.

Отже, заходи, спрямовані на запобігання надзвичайним екологічним ситуаціям та подолання їх можна поділити на два типи: заходи, спрямовані на зниження піддатливості об'єктів небезпечним впливам, і заходи, спрямовані на зниження чутливості об'єктів до небезпечних впливів. У першому випадку здійснюють заходи з метою зовнішнього захисту об'єктів, виключення тих чи інших територій з використання у виробничих цілях тощо. Зниження чутливості об'єктів до небезпечних впливів досягається, насамперед, за рахунок досконаліших технологій, шляхом регулювання технологічних режимів у зв'язку з природними циклами, створення системи дублювання об'єктів, інформаційних систем і систем швидкого реагування.

Основні функції щодо запобігання надзвичайним екологічним ситуаціям та подолання їх на державному рівні виконують міністерства з надзвичайних ситуацій.

Ризик — це об'єктивне поняття, він пов'язаний практично з будь-якою діяльністю людини. Уміння усвідомлювати ступінь ризику дає змогу людині оцінити власні можливості й вибрати напрями поведінки при цьому. Під сутністю терміна ризик розуміють імовірність, по-перше, будь-якої небезпечної події; по-друге, негативних наслідків від неї та обсягу очікуваних збитків. Одні ризики конкретні, інші — не мають такого визначення. Існують

					СВВ 2.893.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		60

професійні ризики (наприклад, небезпека професійних захворювань) і такі, яких зазнає все населення (екологічний, економічний, геологічний, політичний ризики).

Предметом нашого дослідження є екологічний ризик, чіткого визначення якого досі немає. М.Ф. Реймерс вважає, що це ймовірність наслідків будь-яких (специфічних або випадкових, поступових або катастрофічних) антропогенних змін природних об'єктів і факторів^{*22}. З екологічним ризиком пов'язані поняття екологічної безпеки і небезпеки. Ці альтернативні категорії стосуються населення як реципієнта дії навколишнього середовища за його відповідно несприятливого чи сприятливого статусу.

Екологічний ризик пов'язаний із такими групами факторів: 1) техногенними; 2) природними; 3) військовими; 4) соціально-економічними; 5) політичними; 6) тероризмом.

Техногенний екологічний ризик виникає у зв'язку з аваріями на ЛЕС, аваріями танкерів, на небезпечних хімічних виробництвах, під час руйнування гребель водосховищ тощо. Причинами аварій є інтенсивність технологічних процесів та зв'язків, висока концентрація виробництва, ресурсомісткість і багатовідходність технологій, погана оснащеність очисними й утилізаційними пристроями.

Природний екологічний ризик пов'язаний із ймовірністю вияву багатьох несприятливих природних явищ, таких як землетруси, вулканізм, селі, повені, цунамі та ін. Потрібно враховувати особливості геологічної будови (властивості гірських порід, наявність або відсутність розламів тощо), рельєфу (наприклад, посилення ризику забруднення в улоговинах), ландшафтів (ступінь їх стійкості до техногенних навантажень). Варто також зважати на сусідство цінних та унікальних природних об'єктів, території особливого режиму охорони. Екологічний ризик збільшується за високої густоти населення, а також залежить від характеру сприйняття населенням подій, що

					СВВ 2.893.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		61

відбуваються. Відомо, що катастрофічні наслідки аварій і стихійних природних явищ різко зростають у результаті психологічної неготовності населення до таких подій.

Особливу групу факторів виникнення екологічного ризику становлять воєнні дії, які зумовлюють різноманітні зміни навколишнього середовища та безпосередньо впливають на людину й інші суб'єкти. Екологічний ризик пов'язаний також із соціально-економічними факторами. Йдеться про ймовірність виникнення несприятливих екологічних ситуацій у разі прийняття рішень про будівництво тих чи інших небезпечних об'єктів у зв'язку з соціальною й економічною потребами такого будівництва. До цієї категорії належить будівництво багатьох АЕС, створення небезпечних хімічних виробництв, транспортних систем. У деяких випадках аналогічні рішення пов'язані з політичними факторами.

Нині є та розробляється велика кількість науково обґрунтованих постанов, нормативів, правил, державних стандартів, за якими регламентується господарська діяльність, встановлюються граничнодопустимі концентрації шкідливих і токсичних компонентів у ґрунтах, підземних і поверхневих водах тощо. На основі цих документів та екологічного законодавства в Україні розроблено систему заходів на державному, відомчих та об'єктних рівнях, що регламентують ведення екологічно безпечної господарської діяльності, будівництво різних споруд, межі забруднення природного середовища в рамках не лише окремих локальних систем, а й великих регіонів, держави в цілому. Такі заходи можна об'єднати у три основні групи — соціально-організаційні, оцінювально-прогнозні та технічні. Усі види заходів взаємопов'язані і є основою для організації безпечної життєдіяльності. Якщо їх правильно дотримуватися, можна не тільки зберегти стан навколишнього середовища, а й поліпшити його, уникнути екологічно небезпечних явищ і катастроф, зумовлених антропогенно-техногенною діяльністю.

					СВВ 2.893.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		62

2.3 Висновки до розділу

В розділі «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях» описано основні вимоги до побудови і функціонування системи управління охороною праці, а також надзвичайні екологічні ситуації та екологічний ризик.

					СВВ 2.893.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		63

Висновки

В роботі було здійснено схемотехнічне та конструкторське проектування блока перетворення сигналів для PLC мережі. Цей блок являє собою приймач-передавач аналогових сигналів по електромережі 220 В. В такий спосіб можна реалізувати технологію PLC для обміну даними без прокладання окремих кабельних мереж чи використання радіоканалу.

В роботі також було проаналізовано варіанти реалізації мереж PLC, принцип дії, основні можливості обладнання для PLC, спектри сигналу PLC, характеристика мереж PLC, технічні вимоги до побудови систем PLC, частотний діапазон систем PLC, рівень шуму та перешкоди провідності в мережах низької напруги тощо.

На основі аналізу існуючих протоколів та способів передачі даних по електромережам розроблено структурну і функціональну схему блоку, в основі яких лежить використання стандартного АЦП типу AD571 та мікроконтролера. Також реалізована гальванічна розв'язка від електромережі.

При схемотехнічному проектуванні була проведена розробка та розрахунок схеми електричної.

Також проведено розробку топології друкованої плати та компоновання друкованого вузла блока. При цьому враховано основні вимоги діючих стандартів та вимог до проектування друкованих плат.

					СВВ 2.893.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		64

Список використаних джерел

1. https://en.wikipedia.org/wiki/Power-line_communication
2. Stanley H. Horowitz; Arun G. Phadke (2008). Power system relaying third edition. John Wiley and Sons. pp. 64–65. ISBN 978-0-470-05712-4.
3. Dostert, K (1997). "Telecommunications over the Power Distribution Grid- Possibilities and Limitations" (PDF). Proc 1997 Internat. Symp. On Power Line Comms and Its Applications: 1–9.
4. Broadridge, R. (1989). Power line modems and networks. Second IEE National Conference on Telecommunications. London UK. pp. 294–296.
5. Микитишин А. Г., Митник М. М., Стухляк П. Д. Телекомунікаційні системи та мережі. Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2017. 384 с.
6. Яворський Б. І. Математичні основи радіоелектроніки. Частина I. Тернопіль: ТПІ імені Івана Пулюя. 1996. 184 с.
7. Драган Я.П., Яворський Б. І., Яворська Є. Б. Концепції і принципи побудови моделей для означення метрологічних характеристик ритміки кардіосигналів. Вісник нац. унів. “Львівська політехніка”: зб. наук. пр. Львів: Національний університет “Львівська політехніка”, 2002. № 443. С. 200-205.
8. Юзків А. В., Яворський Б. І. Математичне моделювання електроретинографічних сигналів. Вісник ТДТУ. Тернопіль, 1997. № 2. С. 40-45.
9. Дедів І.Ю., Сверстюк А.С., Дедів Л.Є., Дозорський В.Г., Хвостівський М.О. Математичне моделювання, методи та програмне забезпечення опрацювання дихальних шумів у комп'ютерних аускультативних діагностичних системах: наукова монографія. Львів: Видавництво «Магнолія - 2006», 2021. 126 с. ISBN 978-617-574-219-8.
10. Дедів Л.Є., Сверстюк А.С., Дедів І.Ю., Хвостівський М.О., Дозорський В.Г., Яворська Є.Б. Математичне та комп'ютерне моделювання

					СВВ 2.893.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		65

електрокардіосигналів у системах голтерівського моніторингу: наукова монографія. Львів: Видавництво «Магнолія - 2006», 2021. 120 с. ISBN 978-617-574-218-1.

11. Khvostivska L., Khvostivskyi M., Dunets V., Dediv I. (2023) Matematychnе, alhorytmichne ta prohramne zabezpechennia synfaznoho vyjavlennia radiosyhnaliv v elektronnykh komunikatsiinykh merezhakh iz zavadamy [Mathematical, algorithmic and software support of synphase detection of radio signals in electronic communication networks with noises]. Scientific Journal of TNTU (Tern.), vol. 111, no 3, pp. 48-57 [in Ukrainian].

12. Dozorskyi V., Dediv I., Sverstiuk S., Nykytyuk V., Karnaukhov A. The Method of Commands Identification to Voice Control of the Electric Wheelchair. Proceedings of the 1st International Workshop on Computer Information Technologies in Industry 4.0 (CITI 2023). CEUR Workshop Proceedings. Ternopil, Ukraine, June 14-16, 2023. P.233-240. ISSN 1613-0073. CEUR Workshop Proceedings. Ternopil, Ukraine.

13. Дозорський В.Г., Дозорська О.Ф., Дедів Л.Є., Дедів І.Ю., Паньків І. М., Яворська Є.Б. Структура системи відбору біосигналів для задачі відновлення комунікативної функції людини. Вісник Хмельницького національного університету: технічні науки. – Хмельницький: редакція журналу "Вісник Хмельницького національного університету". – 2019. - №2(271) – с. 183-186.

14. Хвостівська Л.В., Осухівська Г.М., Хвостівський М.О., Шадріна Г.М., Дедів, І. Ю. Розвиток методів та алгоритмів обчислення періоду стохастичних біомедичних сигналів для медичних комп'ютерно-діагностичних систем. Вісник НТУУ "КПІ". Серія Радіотехніка, Радіоапаратобудування. /Категорія В/ 2019. Вип. 79. С. 78-84. doi: 10.20535/RADAR.2019.79.78-84.

15. Дозорська О.Ф., Яворська Є.Б., Дозорський В.Г., Дедів Л.Є. і Дедів І.Ю. Метод виявлення ознак основного тону в структурі електроміографічних

						СВВ 2.893.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат			66

сигналів для задачі компенсації порушеної комунікативної функції людини», Вісник НТУУ "КПІ". Серія Радіотехніка, Радіоапаратобудування, (81), с. 56-64. doi: 10.20535/RADAP.2020.81.56-64.

16. Методичні вказівки для виконання курсового проекту з дисципліни «Матеріали та основи технології електронних апаратів» : для студентів напряму підготовки 6.050902 "Радіоелектронні апарати" / укл. : В. Г. Дозорський. – Тернопіль : ТНТУ імені Івана Пулюя, 2015. – 47 с.

17. Автоматизація виробничих процесів : навч. посіб. / Проць Я. І., Савків В. Б., Шкодзінський О. К., Ляшук О. Л. Тернопіль : ТНТУ ім. І.Пулюя, 2011. 344с.

18. Микитишин А. Г., Митник М. М., Стухляк П. Д., Пасічник В. В. Комп'ютерні мережі : навчальний посібник. Книга 1. Львів : «Магнолія 2006». 2013. 256 с.

19. Микитишин А. Г., Митник М. М., Стухляк П. Д., Пасічник В. В. Комп'ютерні мережі. Книга 2. [навчальний посібник]. Львів : "Магнолія 2006", 2014. 312 с.

20. Безпека в надзвичайних ситуаціях. Методичний посібник для здобувачів освітнього ступеня «магістр» всіх спеціальностей денної та заочної (дистанційної) форм навчання / укл.: Стручок В. С. Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2022. 156 с.

21. Ткачук Р. А. Основи технології радіоелектронних апаратів: навчальний посібник / Р. А. Ткачук, В. Г. Дозорський, Л. Є. Дедів, І. Ю. Дедів. - Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2017. - 336 с.

					СВВ 2.893.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		67

ДОДАТКИ

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедру РТ
_____ к.т.н. Дунець В.Л.
“03” червня 2024 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу бакалавра

На тему: «Блок перетворення сигналів для PLC мережі»

Узгоджено:

Керівник кваліфікаційної роботи

Дедів І.Ю. _____

“ ____ ” _____ 2024 р.

“ВИКОНАВЕЦЬ”

Студент групи РАС-41

Ступка В.В. _____

“ ____ ” _____ 2024 р.

Тернопіль 2024

1 НАЗВА КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ Й ПІДСТАВА ДЛЯ ВИКОНАННЯ

1.1 Назва: “Блок перетворення сигналів для PLC мережі”

1.2 Підставою для виконання кваліфікаційної роботи є наказ по університету на затвердження дипломного проекту № 4/7-581 від 03.06.2024 р.).

2 ВИКОНАВЕЦЬ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

2.1. Студент Ступка В.В. групи РАС-41, кафедри радіотехнічних систем, Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя.

3 МЕТА КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Метою роботи є розробка блоку перетворення сигналів для PLC мережі, що включає в себе:

- вибір апаратного забезпечення для даного пристрою;
- вибір елементної бази розроблювального пристрою;
- розрахунок і вибір компонентів для оптимальної роботи пристрою;
- розробку друкованої плати та друкованого вузла.

4 ТЕХНІЧНІ ВИМОГИ

В роботі необхідно розробити блок перетворення сигналів для PLC мережі, який би забезпечував прийом та передачу даних зі швидкостями 1200, 2400, 4800 біт/с по мережі 220В залежно від протоколу кодування даних.

5 ВИМОГИ ДО ДОКУМЕНТАЦІЇ

5.1 Конструкторська документація повинна відповідати вимогам ЄСКД та ДСТУ.

5.2. Комплект конструкторської документації повинен складатися з:

- Пояснювальна записка;
- Структурна схема пристрою;
- Принципова схема пристрою;
- Друкована плата;
- Друкований вузол.

ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Таблиця 6.1 - Стадії та етапи виконання кваліфікаційної роботи

№ етапу	Назва етапу виконання	Термін виконання
1	Розробка та затвердження технічного завдання	22.02. 2024
2	Аналіз технічного завдання, підбір бібліографічних матеріалів, необхідних для виконання роботи	1.03. 2024
3	Вибір власних схемо-технічних рішень	16.03.2024
4	Вибір елементної бази для розроблюваного пристрою;	29.03.2024
5	Розрахунок основних вузлів у схемі пристрою.	12.04.2024
6	Створення допоміжної документації	26.04.2024
7	Розроблення креслень	26.04.2024
8	Розділ охорони праці та безпеки життєдіяльності	10.05.2024
9	Нормоконтроль	06.06.2024
10	Попередній захист	13.06.2024
11	Захист	27.06.2024

ДОДАТКОВІ УМОВИ ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

.1 Під час виконання кваліфікаційної роботи в дане технічне завдання можуть вноситися зміни та доповнення.

Поз. познач.	Найменування	Кіл.	Примітка
	<u>Конденсатори</u>		
C2,C3	KI10 -17-35 -3300нФ-А-В	2	
C7,C8	KI10 -17-35 -56мкФ-А-В	2	
C9,C28	KI10 -17-35 -3300нФ-А-В	2	
C10	KI10 -17-35 -3300нФ-А-В	1	
C11-C15	KI10 -17-35 -10мкФ-А-В	5	
C17	KI10 -17-35 -3300нФ-А-В	1	
C18,C19	KI10 -17-35 -0,1мкФ-А-В	2	
C20,C26	KI10 -17-35 -0,47мкФ-А-В	2	
C24,C25	KI10 -17-35 -150мкФ-А-В	2	
C27	KI10 -17-35 -1мкФ-А-В	1	
C29,C30	KI10 -17-35 -0,1мкФ-А-В	2	
C31	KI10 -17-35 -0,47мкФ-А-В	1	
C32	KI10 -17-35 -47мкФ-А-В	1	
C33-C36	KI10 -17-35 -0,1мкФ-А-В	4	
C1,C4-C6	K50 -35 -50В - 0.1мкФ-А-В	4	
C16	K50 -35 -250В -0,047мкФ-А-В	1	
C21	K50 -35 -25В -100мкФ-А-В	1	
C22	K50 -35 -68В -470мкФ-А-В	1	
	<u>Мікросхеми</u>		
DA1	KP145EH5	1	
DA2	ADM660AN	1	
DA3,DA4	AOT128B	2	
DA5	OPA2168	1	
СВВ 2.893.001 ПЕЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис
Розроб.	Ступка В.В.		
Перевір.	Дедів І.Ю.		
Н. Контр.	Марценюк А.С.		
Зав. каф.	Дунець В.Л.		
Реценз.	Дозорська О.Ф.		
Перелік елементів			
Лім.		Арк.	Аркушіє
		1	3
ТНТУ, гр. РАС-41			

Поз. познач.	Найменування	Кіл.	Примітка			
DD1	FX919A	1				
DD2	K561ЛA7	1				
DD3	AT89LS8252	1				
	<u>Резистори</u>					
R4	C2-22-23-0.125-22кОм±5%	1				
R3	C2-22-23-0.125-1,0МОм±5%	1				
R6,R11	C2-22-23-0.125-8,2кОм±5%	2				
R7	C2-22-23-0.125-12кОм±5%	2				
R8	C2-22-23-0.125-360Ом±5%	1				
R9,R10	C2-22-23-0.125-30кОм±5%	2				
R12,R13	C2-22-23-0.125-56кОм±5%	2				
R14	C2-22-23-0.125-15кОм±5%	1				
R16	C2-22-23-0.125-12кОм±5%	1				
R17	C2-22-23-0.125-24кОм±5%	1				
R18	C2-22-23-0.125-270кОм±5%	1				
R19-R21	C2-22-23-0.125-91кОм±5%	3				
R22	C2-22-23-0.125-1,0кОм±5%	1				
R23,R24	C2-22-23-0.125-270Ом±5%	2				
R25	C2-22-23-0.125-270Ом±5%	1				
R26	C2-22-23-0.125-5,1кОм±5%	1				
R27,R28	C2-22-23-0.125-100кОм±5%	2				
R31-R34,	C2-22-23-0.125-22кОм±5%	4				
R1	C2-22-23-0.125-5,6кОм±5%	1				
R15	СПЗ-19а-0.5-150кОм±10%	1				
R29,R30	СПЗ-19а-0.5-33кОм±10%	2				
VD1,VD2	Діод КД522Б дРЗ. 362.029	2				
VD3-VD5	Стабілітрон КС156А	3				
СВВ 2.893.001 ПЕЗ						
Арк.						
2						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Поз. познач.	Найменування	Кіл.	Примітка
	<u>Транзистори</u>		
<i>VT1, VT2</i>	<i>KT315 бк0.410.100 ТУ</i>	2	
<i>VT3-VT5</i>	<i>KT3102Б аО. 336.127 ТУ</i>	3	
<i>H1-H3</i>	<i>Світлодіод АЛ307БМ</i>	3	
<i>S1</i>	<i>Перемикач КМ-150</i>	1	
	<u>Роз'єми</u>		
<i>X1</i>	<i>PLSR-2</i>	1	
<i>X2, X3</i>	<i>PLSR-4</i>	2	
<i>Z1, Z2</i>	<i>Кварц РК-02МД-Г-4,032МГц</i>	2	
			СВВ 2.893.001 ПЕЗ
			Арк. 3
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i> <i>Дата</i>

			<i>Позначення</i>	<i>Назва</i>	<i>Кіл.</i>	<i>Примітка</i>
				<u>Документація</u>		
A2			CBВ 2.893.001 СК	Складальне креслення	1	
A1			CBВ 2.893.001 ЕЗ	Схема електрична	1	
A4			CBВ 2.893.001 ПЕЗ	Перелік елементів	1	
				<u>Деталі</u>		
A2	1		CBВ 7.103.001	Плата друкована	1	
				<u>Стандартні вироби</u>		
				<u>Інші вироби</u>		
				<i>Конденсатор</i>		
				<i>ОЖО.460.172 ТУ</i>		
		2		<i>КІО -17-35 -3300нФ-А-В</i>	2	<i>С2,С3</i>
				<i>Конденсатор</i>		
				<i>ОЖО.460.172 ТУ</i>		
		3		<i>КІО -17-35 -56мкФ-А-В</i>	2	<i>С7,С8</i>
				<i>Конденсатор</i>		
				<i>ОЖО.460.172 ТУ</i>		
		4		<i>КІО -17-35 -3300нФ-А-В</i>	2	<i>С9,С28</i>
				<i>Конденсатор</i>		
				<i>ОЖО.460.172 ТУ</i>		
		5		<i>КІО -17-35 -3300нФ-А-В</i>	1	<i>С10</i>
				<i>Конденсатор</i>		
				<i>ОЖО.460.172 ТУ</i>		

CBВ 2.893.001

<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>
<i>Розроб.</i>		Ступка В.В.		
<i>Перевір.</i>		Дедів І.Ю.		
<i>Н. Контр.</i>		Марценюк А.С.		
<i>Затверд.</i>		Дунець В.Л.		
<i>Рецензент</i>		Дозорська О.Ф.		

Блок перетворення сигналів
для PLC мережі

<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
	1	6
ТНГУ, гр.Рас-41		

			<i>Позначення</i>	<i>Назва</i>	<i>Кіл.</i>	<i>Примітка</i>
		6		<i>КІО -17-35 -10мкФ-А-В</i>	5	<i>С11-С15</i>
				<i>Конденсатор</i>		
				<i>ОЖО.460.172 ТУ</i>		
		7		<i>КІО -17-35 -3300нФ-А-В</i>	1	<i>С17</i>
				<i>Конденсатор</i>		
				<i>ОЖО.460.172 ТУ</i>		
		8		<i>КІО -17-35 -0,1мкФ-А-В</i>	2	<i>С18,С19</i>
				<i>Конденсатор</i>		
				<i>ОЖО.460.172 ТУ</i>		
		9		<i>КІО -17-35 -0,47мкФ-А-В</i>	2	<i>С20,С26</i>
				<i>Конденсатор</i>		
				<i>ОЖО.460.172 ТУ</i>		
		10		<i>КІО -17-35 -150мкФ-А-В</i>	2	<i>С24,С25</i>
				<i>Конденсатор</i>		
				<i>ОЖО.460.172 ТУ</i>		
		11		<i>КІО -17-35 -1мкФ-А-В</i>	1	<i>С27</i>
				<i>Конденсатор</i>		
				<i>ОЖО.460.172 ТУ</i>		
		12		<i>КІО -17-35 -0,1мкФ-А-В</i>	2	<i>С29,С30</i>
				<i>Конденсатор</i>		
				<i>ОЖО.460.172 ТУ</i>		
		13		<i>КІО -17-35 -0,47мкФ-А-В</i>	1	<i>С31</i>
				<i>Конденсатори</i>		
				<i>ОЖО.460.172 ТУ</i>		
		14		<i>КІО -17-35 -47мкФ-А-В</i>	1	<i>С32</i>
				<i>Конденсатор</i>		
				<i>ОЖО.460.172 ТУ</i>		
		15		<i>КІО -17-35 -0,1мкФ-А-В</i>	4	<i>С33-С36</i>
				<i>Конденсатор</i>		
				СВВ 2.893.001		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	Арк.		
				2		

			<i>Позначення</i>	<i>Назва</i>	<i>Кіл.</i>	<i>Примітка</i>
				<i>ОЖО.461.104 ТУ</i>		
	16			<i>К50 -35 -50В - 0.1мкФ-А-В</i>	4	<i>С1,С4-С6</i>
				<i>Конденсатор</i>		
				<i>ОЖО.461.104 ТУ</i>		
	17			<i>К50 -35 -250В -0,047мкФ-А-В</i>	1	<i>С16</i>
				<i>Конденсатор</i>		
				<i>ОЖО.461.104 ТУ</i>		
	18			<i>К50 -35 -25В -100мкФ-А-В</i>	1	<i>С21</i>
				<i>Конденсатор</i>		
				<i>ОЖО.461.104 ТУ</i>		
	19			<i>К50 -35 -68В -470мкФ-А-В</i>	1	<i>С22</i>
				<i>Мікросхеми</i>		
	20			<i>Мікросхема КР145ЕН5</i>	1	<i>DA1</i>
				<i>БКО 342.437.08 ТУ</i>		
	21			<i>Мікросхема АDМ660АN</i>	1	<i>DA2</i>
	22			<i>Мікросхема АОТ128Б</i>	2	<i>DA3-DA4</i>
				<i>БКО 336.170.07 ТУ</i>		
	23			<i>Мікросхема ОРА2168</i>	1	<i>DA5</i>
				<i>БКО 348.064.09 ТУ</i>		
	24			<i>Мікросхема FX919A (CML)</i>	1	<i>DD1</i>
	25			<i>Мікросхема К561ЛА7</i>	1	<i>DD2</i>
				<i>БКО 464.157.06 ТУ</i>		
	26			<i>Мікросхема АТ89LS8252</i>	1	<i>DD3</i>
				<i>Резистор</i>		
				<i>ОЖО 467.104 ТУ</i>		
	27			<i>С2-22-23-0.125-22кОм±5%</i>	1	<i>R4</i>
				<i>Резистор</i>		
				СВВ 2.893.001		
						Арк.
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>			3

			<i>Позначення</i>	<i>Назва</i>	<i>Кіл.</i>	<i>Примітка</i>	
				<i>ОЖО 467.104 ТУ</i>			
		28		<i>C2-22-23-0.125-1,0МОм±5%</i>	1	<i>R3</i>	
				<i>Резистор</i>			
				<i>ОЖО 467.104 ТУ</i>			
		29		<i>C2-22-23-0.125-8,2кОм±5%</i>	1	<i>R6,R11</i>	
				<i>Резистор</i>			
				<i>ОЖО.467.104 ТУ</i>			
		30		<i>C2-22-23-0.1251-12кОм±5%</i>	1	<i>R7</i>	
				<i>Резистор</i>			
				<i>ОЖО.467.104 ТУ</i>			
		31		<i>C2-22-23-0.125-360Ом±5%</i>	1	<i>R8</i>	
				<i>Резистор</i>			
				<i>ОЖО.467.104 ТУ</i>			
		32		<i>C2-22-23-0.125-30кОм±5%</i>	2	<i>R9,R10</i>	
				<i>Резистор</i>			
				<i>ОЖО.467.104 ТУ</i>			
		33		<i>C2-22-23-0.125-56кОм±5%</i>	2	<i>R12,R13</i>	
				<i>Резистор</i>			
				<i>ОЖО.467.104 ТУ</i>			
		34		<i>C2-22-23-0.125-15кОм±5%</i>	1	<i>R14</i>	
				<i>Резистор</i>			
				<i>ОЖО.467.104 ТУ</i>			
		35		<i>C2-22-23-0.125-12кОм±5%</i>	1	<i>R16</i>	
				<i>Резистор</i>			
				<i>ОЖО.467.104 ТУ</i>			
		36		<i>C2-22-23-0.125-24кОм±5%</i>	1	<i>R17</i>	
				<i>Резистор</i>			
				<i>ОЖО.467.104 ТУ</i>			
		37		<i>C2-22-23-0.125-270кОм±5%</i>	1	<i>R18</i>	
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	СВВ 2.893.001			<i>Арк.</i>
							4

			Позначення	Назва	Кіл.	Примітка
				Резистор		
				ОЖО.467.104 ТУ		
		38		С2-22-23-0.125-91кОм±5%	3	R19-R21
				Резистор		
				ОЖО.467.104 ТУ		
		39		С2-22-23-0.125-1,0кОм±5%	1	R22
				Резистор		
				ОЖО.467.104 ТУ		
		40		С2-22-23-0.125-270Ом±5%	2	R23,R24
				Резистор		
				ОЖО.467.104 ТУ		
		41		С2-22-23-0.125-270Ом±5%	1	R25
				Резистор		
				ОЖО.467.104 ТУ		
		42		С2-22-23-0.125-5,1кОм±5%	1	R26
				Резистор		
				ОЖО.467.104 ТУ		
		43		С2-22-23-0.125-100кОм±5%	2	R27,R28
				Резистор		
				ОЖО.467.104 ТУ		
		44		С2-22-23-0.125-22кОм±5%	6	R31-R34, R2,R5
				Резистор		
				ОЖО.467.104 ТУ		
		45		С2-22-23-0.125-5,6кОм±5%	1	R1
				Резистор		
				ОЖО 468.134 ТУ		
		46		СПЗ-19а-0.5-150кОм±10%	1	R15
				Резистор		
				ОЖО 468.134 ТУ		
				СВВ 2.893.001		
						Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис			

