

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет науки і технологій

Факультет «Комп'ютерні технології і системи»

Кафедра «Автоматика та телекомунікації»

Пояснювальна записка
до кваліфікаційної роботи
на здобуття освітнього ступеня «магістр»

на тему: Система слідкування за переміщенням рухомого складу та вантажів на залізничному транспорті

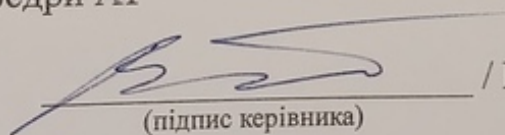
за освітньою програмою «Автоматика та автоматизація на транспорті»
зі спеціальності: 174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка»

Виконав: студент групи АТ2323 (966-М)



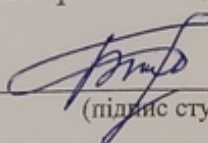
(підпис студента) / Євгеній БОЛЬШАКОВ /

Керівник: доцент кафедри АТ



(підпис керівника) / Володимир ПРОФАТИЛОВ /

Засвідчую, що у цій роботі немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент 

(підпис студента)

Дніпро – 2025 рік

**Ministry of Education and Science of Ukraine
Ukrainian State University of Science and Technologies**

Faculty of Computer Technologies and Systems

Department of Automation and Telecommunication

Explanatory Note

to Master's Thesis

master

(higher education degree)

on the topic: Tracking system for the movement of rolling stock and cargo on railway transport

according to educational curriculum «Automatic machinery and automation in transport industry»

in the Specialty: 0714 Electronics and automation (Automation, computer-integrated technologies and robotics)

Done by the student of the group AT2323 (966-M)

/ Evhenii Bolshakov /

Scientific Supervisor: associate professor

/ Volodymyr Profatylov /

Dnipro – 2025

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет науки і технологій

Факультет: Комп'ютерні технології та системи
Кафедра: Автоматика та телекомунікації
Рівень вищої освіти: магістр
Освітня програма: Автоматика та автоматизація на транспорті
Спеціальність: 174 Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри АТ
_____ Володимир ГАВРИЛЮК
(підпис)

Дата _____

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу _____ магістра
(ступінь вищої освіти)

студенту _____ **Большаков Євгеній Геннадійович**
(Прізвище, Ім'я, По батькові)

1. Тема роботи: Система слідкування за переміщенням рухомого складу та вантажів на залізничному транспорті

Керівник роботи: Профатилів Володимир Іванович, к.т.н., доцент
(Прізвище, Ім'я, По батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом від _____ « 18 » січня 2024 р. № 62-ст

2. Строк подання студентом роботи: 15.01.2025 р.

3. Вихідні дані до роботи: Використання RFID технологій для слідкування за переміщенням рухомого складу та вантажів.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно опрацювати):

4.1. Аналіз закордонних систем ідентифікації рухомого складу

4.2. Розробка системи автоматизованого контролю та ідентифікації рухомого складу

4.3. Розробка автономного датчика з пасивним живленням для системи ідентифікації рухомого складу

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

1) Структура САІ

2) Структурна схема системи автоматизованого контролю та ідентифікації рухомого складу

3) Алгоритми роботи системи автоматизованої ідентифікації рухомого складу

4) Принципова схеми автономного датчика. Алгоритм роботи

6. Консультанти розділів роботи:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Завдання видав: (підпис консультанта, дата)	Завдання прийняв: (підпис студента, дата)
Аналітична частина			
Основна частина			

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ (Актуальність. Мета роботи. Методи дослідження. Практична значення отриманих результатів)	17.09.2024	10%
2	Розділ 1. Аналіз закордонних систем ідентифікації рухомого складу	01.10.2024	20%
3	Розділ 2. Розробка системи автоматизованого контролю та ідентифікації рухомого складу	05.11.2024	25%
4	Розділ 3. Розробка автономного датчика з пасивним живленням для системи ідентифікації рухомого складу	17.12.2024	25%
5	Висновки	15.01.2025	20%
6	Подання кваліфікаційної роботи до кафедри	15.01.2025	
7	Захист кваліфікаційної роботи на засіданні Екзаменаційної комісії	22.01.2025	100%

Студент

_____ (підпис)

Євгеній БОЛЬШАКОВ

_____ (Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Володимир ПРОФАТИЛОВ

_____ (Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи магістра:

52 сторінок, 17 рисунків, 1 таблиця, 19 джерел літератури.

Об'єкт розробки – система залізничної автоматики

Мета роботи – проектування системи слідкування за переміщенням рухомого складу та вантажів на залізничному транспорті.

Методи дослідження – методи розрахунку антен, теорія розповсюдження високочастотних хвиль, експериментальні дослідження з використанням математичного апарату теорії ймовірності та математичної статистики.

У першому розділі проведений аналіз існуючих сучасних систем ідентифікації рухомого складу. Він показав, що зараз існує деяка кількість систем ідентифікації, що забезпечують добрі функціональні можливості, та їх застосування на залізницях України є економічно ефективним.

Другий розділ включає розробку системи автоматизованого контролю та ідентифікації рухомого складу. У дипломному проекті була розроблена структурна схема системи автоматизованого контролю та ідентифікації рухомого складу, проведений вибір діапазону роботи СВЧ – модуля САІ.

Темою третього розділу є розробка автоматичного датчика з пасивним живленням для системи ідентифікації рухомого складу. У цьому розділі була розроблена структурна і принципова схема, алгоритми роботи пасивного датчика системи ідентифікації рухомого складу, проведений розрахунок блоку живлення лінійного комплексу зчитування інформації з рухомого складу.

Висновок: Впровадження розробленої системи автоматизованої ідентифікації рухомого складу дає наступні можливості:

- зчитування інформації на швидкості рухомого складу до 300 км/годину;
- значне скорочення часу, збільшення обсягів та достовірності обробки інформації, що підвищить якість роботи залізничного транспорту;
- стабільний зв'язок та надійний захист від атмосферних і промислових перешкод;
- незалежність роботи системи від метеорологічних умов;
- низьке енергоспоживання;
- зменшення експлуатаційних витрат.

Ключові слова: СИСТЕМА АВТОМАТИЧНОЇ ІДЕНТИФІКАЦІЇ, RFID-ТЕХНОЛОГІЯ, PIC-МІКРОКОНТРОЛЕР, CAN-КОНТРОЛЕР, ЗАЛІЗНИЧНА АВТОМАТИКА.

ЗМІСТ

Вступ.....	6
1. Аналіз закордонних систем ідентифікації рухомого складу	7
1.1 Загальні принципи побудови систем ідентифікації рухомого складу.....	7
1.2 Висновки за розділом.....	14
2. Розробка системи автоматизованого контролю та ідентифікації рухомого складу	15
2.1 Вибір діапазону роботи СВЧ модуля САІ	15
2.1.1 Умови поширення СВЧ хвиль і СВЧ антени.....	15
2.1.2 Конструкції антени	17
2.1.3 Антени хвилі, що біжить.....	18
2.2 Структурна схема системи автоматизованого контролю та ідентифікації рухомого складу	21
2.2.1 Центральний контролер системи ідентифікації рухомого складу.....	23
2.2.2 Модуль зв'язку між центральним контролером та лінійним комплектом зчитування інформації з рухомого складу.....	24
2.3 Алгоритм роботи системи автоматизованого контролю та ідентифікації рухомого складу.....	26
2.4 Висновки за розділом.....	30
3. Розробка автономного датчика з пасивним живленням для системи ідентифікації рухомого складу.....	31
3.1. Принципова схеми автономного датчика з пасивним живленням для систем ідентифікації рухомого складу	31
3.2 Особливості FLASH мікроконтролера PIC16F88.....	39
3.3 Алгоритм роботи програмного забезпечення автономного датчика системи ідентифікації рухомого складу	42
3.4. Лінійний комплект зчитування інформації з рухомого складу	45
3.5 Висновок за розділом.....	48
Висновок.....	49
Бібліографічний список.....	50

ВСТУП

Залізниці вступають у період глобальної автоматизації й оптимізації керування перевезеннями. У штаті галузі й на дорогах створені автоматизовані диспетчерські центри, на відділеннях залізниць формуються центри керування місцевою роботою, розвинені мережі передачі даних, що створять у поєднанні з обчислювальними центрами і більшим числом автоматизованих робочих місць сучасні обчислювальні системи.

Складну спеціалізовану інфраструктуру системи автоматизованої ідентифікації (САІ) виправдано розвивати тільки для реалізації високоефективних організаційних проектів, що забезпечують якісний прорив у технологіях керування. Структура САІ дозволяє з мінімальними витратами оперативно донести результати зчитування до комплексів розв'язуваних в автоматизованих системах управління (АСУ) завдань (керування рухом, вантажною роботою, вагонним господарством, сервісне обслуговування клієнтури залізничного транспорту та ін.).

Техніка високих радіочастот, використана в САІ, забезпечує високі показники надійності й вірогідності роботи. Повнота й оперативність вихідних даних у порівнянні з ручними методами багаторазово підвищується.

Удосконалення організації перевізного процесу на основі інформаційних технологій вимагає створення єдиної інформаційної бази системи керування перевезеннями. Підготовка і введення в обчислювальні мережі оперативних повідомлень операторської ланки (насамперед рапортів про прибуття, відправлення, проходження поїздів в їхньому складі) за допомогою телетайпів або АРМ АСУ не виключає можливих помилок і затримок у часі надходження даних. Тому функції введення даних в АСУ необхідно автоматизувати.

Використання можливостей САІ зводиться до відстеження дислокації тягового рухомого складу, уже оснащеного керований бортовий датчик (КБД), і формуванню для завдань автоматизованої системи оперативного керування перевезеннями (АСОКП) повідомлень про операції з поїздами.

1 АНАЛІЗ ЗАКОРДОННИХ СИСТЕМ ІДЕНТИФІКАЦІЇ РУХОМОГО СКЛАДУ

1.1 Загальні принципи побудови систем ідентифікації рухомого складу

Залізниці вступають у період глобальної автоматизації й оптимізації керування перевезеннями. У штабі галузі й на дорогах створені автоматизовані диспетчерські центри, на відділеннях залізниць формуються центри керування місцевою роботою, розвинені мережі передачі даних, що створять у поєднанні з обчислювальними центрами і більшим числом автоматизованих робочих місць сучасні обчислювальні системи.

Складну спеціалізовану інфраструктуру САІ виправдано розвивати тільки для реалізації високоефективних організаційних проектів, що забезпечують якісний прорив у технологіях керування. Прийнята інфраструктура САІ (рис. 1.1) орієнтована на різнобічне використання системи. Інформація, зчитана з рухомого складу радіочастотними засобами, погоджується з інформацією, отриманою від засобів залізничної автоматики, і передається від ПСЧ на концентратор лінійного рівня КСАІ-Л. Із цього концентратора оброблені й представлені у вигляді стандартних повідомлень дані надходять на концентратор дорожнього рівня КСАІ-Д або в АРМ лінійних підприємств. На рівні КСАІ-Д здійснюється логічний контроль правильності зчитаної інформації, а потім отримані відомості поповнюють інформаційні масиви завдань керування. Структура САІ дозволяє з мінімальними витратами оперативно донести результати зчитування до комплексів розв'язуваних в АСУ завдань (керування рухом, вантажною роботою, вагонним господарством, сервісне обслуговування клієнтури залізничного транспорту та ін.).

Поряд з контролем за дислокацією рухомого складу розгалужена мережа пунктів зчитування дозволить здійснювати й автоматичний контроль за збереженням вантажів. Повинно забезпечуватися зчитування інформації з усіх електронних запорно-пломбувальних будов вагона. Це досягається при відповідному розміщенні антен зчитувачів й орієнтації антен запорно-

пломбувальних пристроїв. Для пунктів зчитування, що працюють на одній частоті, можна використати загальний радіочастотний зчитувач із підключеними до нього декількома антенами. Таке рішення можливо, якщо всі датчики передають інформацію з одного протоколу. Операції контролю за збереженням основних вузлів й агрегатів вагонів варто виконувати при передачі вагонів за кордон або при заходах у ремонтні депо. Зчитування даних про комплектації вагона можна орієнтувати на невисокі (до 30 км/ч) швидкості руху. До реалізації контролю за збереженням вузлів й агрегатів вагонів з використанням радіоелектронних датчиків варто переходити тільки після створення відповідної бази даних на вузли й агрегати рухливого складу.

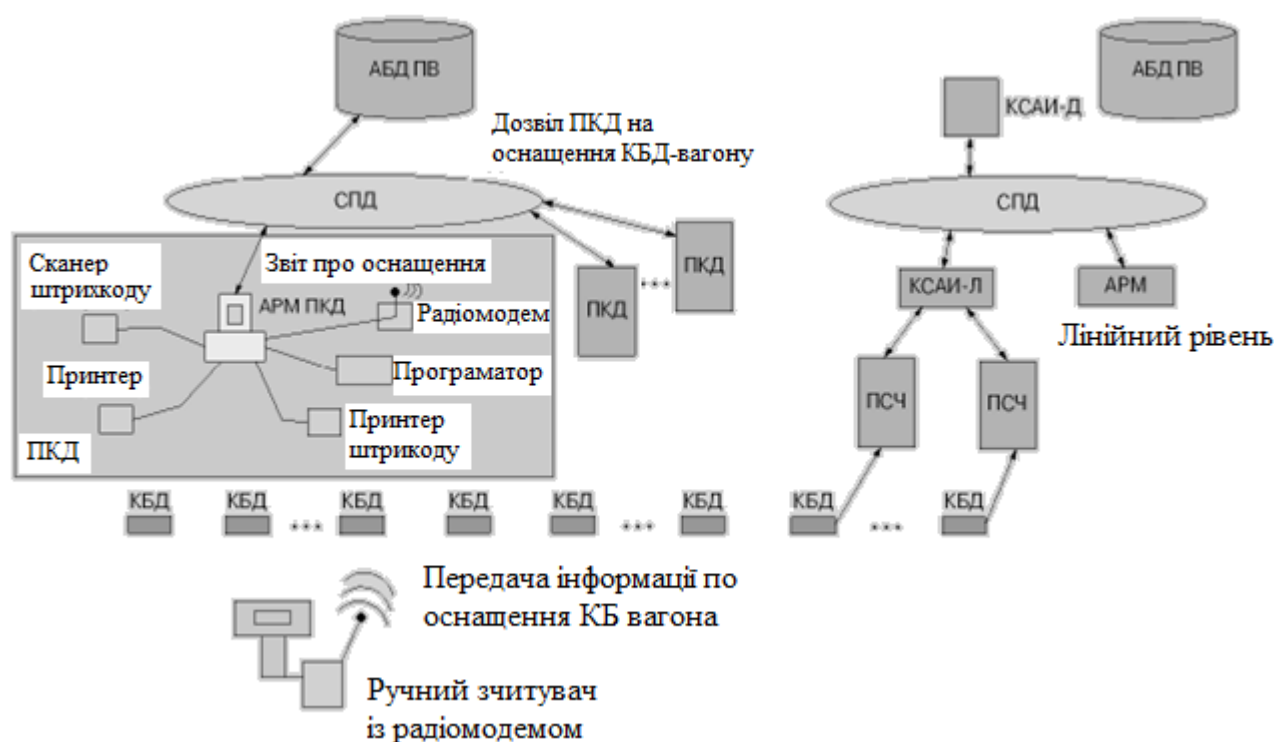


Рисунок 1.1 – Структура САІ

Спочатку система автоматичної ідентифікації розроблялася з урахуванням можливості спостереження за великотоннажними контейнерами. Однак у світі автоматичне спостереження за контейнерами широкого поширення не одержало. Складності побудови такої системи обумовлені тим, що застосовуваний стандарт ІСО-10374 розроблений до умов одноколійних залізниць. Відповідно до цього стандарту датчик на контейнері встановлюється тільки з однієї сторони. Потрібно ж

забезпечити зчитування контейнерного датчика й на двоколіїних ділянках залізниць . Зчитування з напільної сторони через суміжний шлях не може бути прийняте через можливе заняття другого шляху поїздом, що рухається в зустрічному напрямку. Проробляється питання про установку на великотоннажний контейнер двох датчиків аналогічно вагонам. Як варіант розглядається й установка на контейнер одного датчика зверху. В останньому випадку є можливість автоматизувати роботу на контейнерних майданчиках, автоматично зчитуючи номер контейнера при його переміщеннях. У найближчі роки завдання з контейнерами цілком успішно може вирішуватися шляхом спостереження за фітінговими платформами, на яких великовантажні контейнери перевозяться.

При розвитку застосування САІ доцільно розглянути й питання про передачу інформації з датчиків, установлених на узбіччі шляху, на рухомий склад. Зчитувальна із цих датчиків інформація може бути використана в завданнях автоведення й забезпечення безпеки. Можна, приміром, при виконанні робіт на лінії встановлювати відповідно запрограмовані датчики для зниження швидкості руху поїзда або його зупинок, для відключення струму навантаження при наближенні локомотива до нейтральної вставки.

Базовим для САІ є завдання безперервного моніторингу дислокації локомотивів і вагонів на елементах мережі залізниць. У цих умовах ручний збір і введення в обчислювальні мережі оперативних вихідних даних про хід перевізного процесу стає гальмом подальшого розвитку систем керування через неминучі помилки, що допускаються операторами, неповноти вводу даних, затримок у передачі інформації й т.д. Усунути ці недоліки покликана впроваджувана на мережі система автоматичної ідентифікації рухомого складу (САІ). Вона розроблена в повній відповідності міжнародному стандарту ІСО, сумісна з аналогічною системою АМТЕК, що використовується на залізницях Північноамериканського континенту, базується на техніку високих радіочастот.

Техніка високих радіочастот, використана в САІ, забезпечує високі показники надійності й вірогідності роботи. Повнота й оперативність вихідних даних у порівнянні з ручними методами багаторазово підвищується. Удосконалення

організації перевізного процесу на основі інформаційних технологій вимагає створення єдиної інформаційної бази системи керування перевезеннями. Підготовка і введення в обчислювальні мережі оперативних повідомлень операторської ланки (насамперед рапортів про прибуття, відправлення, проходження поїздів в їхньому складі) за допомогою телетайпів або АРМ АСУ не виключає можливих помилок і затримок у часі надходження даних. Тому функції введення даних в АСУ необхідно автоматизувати.

На корпусі кожної залізничної рухомої одиниці по обидва боки кріпляться два кодових бортових датчики (КБД), що містять відомості про номер локомотива або вагона й супутню інформацію (рис. 1.2). У контрольних точках залізничної мережі монтуються пункти зчитування даних (ПСЧ), сполучені каналами передачі даних з обробними центрами (інформаційно-обчислювальними центрами залізниць).



Рисунок 1.2 – Кодовий бортовий датчик

При проходженні поїзда ПСЧ (рис. 1.3) формує й транслює в ІОЦ повідомлення з кодовим номером 266, що містить дані про точку, час, напрямок проходження й перелік номерів рухомих одиниць у його складі. Сукупність повідомлень 266 в

інтеграції з іншими відомостями дозволяє в реальному часі відслідковувати хід перевізного процесу.



Рисунок 1.3 – Пункт зчитування інформації

Пунктами зчитування даних обладнаються всі входи й виходи на магістральні лінії виділених і контрольованих станцій (сортувальних, дільничних, особливо великих вантажних, спеціалізованих), прикордонні переходи, міждорожні стики, контрольні пункти основних депо. При повному залученні САІ на мережі доріг необхідно обладнати 3-4 тис. пунктів зчитування даних, оснастити кодовими бортовими датчиками весь рухомий склад, що має право виходу на магістральні лінії, включаючи приватний рухомий склад і вагони власності інших держав, використовувані в міжнародних перевезеннях.

У зоні технічної станції залізничного вузла встановлюються ПСЧ. Їхнє сполучення із центрами, що обробляють зчитувальну інформацію, виконується із застосуванням спеціалізованих концентраторів. Схема трансляції зчитувальної ПСЧ інформації в ІОЦ наведена на рис. 1.4.

Важливо забезпечити ефективне використання можливостей системи ще до завершення всіх робіт з її впровадження. Труднощі локального впровадження завдань, що базуються на використанні САІ, пов'язані з необхідністю виконання двох умов:

- весь задіяний рухомий склад повинен бути обладнаний КБД;
- на всіх маршрутах обігу задіяного рухливого складу повинні бути обладнані ПСЧ САІ.

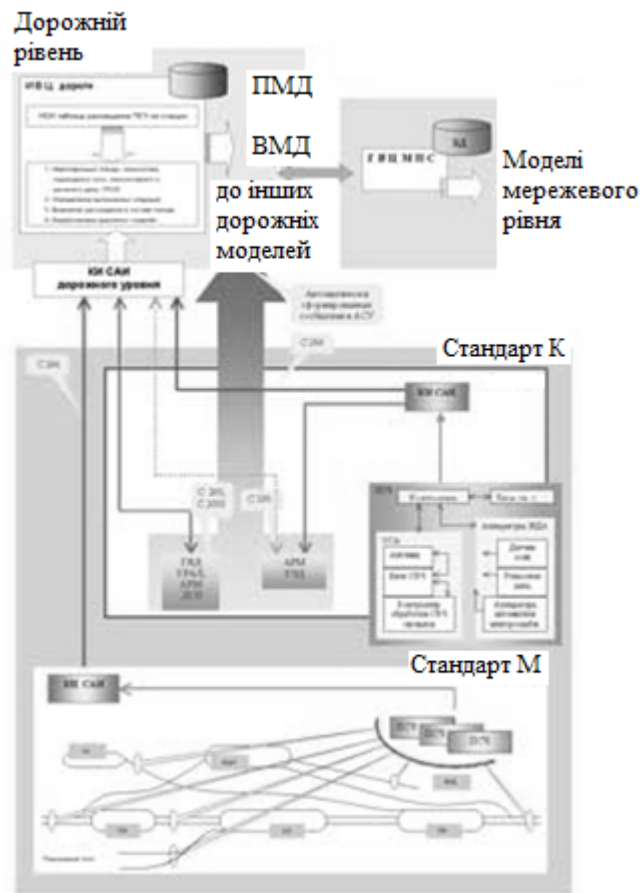


Рисунок 1.4 – Структурно-функціональна схема взаємодії САІ з АСУ
дорожнього рівня

Використання можливостей САІ поки зводиться до відстеження дислокації тягового рухомого складу, уже оснащеного КБД, і формуванню для завдань автоматизованої системи оперативного керування перевезеннями (АСОУП) повідомлень про операції з поїздами (макети 200).

Технологічні нормативи й інформаційна база системи містять у собі нормативи часу просування рухливих об'єктів від місця їхньої фіксації (ПСЧ) до розрахункового пункту (прикордонна передатна станція або станція примикання НПЗ). Із САІ в реальному режимі часу надходить інформація про останній пройденому на маршруті ПСЧ (єдина мережна розмітка - ЕСР станції, де

встановлений ПСЧ, його номер, напрямок проходження, час проходження, 12-значні номери одиниць рухомого складу).

Сполучення цієї інформації з оперативною інформаційною базою АСОУП, що містить відомості натурних аркушів поїздів, дозволяє доповнити зчитані ПСЧ дані наступними необхідними відомостями: індекс поїзда (поїзд прямий або розбірний), що відслідковують вагони (навантажені або порожні), для навантажених вагонів - пункт призначення, перевезений вантаж. Цих відомостей досить, щоб розрахувати й зафіксувати прогноз дати й часу передбачуваного прибуття вагонів у розрахунковий пункт.

Для рішення завдання керування перевезеннями експортних вантажів прогнозований час прибуття на передатну станцію визначається за часом проходження останнього ПСЧ і нормативу часу просування між цим ПСЧ і розрахунковим пунктом. Варто внести корективи на проходження вагонів із прямим поїздом або з поїздом, що розформовують у шляху проходження вантажу.

Стосовно до міжнародних перевезень, обстеження об'єкта впровадження завдання передбачає аналіз розподілу функцій керування, включаючи диспетчерський апарат станції й відділення дороги, технічну (передатну) контору, структури митної й прикордонної служб, агентів залізничної статистики. З урахуванням думки виконавців слід уточнити потреби в інформаційному обслуговуванні, можливості сполучення функцій окремих виконавців при новому рівні організації інформаційних процедур. Визначаються набір і форми видачі на екрани АРМ і паперові носії оперативних даних, періодичність їхнього відновлення або безперервна трансляція в темпі надходження відомостей від ПСЧ САІ.

Для реалізації цієї технології в інформаційно-обчислювальному центрі дороги розробляються необхідні нормативи часу просування до об'єкта керування від всіх задіяних у завданні ПСЧ із урахуванням характеру перевезення (у прямому або поїзді, що розформовується в шляху). Вивчається можливість використання й адаптації вже наявного в ІОЦ програмного забезпечення. Готуються нормативно-довідкові дані для сепарування інформаційних матеріалів, що відбирають, (коди

найменувань вантажів, типи вагонів, станції відправлення, відправники вантажу, одержувачі вантажів).

Першу чергу впровадження варто обмежити видачею й освоєнням корисного використання розгорнутих оперативних інформаційних матеріалів. Наступним етапом впровадження буде автоматизація оформлення передатних документів на прикордонній станції й підготовки документації для митної й прикордонної служб при організації без паперової технології перевезень. Процедури по визначенню можуть уводитися вибірково для відправлень, охоплених системою електронних перевізних документів. Технологія й організація роботи тут багато в чому визначаються місцевими умовами. Їх можна деталізувати лише на основі даних обстеження об'єкта. Стартовим сигналом запуску завдання може бути одержання інформації від ПСЧ на об'єкті підходу.

1.2 Висновок за розділом

Розглянуто загальні принципи побудови закордонних систем автоматизованої ідентифікації рухомого складу. Дано структура схем САІ. Проаналізовано їх переваги та недоліки.

Встановлено, що перспективним є розробка системи автоматизованого контролю та ідентифікації рухомого радіочастотним методом із застосуванням СВЧ діапазону частотою 2,4 ГГц складу з пасивним автономним датчиком на базі РІС-контролеру.

2 РОЗРОБКА СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО КОНТРОЛЮ ТА ІДЕНТИФІКАЦІЇ РУХОМОГО СКЛАДУ

2.1 Вибір діапазону роботи СВЧ модуля САІ

На корпусі кожної залізничної рухомої одиниці по обидва боки кріпляться два кодових бортових датчики (КБД), що містять потрібну і супутню інформацію про локомотив або вагон. У контрольних точках залізничної мережі монтуються пункти зчитування даних (ПЗ), сполучені каналами передачі даних з інформаційно-обчислювальними центрами залізниць.

Зчитування інформації відбувається радіочастотним методом із застосуванням СВЧ діапазону частотою 2,4 ГГц. Даний діапазон був обраний, завдяки ряду переваг над іншими діапазонами:

- малий рівень атмосферних та промислових перешкод;
- висока швидкість передачі даних;
- можливість створення великої кількості каналів зв'язку;
- невеликі розміри антени;
- радіус дії зв'язку не залежить від погоди, часу року та доби;
- добра відбивна здатність від великогабаритних перешкод;
- відсутність ліцензування.

2.1.1 Умови поширення СВЧ хвиль і СВЧ антени

Антени відносяться до пасивних компонентів радіосистем, і в конструктивному відношенні представляють сукупність провідників і магнітодіелектриків. Поряд із виконанням основних функцій випромінювання і прийому радіохвиль сучасні антени виконують функції просторової фільтрації радіосигналів, забезпечуючи спрямованість дії радіосистем і здійснюючи пеленгацію джерел радіовипромінювання та радіолокаційних цілей.

Якість функціонування антен описується рядом радіотехнічних, конструктивних, експлуатаційних та економічних характеристик і параметрів.

Конструктивне виконання антен і досяжні значення параметрів істотно залежать від діапазону застосовуваних радіохвиль. Розрізняють антени довгих і середніх хвиль, антени коротких хвиль, антени діапазону СВЧ і антени оптичних хвиль. Основна увага буде приділена антенам діапазону СВЧ (300 МГц – 300 ГГц), в якому функціонує переважна більшість радіолокаційних систем, систем наземного й космічного радіозв'язку, радіонавігації, радіотелеметрії і телебачення, у тому числі й система автоматичного контролю та ідентифікації рухомого складу.

Класифікацію антен звичайно проводять по способу формування випромінюваного поля, виділяючи наступні чотири класи антен:

1. Випромінювачі невеликих розмірів ($l \leq \lambda$) для діапазону частот 10 кГц - 1 ГГц. До них відносяться одиночні вібраторні й щілинні випромінювачі, смугові та мікросмугові антени, рамкові антени, а також частотно-незалежні випромінювачі.

2. Антени хвилі, що біжить, розмірами від λ до 10λ для діапазону частот 3 МГц - 10 ГГц, а саме: спіральні, діелектричні, директорні, імпедансі антени, а також антени «впливаючої» хвилі.

3. Антенні ґрати розмірами від λ до 100λ і більше, для частот 3 МГц - 30 ГГц. Це антени, що складаються з великої кількості окремих випромінювачів. Незалежне регулювання фаз (іноді, амплітуд), збудження кожного елемента антенної решітки забезпечує можливість електричного керування діаграмою спрямованості. Застосовуються лінійні, плоскі, кільцеві, опуклі й конформні (співпадаючі з формою об'єкта установки) антенні ґрати. На основі антенних ґрат виконують антенні системи з обробкою сигналу, у тому числі адаптивні до змінної обстановки завад.

4. Апертурні антени розмірами від λ , до 1000λ для діапазону частот 100 МГц - 100 ГГц і вище. Найпоширеніші дзеркальні, рупорні й лінзові антени. До апертурних антен примикають так називані «гібридні» антени, що представляють собою сполучення дзеркал або лінз із системою, що опромінює формою у вигляді антенної решітки. Апертурні антени будуються за оптичними принципами і забезпечують найбільш високу спрямованість випромінювання.

2.1.2 Конструкції антени

У схемі конкретної антени можна виділити вхід, що погоджує пристрій, розподільник і випромінюючу систему. Під входом антени звичайно розуміють перетин лінії передачі із хвилею заданого типу. Положення цього перетину повинне бути зазначене точно, що необхідно для однозначного електричного розрахунку тракту. Сучасні антени можуть мати кілька, а іноді сотні й тисячі входів, що можуть використовуватися для одночасної роботи антени на різних частотах або для незалежного формування кількох різних характеристик спрямованості.

Погоджуючий пристрій призначається для забезпечення режиму живильної лінії, як можна більше близького до хвилі, що біжить. Поряд зі звичайними схемами вузькосмугового і широкосмугового узгодження в антенах часто використовуються можливості погодження входу шляхом раціонального вибору ряду конструктивних розмірів у розподільнику.

Розподільник антени представляє собою конструкцію із провідників та діелектриків і створює потрібний закон розподілу випромінюючих струмів, що забезпечує формування необхідної характеристики спрямованості.

Випромінююча система являє собою область простору, де протікають струми, що збуджують електромагнітні хвилі. В силу принципу оборотності антен така ж зберігається і для прийомних антен. У якості випромінюючої системи можуть фігурувати як реальні електричні струми, що протікають по металевих поверхнях, так й еквівалентні фіктивні електричні та магнітні струми на замкнутих поверхнях, що оточують антену, а також струми електричної та магнітної поляризації в просторі, зайнятому магнітодіелектриками.

Виділення розподільника з випромінюючою системою пов'язане із традиційним підходом, відповідно до якого розрахунок антени розділяється на дві частини: внутрішнє завдання й зовнішнє завдання. Внутрішнє завдання полягає в знаходженні функцій розподілу високочастотних струмів випромінюючої системи. У зовнішньому завданні по відомому розподілу струмів визначається електромагнітне поле антени і його параметри, що характеризують ширина променя, рівень бічного випромінювання, коефіцієнт спрямованої дії та ін.

2.1.3 Антени хвилі, що біжить

Антени хвилі, що біжить, реалізують режим осьового випромінювання і виконуються на основі систем сповільнення, здатних підтримувати поверхневі хвилі. Збудження антен хвилею, що біжить, здійснюється з одного кінця, а режим хвилі, що біжить, забезпечується належним вибором параметрів системи сповільнення, і дуже рідко - застосуванням погоджуючи навантажень на протилежному кінці. Збудження поширюється вздовж випромінюючої системи від одного кінця до іншого і тому ці антени часто називають антенами послідовного живлення. Із зміною частоти може змінюватися фазова швидкість у системі сповільнення, а також ефективність та якість дії погодження збудника. Звичайно антени хвилі, що біжить, мають робочу смугу частот, вимірювану одиницями відсотків, і значно рідше - десятками відсотків. Унікальною властивістю цих антен є малі розміри поперечного перерізу випромінюючої системи. Це дозволяє розміщувати не виступаючі антени, хвилі, що біжить, на гладкій поверхні корпусів літаючих об'єктів.

Діелектричні стрижневі антени застосовуються на частотах від 2ГГц і вище. Вони являють собою діелектричні стрижні (іноді трубки) круглого або прямокутного поперечного перерізу, що збуджуються відрізком круглого або прямокутного металевих хвилеводу. У діелектричному стрижні використовується нижча гібридна вповільнена електромагнітна хвиля.

При конструюванні діелектричних антен збуджуючий вібратор у металевому хвилеводі бажано розташовувати поза діелектриком. Це приводить до підвищення ККД, так як порушені вібратором хвилі вищих типів загасають поблизу і не проникають в діелектрик. Діелектричні стрижневі антени поряд із самостійним застосуванням часто використовують в якості слабоспрямованих елементів при побудові фазованих антенних решіток.

Спіральні антени. На частотах 300 МГц і вище широке застосування знаходять циліндричні спіральні антени (рис. 2.1, а), що випромінюють поле із круговою поляризацією в напрямку осі. Антена складається із дрової спіралі 1 довжиною кількох λ при діаметрі витка, приблизно рівному λ/π . Один кінець спіралі

залишається вільним, а інший з'єднаний із внутрішнім провідником коаксіальної лінії 3. Зовнішній провідник приєднується до металевого екрану 2. У спіралі виникає хвиля, що біжить, електричного струму й максимум випромінювання виявляється орієнтованим уздовж осі вбік руху хвилі струму.

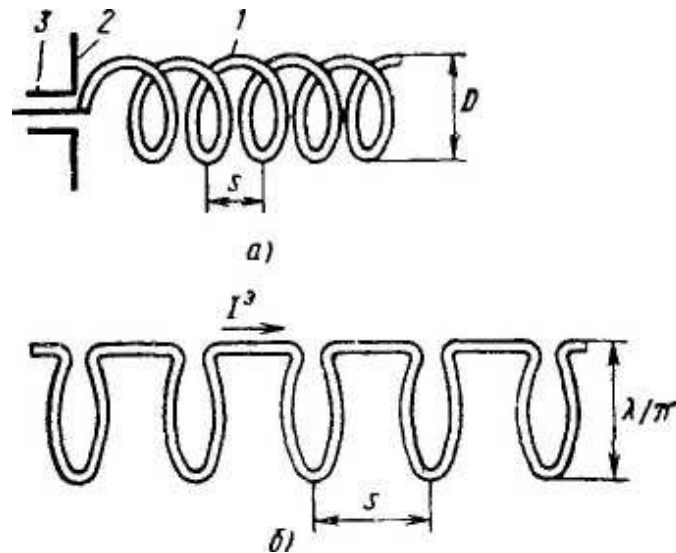


Рисунок 2.1 – Спіральна антена (а) і її схема заміщення (б)

Випромінююча система представлена набором плоских круглих витків, розташованих по осі з кроком S і послідовним живленням (рис. 2.1, б).

За числом витків та способу їх намотування спіральні антени можуть бути одно- та багатовхідними з односторонньою (рис. 2.2, а) чи двохсторонньою (зустрічною) обмоткою (рис. 2.2, б).

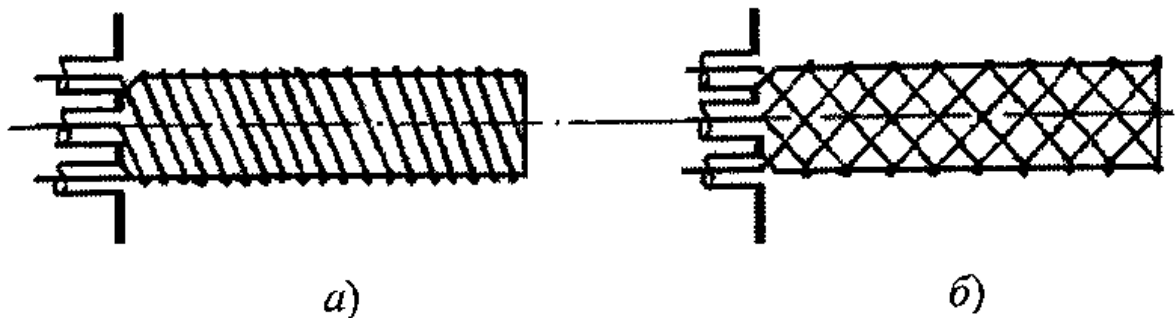


Рисунок 2.2 – Циліндричні регулярні спіральні антени: а – багатовхідна з односторонньою обмоткою, б – багатовхідна з двохсторонньою обмоткою

У ряду випадків для збільшення жорсткості конструкції обмотка спіралі здійснюється на діелектричному каркасі (рис. 2.3), що одночасно приводить до додаткового уповільнення фазової швидкості хвилі в антені.

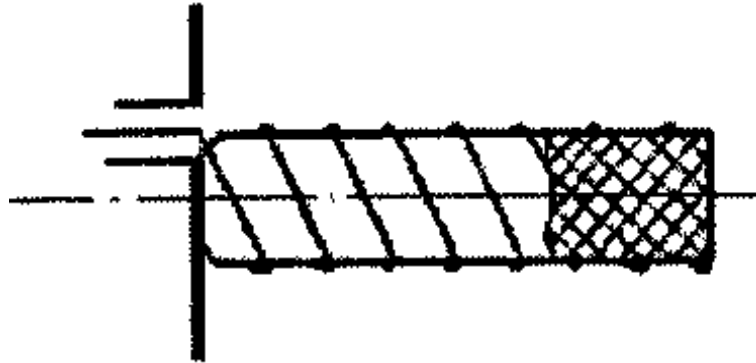


Рисунок 2.3 – Спіральна антена с додатковим уповільненням

Основним режимом є режим осьового випромінювання. Розрахунки і виміри показують, що в спіральній антені з осьовим випромінюванням коефіцієнт сповільнення фазової швидкості зменшується при збільшенні частоти, що сприяє розширенню робочої смуги частот антени. Однак, якщо розглядати спіральну антену, як антену осьового випромінювання з уповільненою фазовою швидкістю, то для одержання максимального ККД фазове зрушення випромінюваного поля від першого і останнього елементів антени в точці спостереження на її осі повинен бути рівним π .

Крім циліндричних спіральних антен застосовуються також більш широкопasmові кінчні спіральні антени (рис. 2.4). В одному випадку спіраль живиться з основи, а в іншому - з верхнього кінця.

У дипломному проєкті я пропоную використати антени хвилі, що біжить, а конкретно спіральні антени, які за своїми параметрами та характеристиками найбільш підходять для реалізації поставленого завдання. З формули $L = c / f$ (де L – довжина антени, c – швидкість світла, f – діапазон частот, 2,4 ГГц), можна дізнатися довжину антени. Яка буде становити 12,5 см.

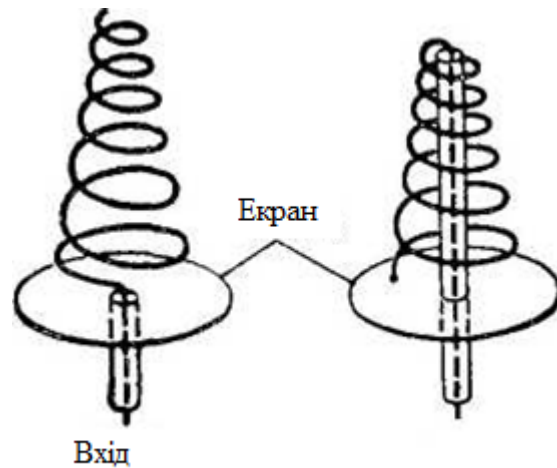


Рисунок 2.4 – Конічні спіральні антени

2.2 Структурна схема системи автоматизованого контролю та ідентифікації рухомого складу

Структурна схема САІ містить наступні блоки (рис. 2.5):

- СВЧ прийомо-передавач із пристроєм керування на базі мікроконтролера PIC16F873;
- канал зв'язку на базі CAN – протоколу та інтерфейсу RS-485;
- центральний контролер (ЦК) на базі мікроконтролера PIC16F874;
- АРМ на базі персонального комп'ютера типу IBM PC;
- активні й пасивні бортові датчики.

Центральний контролер (ЦК) встановлюється на кожній станції, що обмежує перегін. Він призначений для збору, зберігання й обробки інформації, що надходить від лінійних контролерів, які аналізують інформацію з бортових датчиків. Центральний контролер забезпечує передачу отриманої інформації на автоматизовані робочі місця чергового по станції й електромеханіка СЦБ, а також виведення основних даних на вбудований текстовий індикатор, що робить систему повністю автономною і зберігає працездатність навіть при виході з ладу будь-якого АРМ.

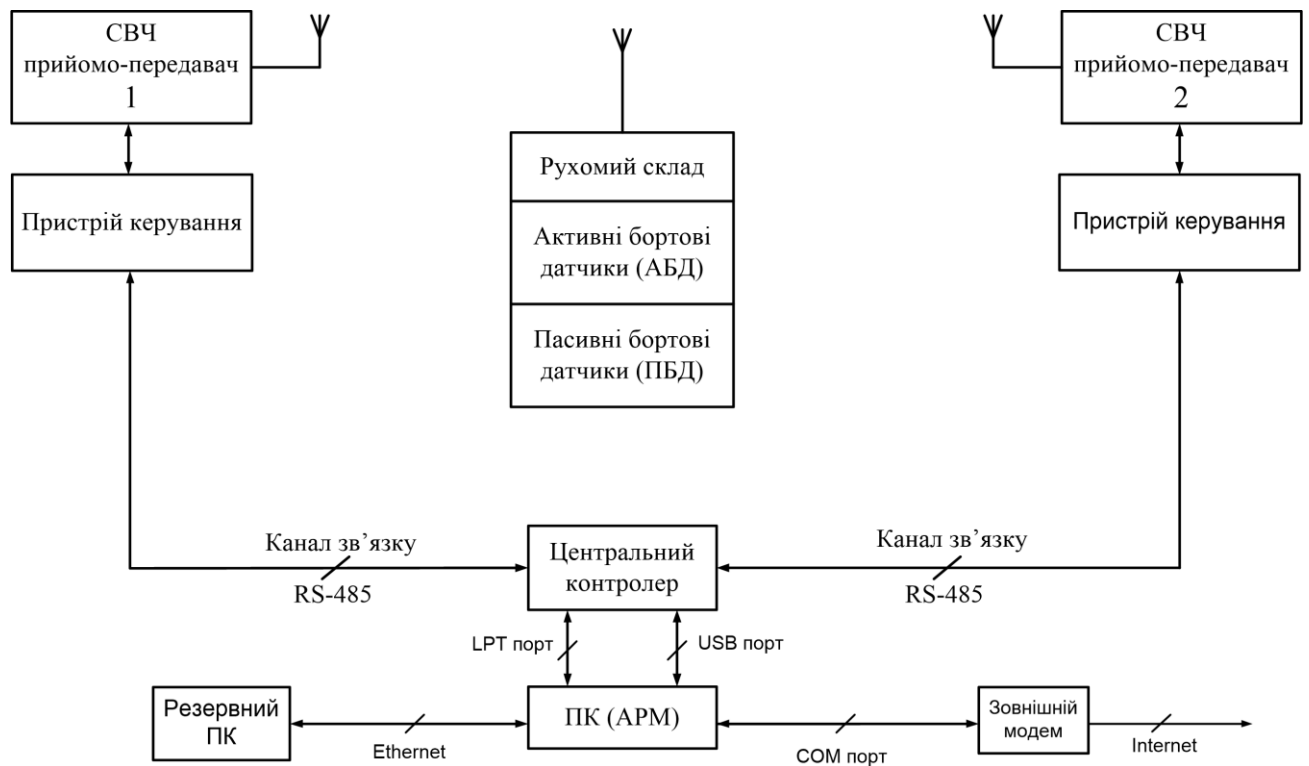


Рисунок 2.5 – Структурна схема САІ

Функції центрального контролера:

- організація циклічного контролю бортових датчиків шляхом опитування лінійних контролерів;
- зберігання поточної інформації про стан всіх опитуваних датчиків;
- організація обміну даними між АРМ і центральним контролером;
- керування режимами роботи лінійних контролерів.

Для зв'язку пристроєм керування із ЦК використовується мікросхема ADM 485, на якій реалізований фізичний рівень інтерфейсу зв'язку RS-485. Далі по каналу інформація в перешкодозахисному коді передається від пристроєм керування на центральний контролер, що здійснює передачу інформації від СВЧ прийомо-передавача по каналу зв'язку на ПК.

При несправності ПК, порушенні зв'язку з ним або іншими причинами, які виключають можливість виведення інформації на екрани АРМ, для відображення стану ЛК використовується алфавітно-цифровий рідінокристалічний індикатор (РКІ). Алфавітно-цифрові РКІ-модулі є недорогим і зручним рішенням, що

дозволяють заощадити час і ресурси при розробці нових виробів і забезпечують відображення великого обсягу інформації при гарній помітності й низькому енергоспоживанні. Можливість оснащення РКІ-модулів підсвічуванням дозволяє експлуатувати їх в умовах зі зниженою або нульовою освітленістю, а виконання з розширеним діапазоном температур ($-20^{\circ}\text{C} \dots +70^{\circ}\text{C}$), у складних експлуатаційних умовах.

2.2.1 Центральний контролер системи ідентифікації рухомого складу

Основним елементом ЦК є мікроконтролер PIC16F874, який виконує наступні функції:

1. Управління процесом обміну інформацією між центральним і лінійними контролерами, використовуючи CAN-протокол.
2. Управління виведенням інформації на індикатор.
3. Організація обміну даними між ЦК і комп'ютером АРМа через паралельний або послідовний порти.

Частота роботи мікроконтролера – 16 МГц задається кварцовим резонатором Q1. Світлодіодний індикатор VD1, підключений до мікроконтролера (МК), працює в миготливому режимі, що характеризує активний і справний стан ЦК і МК зокрема.

В схемі передбачена можливість регулювання яскравості РК індикатора за допомогою змінного резистора R15, що підключається до індикатора по колу VO.

Для більш оперативного реагування працівників на несправність у пристрій включається звуковий сигнал тривоги. Тональна частота (1000 Гц) генерується таймером TMR0 PIC-контролера в результаті переривання, що відбувається при реєстрації поломки пристрою. Посилення сигналу здійснюється за допомогою підсилювача, реалізованого на транзисторі VT1(КТ315). Для скидання звукової сигналізації застосовується ключ SB2.

2.2.2 Модуль зв'язку між центральним контролером та лінійним комплектом зчитування інформації з рухомого складу

Для ув'язки ЦК з напільним обладнанням застосовано диференційований канал зв'язку, що забезпечує високу перешкодостійкість. Протокол зв'язку RS-485 є найбільш широко використовуваним промисловим стандартом, що має двонаправлену збалансовану лінію передачі та підтримує багатоступеневі з'єднання, забезпечуючи створення мереж з кількістю вузлів до 32 і передачу на відстань до 4000 м. Використання повторювачів RS-485 дозволяє збільшити відстань передачі ще на 4000 м або додати ще 32 вузла. Стандарт RS-485 підтримує напівдуплексний зв'язок. Для передачі й прийому даних досить однієї скрученої пари провідників. Диференціальна передача сигналу в системах на основі стандарту RS-485 забезпечує надійну передачу даних у присутності шумів, а диференціальні входи приймача, крім того, можуть значно послабляти синфазні напруги. Для зв'язку використовується мікросхема ADM-485, яка реалізує фізичний рівень інтерфейсу RS-485.

Припустиме навантаження драйвера RS-485 кількісно визначається в термінах одиничного навантаження, що, у свою чергу, є вхідним імпедансом одного стандартного приймача RS-485 (12 кОм). Таким чином, стандартний драйвер RS-485 може керувати 32 одиничними навантаженнями. Однак для деяких приймачів RS-485 вхідний опір є вищим – 48 кОм (1/4 одиничного навантаження) або навіть 96 кОм (1/8 одиничного навантаження), тобто до однієї шини можуть бути підключені відразу 128 або 256 таких приймачів. Можна підключити будь-яку комбінацію типів приймачів, якщо їхній паралельний імпеданс не перевищує 32 одиничні навантаження (тобто сумарний опір не менше 375 Ом).

Високі швидкості передачі вимагають більших швидкостей наростання напруги на виходах драйверів, що створює електромагнітні перешкоджання (ЕМІ). Деякі прийомо-передавачі RS-485 зводять ЕМІ до мінімуму, обмежуючи їхні швидкості наростання. Відносно невисокі швидкості наростання також допомагають контролювати відбиття, викликані швидкими перехідними процесами, високими швидкостями передачі даних або довгими лініями зв'язку. Основою для мінімізації

відлуння є використання резисторів, узгоджених з номіналами, які відповідають хвильовому опору кабелю. Для звичайних кабелів RS-485 (кручена пара проводів) це означає розміщення резисторів номіналом 120 Ом на обох кінцях лінії зв'язку.

Для реалізації протоколу обміну даними з високою вірогідністю виявлення помилки в модулі зв'язку використовується CAN-контролер MCP2510. Частота роботи CAN-контролера задається власним кварцовим резонатором - Q2, і становить 16 МГц. У ньому на апаратному рівні реалізовані функції перевірки каналу зв'язку, адресації інформації, усунення конфліктів з іншими прийомо-передавачами.

CAN-контролер виконує всі функції для прийому й передачі повідомлень на шині. Дані, призначені для передачі, записуються у відповідні регістри. Стан CAN модуля й виникаючих помилок перевіряються зчитуванням регістрів статусу. Будь-яке повідомлення, що передається по шині, перевіряється на наявність помилок, узгоджується по фільтрах і зберігається в регістрах прийомного буфера при виконанні всіх умов.

CAN-контролер пов'язаний із прийомо-передавачем ADM-485 через оптрону розв'язку, реалізовану на оптронах DA2 й DA3. Вона застосовується для захисту основних елементів ЦК від можливих перенапруг і перешкод у каналі зв'язку.

Кожен вузол мережі повинен контролювати бездіяльність шини про-тягом деякого часу, перш ніж послати повідомлення. При виявленні бездіяльності шини, всі вузли мережі мають рівну можливість передати дані.

В CAN протоколі повідомлення не є адресними, тобто повідомлення не адресуються від одного вузла до іншого. Повідомлення містить ідентифікатор джерела і власні дані. Всі вузли CAN мережі можуть прийняти кожне повідомлення на шині й самостійно визначити: зневажити даним повідомленням або обробити його. Іншою корисною особливістю CAN протоколу є можливість вилученого запиту даних (RTR). На відміну від попереднього випадку, необхідні дані не очікуються на шині, а запитуються в конкретного вузла. Проектувальник може використати цю особливість для зниження трафіку шини при збереженні цілісності мережі.

2.3 Алгоритм роботи системи автоматизованого контролю та ідентифікації рухомого складу

Робота програмного забезпечення центрального контролера починається з ініціалізації всіх пристроїв, які керуються РІС-контролером, тобто поновлення їхнього початкового стану.

Після ініціалізації перевіряється наявність зв'язку з АРМ. Штатним режимом зв'язку центрального контролера із ПК АРМ, є зв'язок по USB-порту. Тому перевірка нормального функціонування цього режиму проводиться в першу чергу. Якщо при спробі встановлення зв'язку із ПК по USB-порту виявлені збої або помилки, ЦК перевіряє працездатність резервного режиму зв'язку через послідовний СОМ-порт. При наявності помилок або повній відсутності зв'язку в цьому режимі, ЦК видає на РКІ повідомлення про те, що зв'язок із ПК відсутній і починає опитування лінійних контролерів в автономному режимі, тобто без обміну інформацією з АРМ.

Циклічне опитування ЛК (рис. 2.6) проводиться за допомогою переривання від таймера РІС-контролера. Часовий інтервал – $F(t)$, через який відбувається переривання, встановлюється програмно і легко може бути змінений. У ході заданого інтервалу організовується цикл на опитування ЛК.

Циклічне опитування лінійних контролерів починається з посилки запиту даних на ЛК1. Якщо в заданому інтервалі часу не були отримані коректні дані, із ЛК1 посилається другий запит. При відсутності відповіді на другий запит, ЦК виводить на індикатор і передає в АРМ повідомлення про відсутність зв'язку із ЛК1, після чого продовжує опитування ЛК2.

При відповіді ЛК1, отримані дані записуються в ОЗП РІС-контролера, звідки будуть зчитані ПК наприкінці циклу опитування. Записані дані аналізуються на наявність несправності і якщо в результаті аналізу даних виявлені несправності, включається звуковий сигнал тривоги, а потім інформація про несправності виводиться на РКІ. У такий спосіб відбувається опитування ЛК та інформація про

його стан зберігається в ОЗП мікроконтролера. Цикл опитування завершується, і по перериванню від таймера опитування починається з початку.

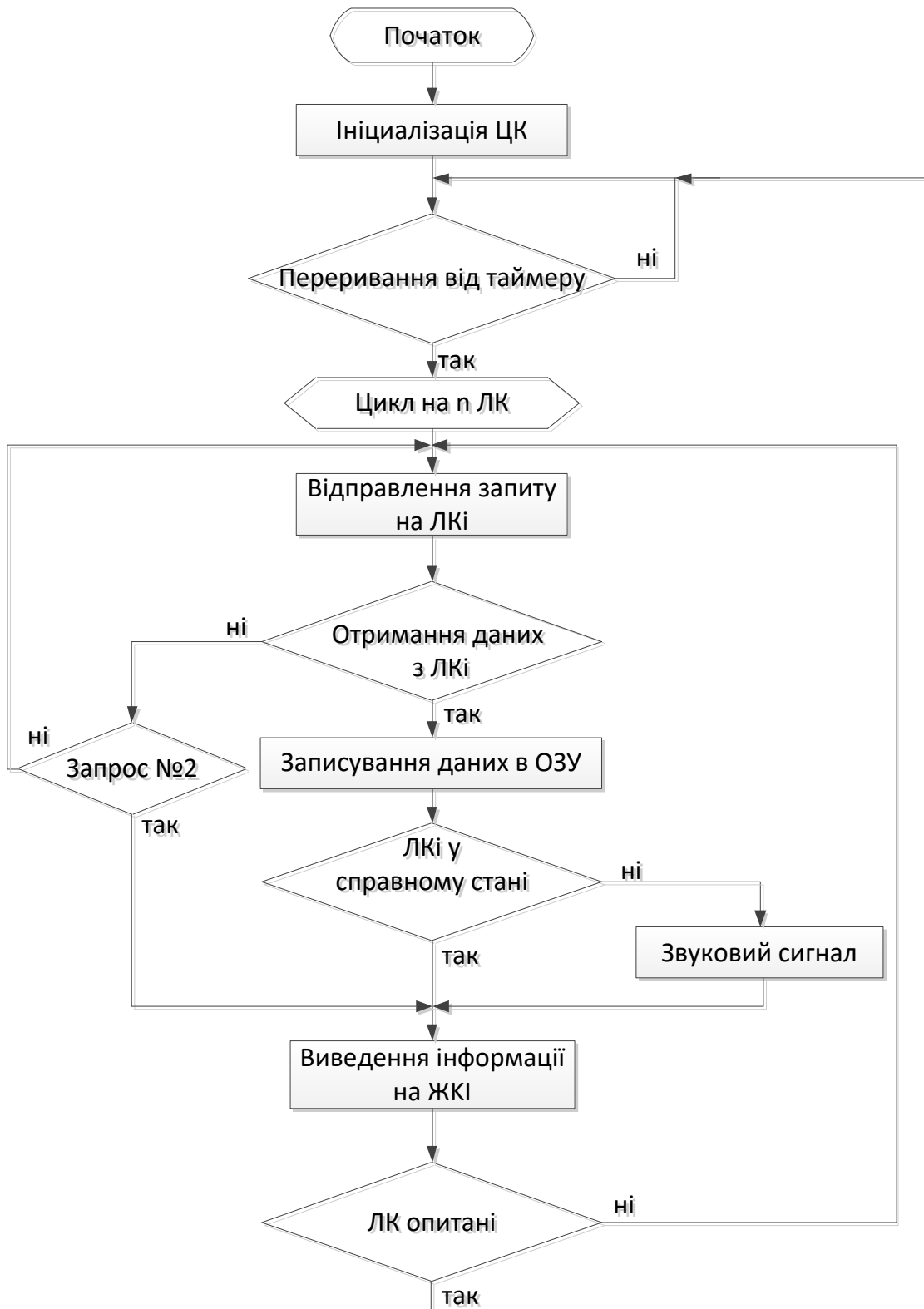


Рисунок 2.6 – Алгоритм опитування лінійних контролерів

Процес обміну даними з АРМ починається з перевірки зв'язку, механізм якої описаний нижче (рис. 2.7). Ініціатором обміну інформацією є ПК, що очікує звільнення мікроконтролера, опитуючи стан біта ERROR USB -порта. Якщо PIC-контролер вільний, ПК може запросити дані в центрального контролера. Останній визначає тип запиту:

- 1) читання з ОЗП результатів опитування ЛК;
- 2) запит інформації про стан певного ЛК.

У першому випадку ПК звертається до пам'яті даних мікроконтролера за програмно заданими адресами й зчитує інформацію. В другому випадку ЦК визначає номер ЛК про яку електромеханік хоче одержати інформацію.

Наступний алгоритм детально відображає процес обміну інформацією між ПК й PIC-контролером.

Перевірка зв'язку:

1. ПК передає в ЦК код 01H;
2. ЦК відповідає послідовністю байт: 55H, AAH, 0FH;
3. Відсутність відповіді або прийом інших байт - помилка зв'язку.

Зчитування інформації з чарунки ОЗП PIC-контролера:

1. ПК передає в ЦК код:
 - 04H для читання 0-1 банку;
 - 05H для читання 2-3 банків.
2. ЦК передає ПК код 0FH;
3. ПК передає в ЦК адресу чарунки ОЗУ;
4. ЦК передає ПК зміст чарунки ОЗУ.

Запис інформації в чарунку ОЗП PIC-контролера:

1. ПК передає ЦК код:
 - 02H для запису в 0-1 банк;
 - 03H для запису в 2-3 банк.
2. ЦК передає в ПК код 0FH;
3. ПК передає в ЦК адресу чарунки ОЗП;
4. ЦК передає в ПК код 0FH;

5. ПК передає в ЦК дані для запису в чарунку ОЗП;
6. ЦК передає в ПК код 0FH.

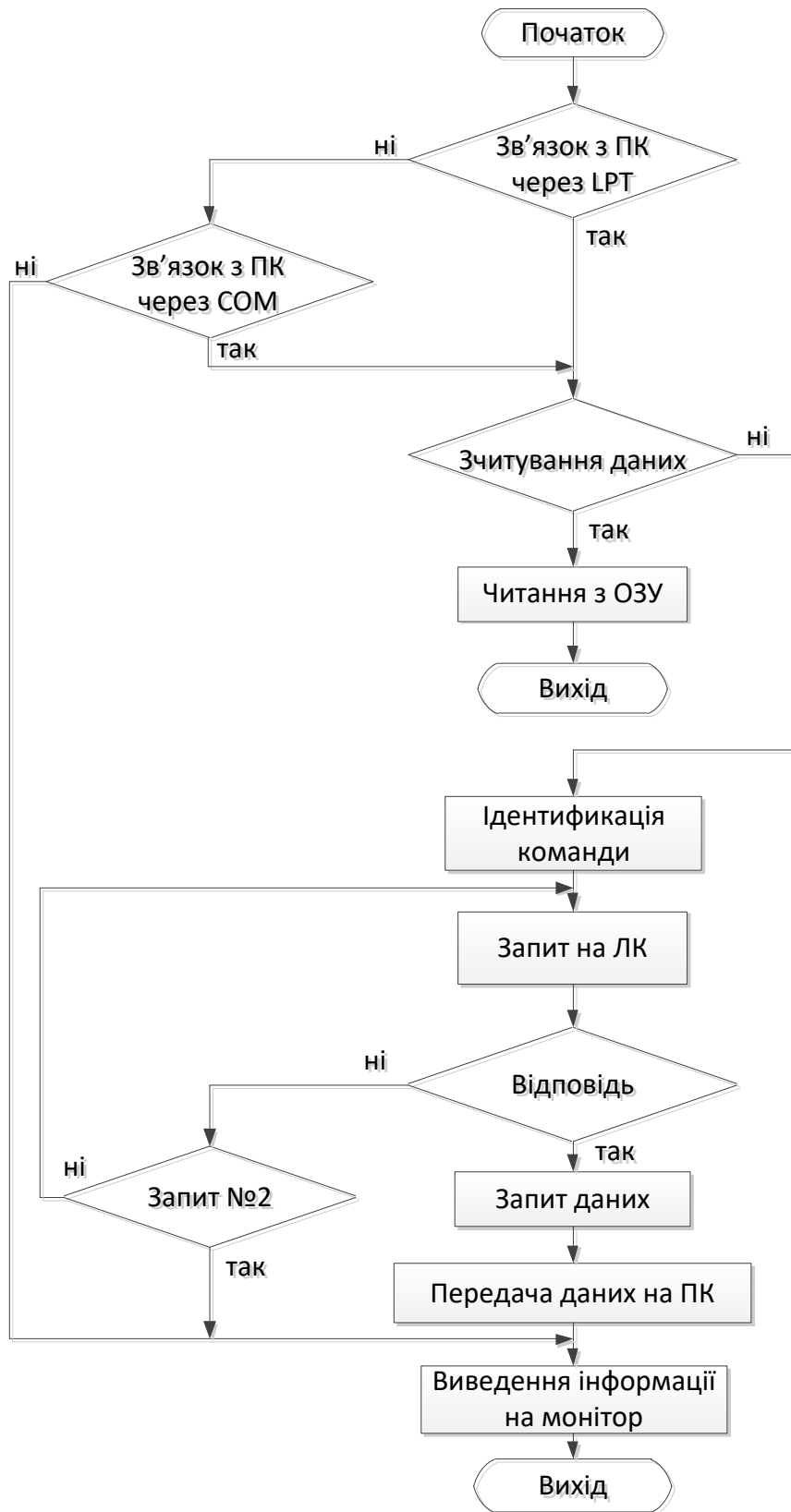


Рисунок 2.7 – Алгоритм обміну даними з АРМ

Програмне забезпечення АРМ дозволяє електромеханіку в реальному масштабі часу контролювати роботу пристроїв.

Таким чином, проаналізувавши загальний алгоритм роботи та структуру системи можна відмітити, що можливості контролю та ідентифікації рухомого складу з високою точністю, обминаючи домінуючі помилки людського фактору, представляють новітню систему якісно дієздатною. На даному етапі розробки система дозволяє повністю автономно працювати на малодіяльних ділянках залізниць, як засіб інтервального регулювання, завдяки контролю проходу поїзда у повному складі. Тобто може повністю замінити класичну систему напівавтоматичного блокування (ПАБ).

2.4 Висновок за розділом

Розроблено систему автоматизованого контролю та ідентифікації рухомого складу, обрано діапазон роботи СВЧ модуля САІ. Дано структурну схему системи автоматизованого контролю та ідентифікації рухомого складу і алгоритми опитування лінійних контролерів і обміну даними з АРМ через LTP або COM-порти.

3 РОЗРОБКА АВТОНОМНОГО ДАТЧИКА З ПАСИВНИМ ЖИВЛЕННЯМ ДЛЯ СИСТЕМИ ІДЕНТИФІКАЦІЇ РУХОМОГО СКЛАДУ

3.1 Принципова схеми автономного датчика з пасивним живленням для систем ідентифікації рухомого складу

Для надійної та безпомилкової роботи САІ кожна рухома одиниця повинна бути обладнана прийомо-передавачами: локомотиви або моторвагонний рухомий склад – активними, (із джерелом живлення), а вагони – пасивними, (без джерела живлення).

Принцип роботи пасивного датчика полягає в наступному. Передбачимо, що у нас є трансформатор, первинна обмотка якого підключена до мережі змінного струму, а вторинна розімкнена. Підключаємо навантаження (наприклад, лампочку) до вторинної обмотки. Через лампу починає текти струм, лампа горить, енергія витрачається. Струм в первинній обмотці трансформатора при цьому теж збільшується – енергії, що заставляє лампочку горіти, більше не має звідки узятися. Потрібно відзначити, що за відсутності навантаження на вторинній обмотці трансформатора в первинній обмотці все одно протікає струм. Це так званий струм холостого ходу. В хороших трансформаторів струм холостого ходу невеликий, а при правильно вибраному навантаженні на вторинній обмотці ККД трансформатора наближається до 100 відсотків, тобто потужність, споживана трансформатором лише трохи перевищує потужність, що знімається з вторинної обмотки. Ще одне зауваження: енергія в трансформаторі від первинної обмотки до вторинної повністю передається через магнітне поле, зосереджене в основному усередині сердечника із спеціальної електротехнічної сталі або фериту. Нас цікавить наступний вивід з цього уявного експерименту: спостерігаючи за струмом в первинній обмотці трансформатора, можна визначити, чи підключено навантаження до вторинної обмотки. Іншими словами, використовуючи будь-який вид імпульсної модуляції, тобто комутуючи навантаження у вторинній обмотці по відомих правилах ми можемо передати інформацію вторинній обмотці до первинної. Якщо прибрати з конструкції трансформатора сталевий сердечник і

рознести первинну і вторинну обмотки у просторі, то ККД трансформатора зменшиться, і до вторинної обмотки навряд чи матиме сенс підключати лампочку, проте:

По-перше, переданої енергії може опинитися досить для живлення електронної схеми (чіпа), яка розмикає і замикає вторинну обмотку відповідно до «прошитого» усередині пам'яті цієї мікросхеми унікальним кодом. У конструкцію мікросхеми також повинен входити конденсатор, який підтримує її електроживлення в ті моменти часу, коли вторинна обмотка розімкнена.

По-друге, струм в первинній обмотці все ще мінятиметься синхронно з комутацією навантаження у вторинній, що може зареєструвати чутлива вимірювальна схема.

Отже, простий транспондер. Фіксований код, що передається, складається з обмотки і чіпа, підключеного до її виводів. Усередині чіпа, у свою чергу, знаходяться:

- енергонезалежна пам'ять для зберігання унікального коду транспондера у вигляді довгого двійкового коду.
- випрямляч і стабілізатор напруги з буферним конденсатором.
- модуль модуляції, що переводить код транспондера в послідовність замкнених і розімкнених витків котушки.
- електронний ключ, замикаючий / розмикаючий приєднаний до чіпа обмотку.

Для збільшення чутливості системи базова станція – транспондер замість простої обмотки використовують налагоджений в резонанс з несучою частотою LC контур. Струм в первинній обмотці – випромінюючій антені базової станції – вимірюється чутливим підсилювачем, що дозволяє розрізнити зміни струму на доли відсотка. Оскільки характер модуляції відомий, електричні фільтри дозволяють досить ефективно боротися з випадковими перешкодами. Простим прикладом надлишкового коду є подвійна передача одного повідомлення з подальшим порівнянням, проте на практиці використовуються економніші і в той же час «хитріші» методи.

Пасивні бортові датчики складаються з таких основних елементів (рис. 3.1):

- мікросхема прийомо-передавач CC2420;
- мікроконтролер PIC16F88;
- зовнішня антена;
- набір конденсаторів живлення;
- синхронізуючі резонатори.

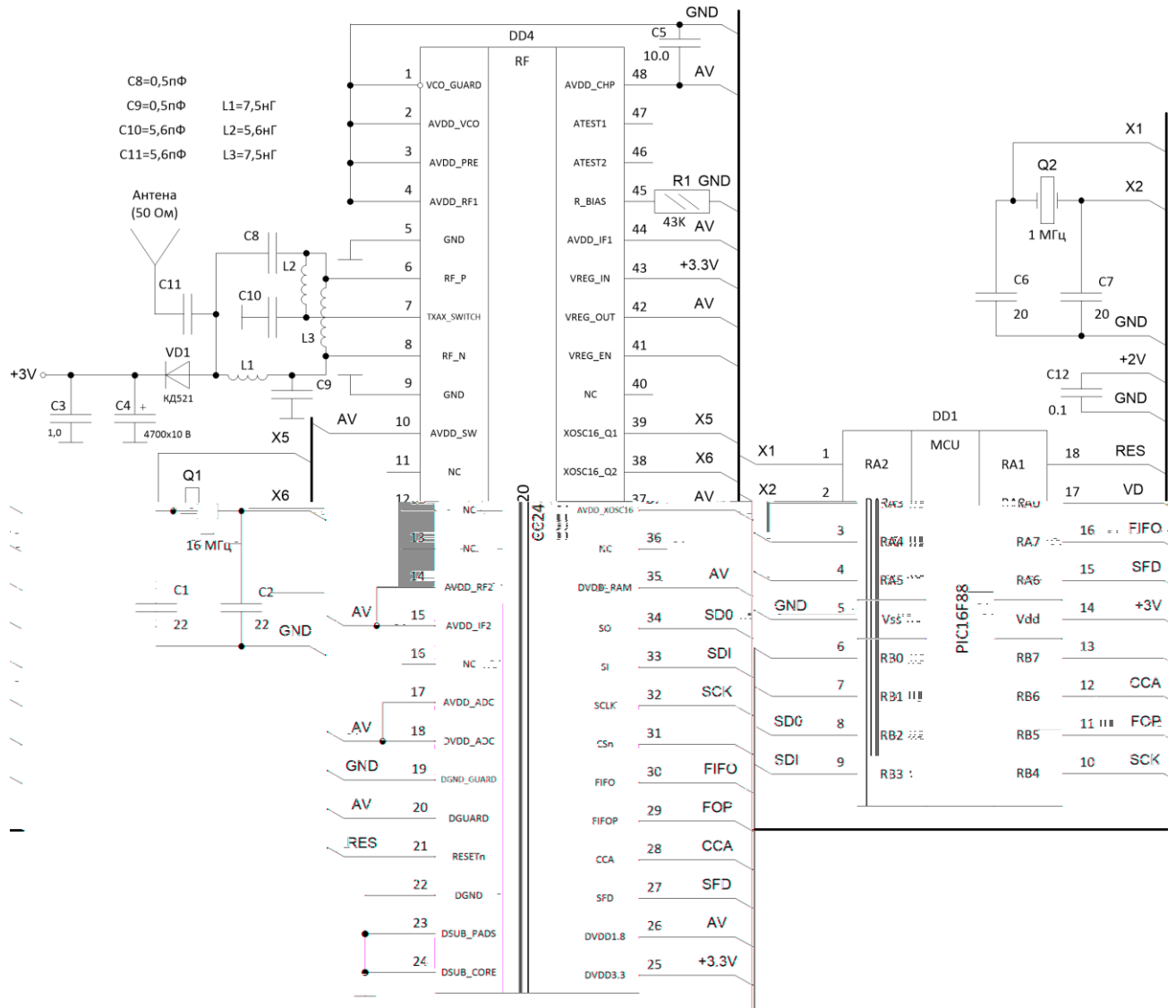


Рисунок 3.1 – Принципова схеми автономного датчика з пасивним живленням для систем ідентифікації рухомого складу

Мікросхема прийомо-передавач CC2420, з робочою частотою 2,4 ГГц, стандарту IEEE 802.15.4, спроектовано для малопотужних радіосистем з низькою напругою живлення. CC2420 включається в основну смугу прямого спектру полоси частот,

що забезпечує затухання розгорнутої хвилі сигналу 9 дБ і ефективну швидкість передачі даних 250 кбіт/с.

Водночас ІМС CC2420 є досить дешевою та повністю сумісною у високочастотному діапазоні бездротових комунікацій зі світовими стандартами ETSI EN 300-328 та EN 300-440 (Європа), FCC CFR47 (США) і ARIB STD-T66 (Японія). Вона забезпечує широку апаратну підтримку інформаційного пакету:

- управління даними;
- буферизація інформації;
- виявлення та виправлення помилок;
- кодування та ідентифікація даних;
- якісна оцінка каналу;
- розрахункові та часові операції.

Основні технічні особливості CC2420.

Робоча частота – 2,4 ГГц стандарту IEEE 802.15.4 на прийомо-передавачі RF з модуляцією основної смуги частот.

DSSS модуляція основної смуги частот.

Ефективна швидкість передачі даних – 250 кбіт/с.

Сумісний як для RFD, так і для FFD операцій.

Низьке поточне споживання енергії (прийом даних: 19,7 мА, передача даних: 17,4 мА).

Гнучкий діапазон напруги живлення (2,1 – 3,6 В), завдяки вбудованому внутрішньому регулятору.

Зовнішній регулятор напруги з гнучким діапазоном живлення (1,6 – 2,0 В).

Програмована вихідна потужність.

Відсутність зовнішнього вимикача прийомо-передавача.

Невелика кількість зовнішніх вузлів.

128 байтова буферизація даних на входах RX і TX.

Цифровий RSSI на основі LQI.

Апаратне MAC кодування (AES-128).

Індикатор заряду батареї.

Тип корпусу QLP-48, 7x7 мм.

Сумісний з СВЧ діапазонами ETSI EN 300-328 та EN 300-440(Європа), FCC CFR-47(США) і ARIB STD-T66(Японія).

Надійне і гнучке розташування внутрішнього обладнання.

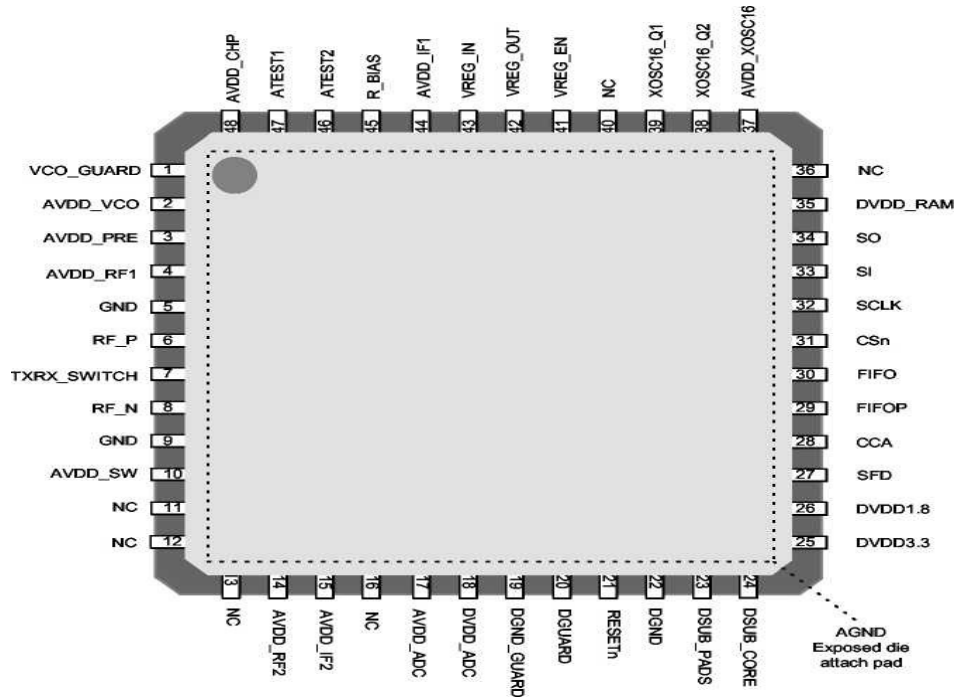


Рисунок 3.2 – Прийомо-передавач CC2420

Таблиця 3.1 – Призначення виводів прийомо-передавача CC2420

№	Ім'я виводу	Тип виводу	Призначення виводу
1	2	3	4
-	AGND	Земля (аналог)	Загальний вивід (аналоговий)
1	VCO GUARD	Живлення (аналог)	З'єднується із захисним кільцем для живлення VCO
2	AVDD VCO	Живлення (аналог)	Живлення 1,8 В для VCO
3	AVDD PRE	Живлення (аналог)	Живлення 1,8 В для переддільника

Продовження табл.3.1

1	2	3	4
4	AVDD RF1	Живлення (аналог)	Живлення 1,8 В для прийомо- передавача
5	GND	Земля (аналог)	Аналогова земля для прийомо- передавача
6	RF P	RFI/O	Позитивний вхід/вихід
7	TX,RX SWITCH	Живлення (аналог)	Загальне живлення для інтегрованого прийомо-передавача
8	RF N	RFI/O	Негативний вхід/вихід
9	GND	Земля (аналог)	Земля для прийомо-передавача
10	AVDD SW	Живлення (аналог)	Живлення 1,8 В Power LNA /PA
11	NC	-	Не використовується
12	NC	-	Не використовується
13	NC	-	Не використовується
14	AVDD RF2	Живлення (аналог)	Живлення 1,8 В мультиплексорів прийомо-передавача
15	AVDD IF2	Живлення (аналог)	Живлення 1,8 В для ланцюга IF прийомо-передавача
16	NC	-	Не з'єднано
17	AVDD ADC	Живлення (аналог)	Живлення 1,8 В для аналогової частини АЦП і ЦАП
18	DVDD ADC	Живлення (цифр)	Живлення 1,8 В для цифрової частини АЦП
19	DGND GUARD	Земля (цифр)	Захисна цифрова земля
20	DGUARD	Живлення (цифр)	Живлення 1,8 В цифрової захисної схеми

Продовження табл.3.1

1	2	3	4
21	RESET	Цифровий вхід	Скидання
22	DGND	Земля (цифр)	Цифрова земля
23	DSUB PADS	Земля (цифр)	Земля для цифрових частин
24	DSUB CORE	Земля (цифр)	Земля для цифрових модулів
25	DVDD3.3	Живлення (цифр)	3,3 В живлення цифрового вводу/виводу
26	DVDD1.8	Живлення (цифр)	1,8 В живлення цифрового ядра
27	SFD	Цифровий вихід	Сигнал «начало роздільника кадру»
28	CCA	Цифровий вихід	Сигнал «оцінка чистоти каналу»
29	FIFOP	Цифровий вихід	Сигнал «переповнення буфера FIFO»
30	FIFO	Цифровий вхід/вихід	Сигнал «наявність даних в буфері FIFO»
31	CSn	Цифровий вхід	SPI інтерфейс «вибір мікросхеми»
32	SCLK	Цифровий вхід	SPI інтерфейс синхровхід на 10 МГц
33	SI	Цифровий вхід	SPI вхід даних
34	SO	Цифровий вихід	SPI вихід даних
35	DVDD RAM	Живлення (цифр)	Живлення 1,8 В цифрового ОЗП
36	NC	-	Не використовується
37	AVDD XOSC16	Живлення (аналог)	Живлення 1,8 В внутрішнього ГТІ
38	XOSC16 Q2	Вх/вих	Підкл. кварцового резонатора oscillator pin 2
39	XOSC16 _Q1	Аналог вхід/вихід	Підкл. кварцового резонатора
40	NC	-	Не використовується

Продовження табл.3.1.

1	2	3	4
41	VREG EN	Цифровий вхід	Дозвіл роботи регулятора напруги
42	VREG OUT	Вихід живлення	Вихід регулятора напруги 1,8 В
43	VREG IN	Живл. (аналог)	Вхід регулятора напруги (2,1-3,6 В)
44	AVDD IF1	Живлення (аналог)	Живлення 1,8 В ланцюга ІF прийомо- передавача
45	R BIAS	Аналог. вихід	Зовнішній прецизійний резистор, 43 кОм, $\pm 1\%$
46	A TEST2	Вх/вих. (аналог)	Аналоговий тестовий вхід/вихід
47	A TEST1	Вх/вих. (аналог)	Аналоговий тестовий вхід/вихід
48	AVDD CHP	Живлення (аналог)	Живлення 1,8 В фазового детектору та зарядного пристрою

Нижче приведена структурна схема прийомо-передавача CC2420 (рис. 3.3). Прийнятий загальний сигнал RF підсилює низько-шумовий підсилювач (LNA) і далі перетворюється квадратурним демодулятором (I/Q) в проміжну частоту IF – 2 МГц. Складний сигнал I/Q після фільтрації та підсилення, перетворюється в цифрову форму за допомогою АЦП. Автоматичне управління роботою фільтруючого каналу, де виконується кореляція та байтова синхронізація символів, виконується в цифровій формі.

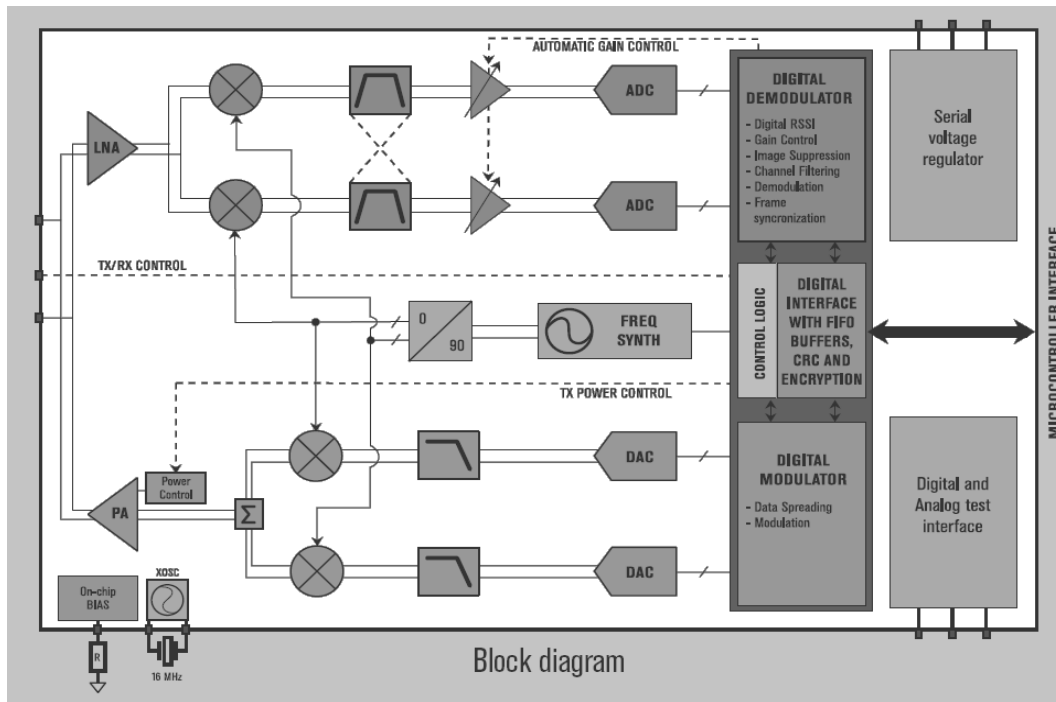


Рисунок –3.3. Структурна схема прийомо-передавача CC2420

Коли сигнал на виводі SFD починає збільшуватись, вказуючи на початок даних, CC2420 буферизує отримані дані через 128 байтовий вхід FIFO. Користувач дізнається про дані з FIFO через інтерфейс SPI. Контрольна сума CRC за допомогою циклічного надмірного коду перевіряється технічними засобами.

Прийомо-передавач CC2420 апаратними засобами формує преамбулу, для синхронізації приймача та передавача, а також початок розділення кадрів повідомлення. Кожен символ, що буде передаватись кодується за допомогою 32 розрядної послідовності по стандарту IEEE 802.15.4 і надходить до цифро-аналогових перетворювачів (ЦАП). Аналоговий ФНЧ фільтр передає сигнал до квадратурного модулятора (I і Q) та мультиплексорів. Далі сигнал RF посилюється підсилювачем (PA) і надходить до антени.

3.2 Особливості FLASH мікроконтролера PIC16F88

На сьогоднішній день фірма Microchip представила ряд мікроконтролерів з рекордно низьким споживанням. Це стало можливим завдяки декільком чинникам: нова технологія FLASH пам'яті з дуже низьким енергоспоживанням (діапазон

живлення 2,0...5,5 В), впровадження багатоступеневого вбудованого генератора RC, значне зниження енергоспоживання сторожового таймера WDT, додавання режиму IDLE і інші особливості роботи генератора.

Мікроконтролер PIC16F88 мають ті ж функції що і серія PIC16F87, але виконуються в 18-выводных корпусах PDIP, SOIS (SO), в 20-выводном корпусе TSSOP (SS) і в новому 28-выводном корпусе QNF (ML). Хотілося б відзначити вбудований генератор, що перемикається, RC від 31,25 кГц до 8 МГц, що дає можливість гнучко регулювати вжиток енергії і вбудований модуль внутрішньосхемної відладки ICD, що дозволяє працювати з MPLAB ICD 2.

Режими роботи:

У даному контролері реалізований мікропотужний модуль таймера TMR1, який в режимі реального часу споживає 1,3 мА.

Вбудований мікропотребляющий RC генератор з постдільником, який калібрується на заводі і має точність ± 1 %. Внутрішній генератор RC з такою точністю, в більшості додатків, що не вимагають великої швидкості роботи контролера, дозволяє відмовитися від використання резонаторів і понизити собівартість виробу. Крім того, тепер можна використовувати внутрішній генератор RC навіть в додатках, в яких реалізується з'єднання з СОМ портом комп'ютера.

Продовженням теми вбудованого генератора RC є його постдільник. Сам RC генератор на 1,3 кГц, але має схему множення і може бути перемкнутий на частоту 8 МГц. За допомогою схеми управління постдільником ми можемо в процесі виконання програми перемикає значення внутрішньої частоти: 31 кГц, 125 кГц, 500 кГц, 1 МГц, 2 МГц, 4 МГц, 8 МГц.

Частота 31 кГц від RC генератора також подається на сторожовий таймер WDT, що дозволяє підвищити стабільність WDT і відмовитися від додаткового внутрішнього генератора RC, призначеного лише для WDT. При цьому споживання WDT таймера складає 0,7 мкА, при 2 Вт.

Подовжений період для переповнювання WDT, тепер можна вибрати від 4 мс до 131 с. Це дозволяє в додатках, де використовується вихід з режиму SLEEP по

скиданню від таймера WDT, зменшити кількість «холостих» розсіпів і зменшити енерговитрати.

Двошвидкісний режим запуску «режим швидкого старту» дозволяє найшвидше вийти на нормальний режим роботи з SLEEP або при включенні живлення. У звичайних версіях мікроконтролерів, при використанні зовнішнього кварцу для завдання внутрішньої частоти, при включенні живлення спрацьовує OST таймер, який тримає мікроконтролер в зборі 1024 такти, що в багатьох «автономних» застосуваннях є не вигідним. Тому двошвидкісний запуск є найбільш зручним. При цьому при включенні живлення (або виході з SLEEP режиму) мікроконтролер відразу починає роботу від вбудованого генератора RC і виконує команди, в цей час запускається і основний тактовий генератор від зовнішнього кварцу, як тільки він вийде на стабільний режим роботи, мікроконтролер перейде на основний генератор, а вбудований генератор RC відключиться, при цьому виставиться спеціальний прапор.

Існує можливість перемикання основного генератора на додатковий, з використанням модуля TMR1 або вбудованого генератора RC.

Для підвищення працездатності роботи контролера доданий режим стеження за роботою основного тактового генератора. При виявленні помилки в роботі основного генератора мікроконтролер перемкнеться на вбудований генератор RC причому його значення можна виставити заздалегідь. При цьому виставляється спеціальний прапор і генерується, якщо дозволено, переривання.

IDLE – це новий режим зниженого енергоспоживання. З його допомогою можна отримати декілька варіантів роботи мікроконтролера.

Зі всього сказаного вище можна зробити вивід, що дані мікроконтролера ідеально личать для багатьох вживань де потрібне дуже мале енергоспоживання, висока надійність, наявність аналогових і інших спеціальних модулів. Даний мікроконтролер може застосовуватись для створення автономних портативних приладів для медицини, охоронно-пожежній сигналізації, для різних тарифікаторів з автономним живленням і тому подібне.

Основні характеристики PIC16F88:

FLASH програмна пам'ять (слів) – 4096x14;

Енергонезалежна пам'ять даних EEPROM (байт) – 256;

ОЗП (байт) – 368;

Лінія вводу/виводу – 16;

Канали АЦП 10-біт – 7;

Компаратор – 2;

ССР/ШІМ – 1;

Інтерфейси – AUSART;

Таймери: 1 - 16 бітний, 2 – 8 бітних, WDT.

Спеціальні особливості – режими енергозбереження, внутрішній генератор RC, самопрограмування, модуль ICD.

Скидання при включенні живлення (POR).

Таймер включення живлення (PWRT) і таймер запуску генератора (OST).

Скидання по зниженню напруги живлення (BOR).

Сторожовий таймер (WDT) з власним вбудованим RC-генератором для підвищення надійності роботи.

Режим економії енергії (SLEEP).

Вибір джерела тактового сигналу.

Програмування на платі через послідовний порт (ICSPT) (з використанням двох висновків).

3.3 Алгоритм роботи програмного забезпечення автономного датчика системи ідентифікації рухомого складу

Після початку роботи відбувається ініціалізація роботи мікроконтролера – налаштовується послідовний порт SPI, проводиться перевірка працездатності CC2420, встановлюється початковий стан CC2420. Починається передача даних з EEPROM через SPI у прийомо-передавач. Проводиться перевірка переповнення буфера прийомо-передавача, яка буде здійснюватися поки буфер не звільниться. Коли підтвердиться вільність буфера, проводиться перевірка завершення

передавання даних, після чого відбувається вимикання CC2420 та перехід мікроконтролера у SLEEP-режим. У закінченні робочого циклу проводиться перевірка на наявність живлення у прийомо-передавачі.

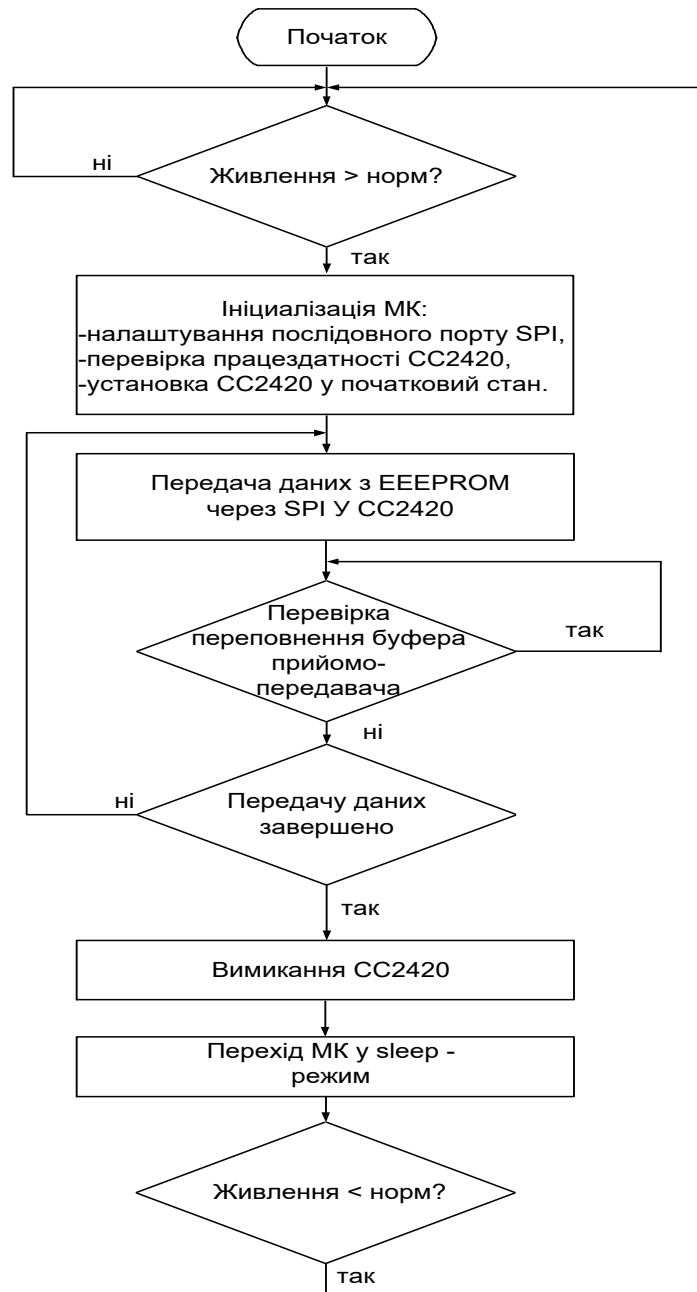


Рисунок 3.4 – Алгоритм роботи пасивного датчика

Радіомітка являє собою чіп забезпечений антенною системою - зазвичай напівхвильовою, або чверть хвильової диполь.

Радіомітка за допомогою власної антенної системи приймає високочастотну енергію передану зчитувачем. У чіпі знаходиться мостовий випрямляч (банальний

лінійний блок живлення з небанальними мікроскопічними розмірами) і з його допомогою частина прийнятого УВЧ сигналу служить живленням мікросхеми. Після того як мікросхема живиться, починається активне опитування мітки зчитувачем. Відповідна інформація надсилається міткою за допомогою амплітудної модуляції відбитого сигналу, яка виходить за допомогою зміни ефективної поверхні розсіювання (ЕПР) мітки за допомогою нелінійного елемента - варикапа (діод зі змінною ємністю).

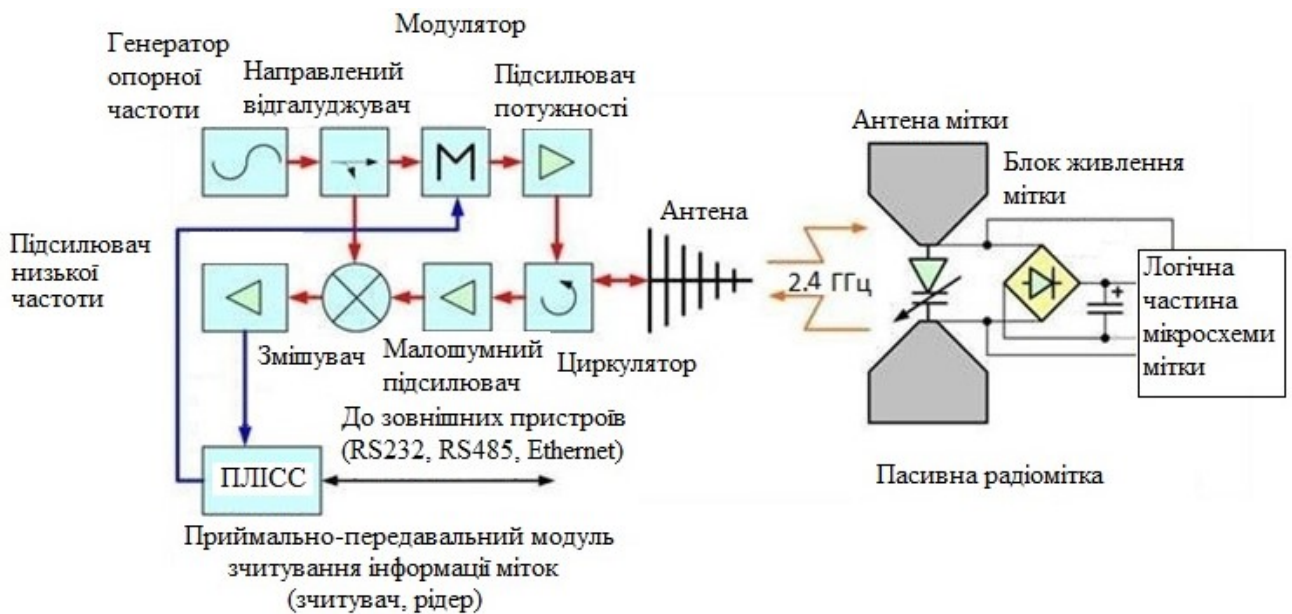


Рисунок 3.5 – Схема роботи пасивного датчика

Технологія РЧІ в УВЧ діапазоні дозволяє: робити зчитування пасивних міток на відстані до 10 метрів. Середнє ж відстань зчитування міток в промислових умовах становить від півметра до 3-х метрів. Одноразово в поле зчитувача може знаходитися до 200 ... 300 міток, і всі вони будуть ідентифіковані. Величезна швидкість опитування міток – до 100 ... 200 опитувань в секунду в залежності від застосовуваного обладнання. Об'єм пам'яті пасивної УВЧ радіомітки в наші дні досягає одиниць кілобайт. Крім того, в чіп розміром 0,5x0,5x0,2 мм вбудований власний криптопроцесор, що дозволяє захистити ефірний канал передачі даних «мітка-зчитувач».

До очевидних переваг цієї технології, у порівнянні з RFID низькочастотного діапазону, можна віднести:

- можливість реалізації антиколізійні протоколу обміну;
- високу технологічність виробництва транспондерів (Inlay), а отже, їх низьку вартість;
- велику інформаційну ємність;
- відповідність відкритим міжнародним стандартам (ISO / IEC 15693, ISO / IEC 14443).

3.4 Лінійний комплект зчитування інформації з рухомого складу

Нестримно швидкий розвиток мікроелектронних комп'ютерних систем, низька вартість та надійність, надають можливості їх широкого застосування і відкривають нові горизонти можливостей. Основними елементами системи ідентифікації та контролю являються, безпосередньо, пункти зчитування-запису інформації з рухомого складу, розміщення яких доцільно в районі станцій.

При створенні будь-якої нової системи радіочастотної ідентифікації в першу чергу постає питання про її характеристики. Найбільш важливими серед них є:

- радіопротокол обміну;
- кількість транспондерів на один зчитувач;
- дальність запису і зчитування;
- потреба в антиколізійному протоколі;
- час зчитування.

Основним обладнанням пунктів зчитування-запису інформації являється (рис. 3.6):

- контролер керування - PIC16F873;
- СВЧ прийомо-передавач – CC2420;
- CAN контролер – MCP2510;
- прийомо-передавач RS-485 – ADM485.

Інструкцій – 35.

Короткий опис схеми блоку управління станційним комплектом.

Вивід MCLR – вхід ручного скидання мікроконтролера, в даній схемі він не використовується, замість нього використовується внутрішня схема автоматичного скидання.

Вивід порту RA0 – управління режимом мигання світлодіода, підключений до світлодіода VD1.

Вивід порту RA1 – формування сигналу скидання CAN контролера MCP 2510.

Виводи RA2, RA3, RA4, RA5 – не використовуються.

Виводи OSC1, OSC2 – виводи внутрішнього генератора, які підключені до кварцового резонатора через виведення X1 і X2 відповідно.

Вивід порту RC0 – використовується для прийому сигналу з CC2420 початку роздільника кадру, підключений до виведення SFD мікросхеми CC2420.

Вивід порту RC1 підключений через оптрон до прийомо-передатчику, з його допомогою відбувається підключення і відключення до шини передавача ADM485 (DE).

Вивід порту RC2 підключений до виводу TXORTS мікросхеми MCP2510, управляє режимом передачі (може вирішувати або забороняти передачу даних).

Виводи порту RB7, RB6, RB5 – не використовуються.

Вивід порту RB4 підключений до виводу FIFOP мікросхеми CC2420, використовується для прийому сигналу переповнювання буфера FIFO.

Вивід порту RB3 підключений у виводу SSA мікросхеми CC2420, використовується для прийому сигналу з CC2420 – оцінка частоти сигналу.

Вивід порту RB0 підключений до виводу INT мікросхеми MCP2510, використовується для прийому частоти переривань.

Вивід порту RC6 підключений до виводу FIFO мікросхеми Cc2420,

використовується для обміну сигналами, які повідомляють про наявність даних в буфері FIFO (перший прийшов, перший пішов).

Виводи порту RC5, RC4, RC3 підключений до виводів S1, S0, SCK мікросхеми MCP2510, використовується для управління обміном даних по SPI інтерфейсу з прийомо-передавачем CC2420 і CAN контролером.

Виводи RB1 і RB2 використовується для вибору з якою мікросхемою працювати. Відповідно підключені до CS1 і CS2, CS1 – прийомо-передатчик, CS2 – CAN контролер.

3.5 Висновок за розділом

Розроблено принципову схему автономного пасивного датчика системи ідентифікації рухомого складу, його алгоритми роботи, блок управління станційним комплектом системи ідентифікації рухомого складу. Апаратна частина включає розробку принципової схеми блока керування станційним комплектом системи ідентифікації рухомого складу, пасивний датчик ідентифікації рухомого складу, був зроблений розрахунок блоку живлення станційного комплекту системи ідентифікації.

ВИСНОВОК

В результаті виконання даного дипломного проекту було розроблено блок керування станційним комплектом системи ідентифікації рухомого складу. Апаратна частина включає розробку принципової схеми блока керування станційним комплектом системи ідентифікації рухомого складу, пасивний датчик ідентифікації рухомого складу, був зроблений розрахунок блоку живлення станційного комплекту системи ідентифікації.

Впровадження системи автоматизованого контролю та ідентифікації рухомого складу є економічно доцільним, оскільки термін окупності складає шість місяців. Сучасні інтегральні мікросхеми, мікроконтролери і обчислювальна техніка мають високу швидкість, багатофункціональність, малі габарити і вагу, низьке енергоспоживання і невисоку вартість. Реалізація цифрової системи САІ на сучасній елементній базі дозволить понизити експлуатаційні витрати на 7692,55 грн. на рік.

Впровадження розробленої системи автоматизованого контролю та ідентифікації рухомого складу дає наступні можливості:

- зчитування інформації на швидкості рухомого складу до 300 км/год;
- значне скорочення часу, збільшення об'ємів та достовірності обробки інформації, що підвищить якість роботи залізничного транспорту;
- стабільний зв'язок та надійний захист від атмосферних і промислових перешкод;
- незалежність роботи системи від метеорологічних умов;
- низьке енергоспоживання;
- підвищення безпеки руху поїздів не нижче, ніж при застосуванні традиційних технічних засобів.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Інструкція з технічного обслуговування пристроїв СЦБ.ЦШЕОТ 0012. [Текст]. - К., 1998. – 72 с.
2. Пристрої сигналізації, централізації та блокування. Технологія обслуговування. ЦШ 0042. [Текст]. – К., 2006. – 461 с.
3. Фінкенцелер, Клаус. RFID-технології. Довідниковий посібник [Текст] / К. Фінкенцелер; пер. с нім. — К., 2010. — 496 с.
4. Європейський стандарт prEN 50129. Залізничні додатки: безпека електронних систем сигналізації [Текст]. 1999. – 100 с.
5. Воскресенський Д.І. Пристрої СВЧ та антени [Текст] / Д.І. Воскресенський. – К.: Радіотехніка, 2006. – 376 с.
6. Маковецька М.М. Системи зв'язку з рухливими об'єктами: Навчальний посібник [Текст] / М.М.Маковецька, Ю.С. Шінаков – К.: Радіо та зв'язок, 2002. – 440 с.
7. Немировський М.С. Бездротові технології від останньої милі до останнього дюйма: Навчальний посібник [Текст] / Під ред. М.С. Немировського. – К.: Еко-Трендз, 2010. – 400 с.
8. Котляренко, Н.Ф. Колійне блокування та авторегулювання [Текст]: Підручник для вузів / Н.Ф. Котляренко. -М: Транспорт, 1983. - 408 с.
9. Новиков, М.А. Проектування автоматичного блокування на залізницях [Текст] / М.А Новиков, А.Ф. Петров, Н.М. Степанов – М.: Транспорт, 1979. - 328 с.
10. Казаков, А.А. Автоблокування, локомотивна сигналізація і автостопа [Текст] / А.А Казаков, Е.А Казаков - М.: Транспорт, 1980. – 360с.
11. Дмитриєв, В.С. Нові системи автоблокування [Текст] / В.С. Дмитриєв, В.А. Мінін. - М.: Транспорт. 1981.- 247 с.
12. Лисенков В.М. Теорія автоматичних систем інтервального регулювання [Текст] / В.М. Лисенко. - М.: Транспорт. 1987.- 150 с.

13. Шишляков, А.В. Експлуатаційна надійність пристроїв автоблокування та АЛС [Текст] / А.В Шишляков, Ю.А Кравцов, А.Ф Михайлов. - М.: Транспорт. 1969.- 96 с.
14. Нейман, Л.Р. Теоретичні основи електротехніки [Текст] / Л.Р Нейман, К.С Демирчян. 3-го видання. - Л.: Енерговидання. 1981. Т.1. 533 с. Т2. 415 с.
15. Теорія основи електротехніки [Текст] / Під ред. проф. Іонкіна П.А - М: Вища школа. 1976. Т1. - 559 с. Т2. - 383 с.
16. Каганов, З.Г. Електричні кола з розподіленими параметрами та ланцюгові схеми [Текст] / З.Г Каганов, З.Г. - М: Енерговидання. 1990. - 248 с.
17. Александрова М.Г. та інші. Розрахунок електричних кіл та електромагнітних полів на ЕВМ [Текст] / Під ред. Данилова П.В. та Філіпова Е.С. -К.: Радіо та зв'язок. 1983. - 344 с.
18. Технічна документація DS00713а компанії Microchip Technology Incorporated, USA. [Електрон. ресурс] / – Режим доступу: <http://www.microchip.com>.
19. Вернер М. Основи кодування: Підручник [Текст] / М. Вернер – К.: Техносфера, 2004. – 288 с.