

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет науки і технологій
Кафедра «Автоматика та телекомунікації»

ДОВІДКА

про відсутність плагіату у випускній кваліфікаційній роботі

За результатами перевірки випускної кваліфікаційної роботи (ВКР) здобувача вищої освіти освітнього ступеня (ОС) «магістр»

Лавренова Сергія Сергійовича

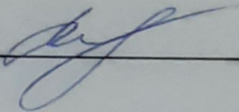
на тему:

Дослідження та удосконалення системи автоматичної ідентифікації рухомого складу

в роботі не виявлено порушень академічної доброчесності.

Керівник ВКР

14.12.2021



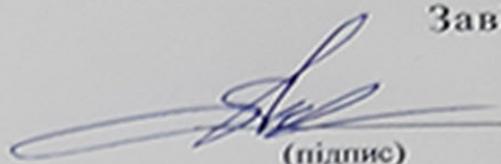
Гончаров К. В.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Українській державний університет науки і технологій

Кафедра «Автоматика та телекомунікації»

«ДО ЗАХИСТУ»
Завідувач кафедри



(підпис)

Гаврилюк В.І.
(ПІБ)

20 21 р. 12 « 16 »

ДИПЛОМНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня «магістр»

Галузь знань 15 «Автоматизація та приладобудування»

Спеціальність 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Освітня програма «Автоматика та автоматизація на транспорті»

Тема: Дослідження та удосконалення системи автоматичної ідентифікації рухомого складу

Theme: Investigation and improvement of the system for automatic identification of the rolling stock

Керівник дипломної роботи

доцент



Гончаров К.В.

Студент групи

АТ2026 (8АТ)



Лавренов С.С.

Student

АТ2026 (8АТ)



Lavrenov Serhii

Дніпро
2021

Дніпровський національний університет залізничного транспорту
імені академіка В. Лазаряна

Факультет «Комп'ютерні технології і системи»

Кафедра «Автоматика та телекомунікації»

Спеціальність
Освітня програма

151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»
«Автоматика та автоматизація на транспорті»

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
Завідувач кафедри АТ

Гаврилюк В.І.
« ____ » _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

до дипломної роботи на здобуття освітнього ступеню «магістр»

Лавренов Сергій Сергійович

(прізвище, ім'я та по батькові)

1. Тема роботи Дослідження та удосконалення системи
автоматичної ідентифікації рухомого складу

Затверджена наказом по університету № 630 ст від « 19 » 10 2020_р.

2. Термін подання студентом закінченої роботи 01.12.2021

3. Вихідні дані до роботи Вимоги до систем автоматичної ідентифікації рухомого складу

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| Назва розділу | Обсяг % | Кількість креслень |
|---|------------|-----------------------|
| 1. Огляд існуючих систем автоматичної ідентифікації рухомого складу | 25 | – |
| 2. Розробка комплексної системи автоматичної ідентифікації рухомого складу | 50 | 3 |
| 3. Розробка елементів підсистеми радіочастотної ідентифікації рухомого складу | 75 | 3 |
| 4. Ув'язка системи автоматичної ідентифікації із системою диспетчерської централізації КАСКАД | 100 | 3 |

Студент

Науковий керівник

РЕФЕРАТ

Відомості про об'єм пояснювальної записки: 76 сторінок, 4 таблиці, 33 рисунків, 31 джерел літератури.

Ключові слова: система автоматичної ідентифікації рухомого складу, RFID-технологія, відеокамера, кодовий бортовий датчик, точкові датчики проходу колісних пар, PIC-мікроконтролер, CAN-інтерфейс.

Об'єкт проектування: система ідентифікації рухомого складу

Мета магістерської роботи: удосконалення системи автоматичної ідентифікації рухомого складу.

У першому розділі проведений критичний аналіз існуючих систем і технологій ідентифікації рухомого складу. Запропоновано використовувати поєднання RFID-технології та систем відеоспостереження.

У другому розділі запропоновано структурну схему комплексної системи автоматичної ідентифікації рухомого складу, розроблена принципова електрична схема контролера датчиків та алгоритм роботи пункту зчитування. Для передачі даних між пунктами зчитування та станційним обладнанням обрано високонадійний CAN-протокол.

У третьому розділі розроблені принципові електричні схеми і алгоритми роботи кодового бортового датчика та RFID-зчитувача.

В четвертому розділі розроблено принципи і схеми ув'язки розробленої системи автоматичної ідентифікації із системою диспетчерської централізації «КАСКАД»

Галузь застосування: системи залізничної автоматики.

Висновок. Удосконалення системи автоматичної ідентифікації рухомого складу та її ув'язка із диспетчерською централізацією «КАСКАД» дозволить підвищити достовірність та оперативність звітності про стан вагонних та локомотивних парків, зменшити штат співробітників, покращити інформаційний сервіс.

ЗМІСТ

| | |
|--|----|
| Вступ | 6 |
| 1. Огляд існуючих систем автоматичної ідентифікації рухомого складу | 8 |
| 1.1. Призначення та класифікація систем автоматичної ідентифікації рухомого складу | 8 |
| 1.2. Системи ідентифікації рухомого складу на базі відеоспостереження | 10 |
| 1.2.1. Загальні принципи побудови систем ідентифікації на базі відеоспостереження | 10 |
| 1.2.2. Система «ЖД-Интеллект» | 14 |
| 1.2.3. Система «ARSCIS» | 18 |
| 1.2.4. Автоматизована система контролю інвентарних номерів вагонів (АСКІН) | 20 |
| 1.3. Системи радіочастотної ідентифікації рухомого складу | 21 |
| 1.3.1. Північноамериканська система Amtech | 21 |
| 1.3.2. Європейська система Dunicom | 22 |
| 1.3.3. Російська система ПАЛЬМА | 25 |
| 1.4. Висновки по розділу 1 | 27 |
| 2. Комплексна система автоматичної ідентифікації рухомого складу | 28 |
| 2.1. Структура та принцип дії комплексної системи автоматичної ідентифікації рухомого складу | 28 |
| 2.2. Алгоритм роботи комплексної системи автоматичної ідентифікації | 29 |
| 2.3. Розробка контролера точкових колійних датчиків | 32 |
| 2.3.1. Структура контролера датчиків | 31 |
| 2.3.2. Різновиди точкових колійних датчиків | 33 |
| 2.3.3. Датчик електронний фіксації проходу колісних пар ДЕ- 96 | 35 |

| | |
|---|----|
| 2.3.4. Розробка принципової електричної схеми контролера датчиків | 36 |
| 2.4. Порівняльний аналіз протоколів передачі даних | 39 |
| 2.5. Висновки по розділу 2 | 45 |
| 3. Розробка елементів підсистеми радіочастотної ідентифікації рухомого складу | 47 |
| 3.1. Структура кодового бортового датчика | 47 |
| 3.2. Елементи кодового бортового датчика | 48 |
| 3.3. Алгоритм роботи датчика | 54 |
| 3.4. Опис принципової електричної схеми датчика | 54 |
| 3.5. Опис принципової електричної схеми RFID зчитувача | 57 |
| 3.6. Висновки по розділу 3 | 59 |
| 4. Ув'язка системи автоматичної ідентифікації із системою диспетчерської централізації КАСКАД | 60 |
| 4.1. Принципи побудови системи диспетчерської централізації каскад | 60 |
| 4.2. Програмно-апаратний комплекс лінійного пункту «ЛП КАСКАД» | 63 |
| 4.3. Принципи узгодження системи автоматичної ідентифікації рухомого складу та МСДЦ «КАСКАД» | 64 |
| 4.4. Розробка станційного контролера для узгодження системи автоматичної ідентифікації та МСДЦ «КАСКАД» | 65 |
| 4.4.1. Структура та принцип дії станційного контролера | 65 |
| 4.4.2. Опис принципової електричної схеми станційного контролера | 68 |
| 4.5. Висновки по розділу 4 | 70 |
| Висновки | 71 |
| Література | 73 |

ВСТУП

Розробка систем з автоматичного зчитування інформації про рухомий склад починалася кілька десятиліть тому зі спроб використання різних способів отримання даних про вагони: оптичного розпізнавання номерів вагонів, пропуску світла через спеціальну кодову пластину, акустичного відображення, застосування статичних магнітних полів і навіть використання радіоактивних матеріалів. Але як оптимальне в усіх відношеннях рішення для автоматичної ідентифікації рухомого складу в результаті було прийнято зчитування ідентифікаційної інформації з встановленого на рухомій одиниці пасивного кодового бортового датчика (КБД). Воно здійснюється в контрольних точках (пунктах зчитування - ПЗЧ) інфраструктури залізниць за допомогою спеціальної підлогової апаратури.

Система автоматичної ідентифікації рухомого складу (CAI PC) дозволяє об'єктивно визначати номер, час, напрямок проходження, тип рухомої одиниці через підлогові пункти зчитування, встановлені в ключових точках, за рахунок чого виключити вплив людини на реєстрацію технологічних операцій, об'єктивно враховувати прибуття, відправлення і графік руху поїздів, передачу поїздів в міждержавному повідомленні, заходи і виходи локомотивів, моторвагонного рухомого складу, вантажних і пасажирських вагонів з депо, ПТО, ремонтних цехів, пунктів підготовки та огляду вагонів, враховувати простої рухомого складу на станціях, передачу та повернення вантажних вагонів з шляхів незагального користування, виявляти випадки порушень в регламенті обслуговування рухомого складу, самовільного захоплення вантажних вагонів, скоротити трудомісткість і виключити помилки працівників по реєстрації управлінської інформації.

Використання систем автоматичної ідентифікації (CAI) дозволяє забезпечувати:

- підвищення інтенсивності вантажоперевезень за рахунок скорочення простоїв, запізнь, порожніх пробігів;

- підвищення безпеки руху та збереження вантажів;
- збільшення терміну міжремонтної експлуатації вузлів і деталей за рахунок іменного контролю тривалості їх експлуатації, що виключає необґрунтовану заміну (або підміну) в процесі ремонту вагонів і локомотивів;
- підвищення пропускної спроможності на митних та контрольно-пропускних пунктах на автострадах, залізницях між державами;
- скорочення низькокваліфікованих працівників залізниць - списків номерів вагонів, конторських службовців, ремонтників,
- зменшення коефіцієнта порожнього пробігу,
- зменшення витрат на ремонт вагонів (при ремонті по пробігу).

На сьогоднішній день САІ РС використовуються в багатьох країнах світу, зокрема в Сполучених Штатах, країнах Західної Європи, в Росії, Казахстані та ін. Проте в Україні такі системи поки ще не отримали широкого розповсюдження. Таким чином, тема дипломної роботи на здобуття освітнього ступеню «магістр»: «Дослідження та удосконалення системи автоматичної ідентифікації рухомого складу» є актуальною.

1. ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ АВТОМАТИЧНОЇ ІДЕНТИФІКАЦІЇ РУХОМОГО СКЛАДУ

1.1. Призначення та класифікація систем автоматичної ідентифікації рухомого складу

Система автоматичної ідентифікації (CAI) – це така система, яка забезпечує оперативне отримання даних про місце знаходження рухомих одиниць (локомотивів і вагонів), обробляє і передає інформацію для подальшого використання в інформаційних системах для вирішення завдань управління перевізним процесом, контролю графіка руху поїздів, обліку часу простою, технічного обслуговування або ремонту локомотивів.

Кожна рухома одиниця обладнується кодовим бортовими датчиками (КБД), що несуть інформацію у вигляді індивідуального восьмизначного номера. Уздовж залізничної колії, в певних місцях (на вході/виході станції, депо, ремонтних колій) встановлюються пункти зчитування (ПСЧ), при проходженні яких автоматично виконується радіочастотне зчитування інформації з датчиків. Отримана інформація в реальному часі в вигляді повідомлення – 8-значного коду рухомої одиниці, код станції, номер пункту зчитування, напрямок прямування, дату, час проходження, а також перелік рухомих одиниць у складі поїзда передається в автоматизовану систему оперативного управління перевізним процесом.

Значний економічний ефект система дозволяє отримати при обладнанні пристроями CAI під'їзних колій промислових підприємств, складів і баз за рахунок автоматичного обліку точного часу прибуття / відправлення вагонів під вивантаження або навантаження, що дозволяє виключити «людський фактор» при оцінці часу простою рухомого складу.

Головний напрямок розвитку інтелектуальних систем залізничного транспорту України полягає у впровадженні нових інформаційних технологій в перевізному процесі Укрзалізниці (УЗ) на базі автоматизованої системи

АСК ВП УЗ-Е. Сучасний стан розвитку автоматизованих систем залізничного транспорту України в значній мірі визначається можливостями і перспективами АСК ВП УЗ-Е – автоматизованої системи інформаційного забезпечення перевізного процесу [1, 2].

В даний час для автоматичної ідентифікації застосовують такі методи (рис. 1.1):

- зчитування магнітної інформації, що передбачає використання пластинки з намагніченим елементом (магнітною карткою), де записано дані;
- радіочастотна ідентифікація (RFID-технологія) здійснюється за рахунок розміщення на об'єкті, який підлягає ідентифікації, малопотужного радіопередавача (транспондера);
- оптичне розпізнавання спеціальних знаків, розміщених на об'єкті, як правило, у вигляді штрих-коду; розпізнавання букв і цифр транспортних етикеток;
- біометрична ідентифікація, яка базується на визначенні унікальних фізичних характеристик суб'єктів системи і відрізняється високим ступенем достовірності ідентифікації і високою складністю їх фальсифікації.

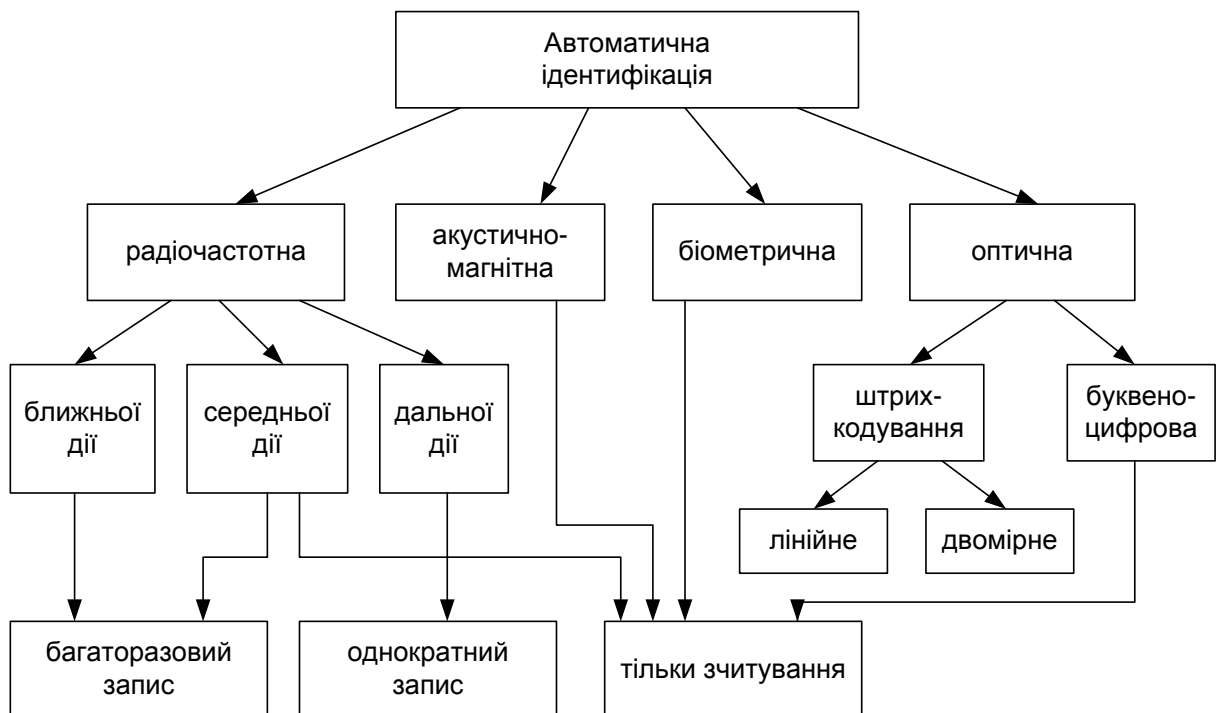


Рис.1.1. Класифікація методів автоматичної ідентифікації

Загальна принципова схема роботи САІ дана на рис. 1.2.

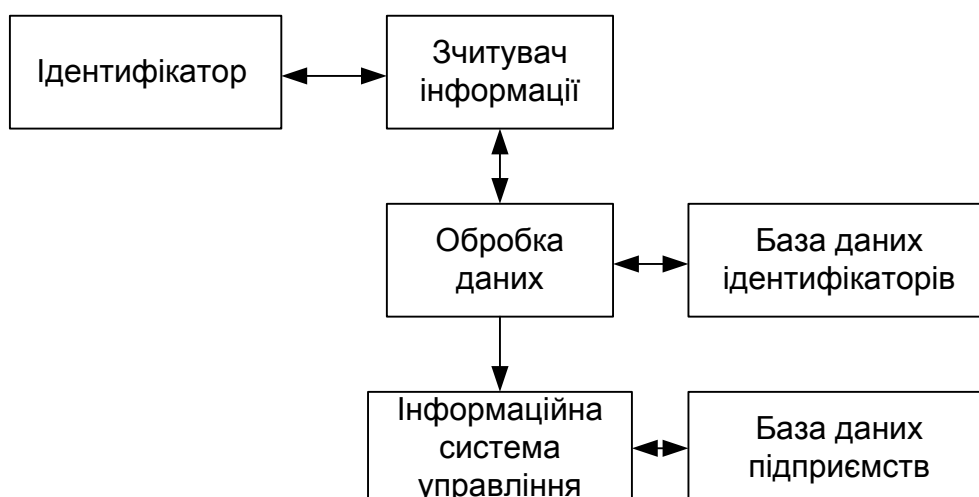


Рис. 1.2. Принципова схема роботи системи автоматичної ідентифікації

На рис.1.1, 1.2 використані такі позначення. Ідентифікатор – ознака, за якою визначається об'єкт. В якості ідентифікаторів можуть використовуватися як унікальні фізичні характеристики, властиві даному об'єкту або суб'єкту, так і спеціально виготовлені і встановлені пристрої з інформацією, що зберігається в символній, магнітній або електронній формах (картка зі штрих-кодом, магнітна картка тощо). Кожен ідентифікатор в системі характеризується певним унікальним двійковим кодом.

Ідентифікація – процес розпізнавання об'єкта за його ідентифікатором. Ідентифікатор об'єкта пред'являється зчитувачу, який визначає і передає в систему його індивідуальний код для проведення процедури розпізнавання.

1.2. Системи ідентифікації рухомого складу на базі відеоспостереження

1.2.1. Загальні принципи побудови систем ідентифікації на базі відеоспостереження

Забезпечення безпеки руху поїздів – одна з головних задач, яка стоїть перед усіма підрозділами залізничного транспорту (Управління рухом поїздів, автоматики, сигналізації і блокування, локомотивного, вагонного,

колісного господарств та ін.). Підвищення безпеки руху поїздів і запобігання аваріям можливо за рахунок застосування таких технічних засобів, як системи відеоспостереження. Для використання систем інтелектуального відеоспостереження з метою підвищення безпеки руху необхідно виконати аналіз технічних можливостей цих систем відеоспостереження [3 –5].

Трекінг і ідентифікація – це два основних напрямки у інтелектуальній відеоаналітиці. Трекінг – алгоритм обробки відео, який шукає в кадрі рух, визначає і класифікує рухомий об'єкт, описує його характеристики (розмір, колір, швидкість).

Для реалізації трекінгу можна використовувати:

- ситуаційні детектори, принцип дії яких засновано на спостереженні за об'єктом, який перетинає уявні лінії в кадрі, після чого система видає сигнал тривоги: перетин об'єктом прямої лінії в заданому напрямку; рух в зоні; вихід об'єкта із зони; зупинка об'єкта в зоні; залишений в зоні предмет.

- сервісні детектори, принцип дії яких засновано на використанні IP камер і спеціального програмного забезпечення: детектор перекриття об'єктиву; детектор засвічування камери; детектор переміщення, відхилення камери; детектор зміни фону; детектор відсутності фокусування.

- інтелектуальний пошук в архівах, який допомагає оператору швидко знаходити потрібний матеріал за фактом спрацювання детектора, коли точний час події не відомо.

Але ж все-таки відеодетектори не замінюють операторів, а допомагають їм. Задавши певні характеристики за допомогою камер оператор отримує факти того, що відбувається, але повністю автоматизувати цей процес неможливо. Завжди має місце імовірнісний фактор, коли система може не розпізнати проблему. Приклади використання відео детекторів – системи розпізнавання обличчя і автомобільних номерів, ймовірність правильного розпізнавання яких може досягати 95%.

Інші приклади використання системи відеоспостереження з функціоналом відеоаналітики і відеоаналізу крім систем безпеки це детектор

підрахунку об'єктів спостереження; детектор розподілу людей з побудови теплових зон; детектор визначення скупчення людей і т. ін.

На рис. 1.3 дано структурну схему використання відеоспостереження рухомого складу, що запропонована компанією Advantech [8].

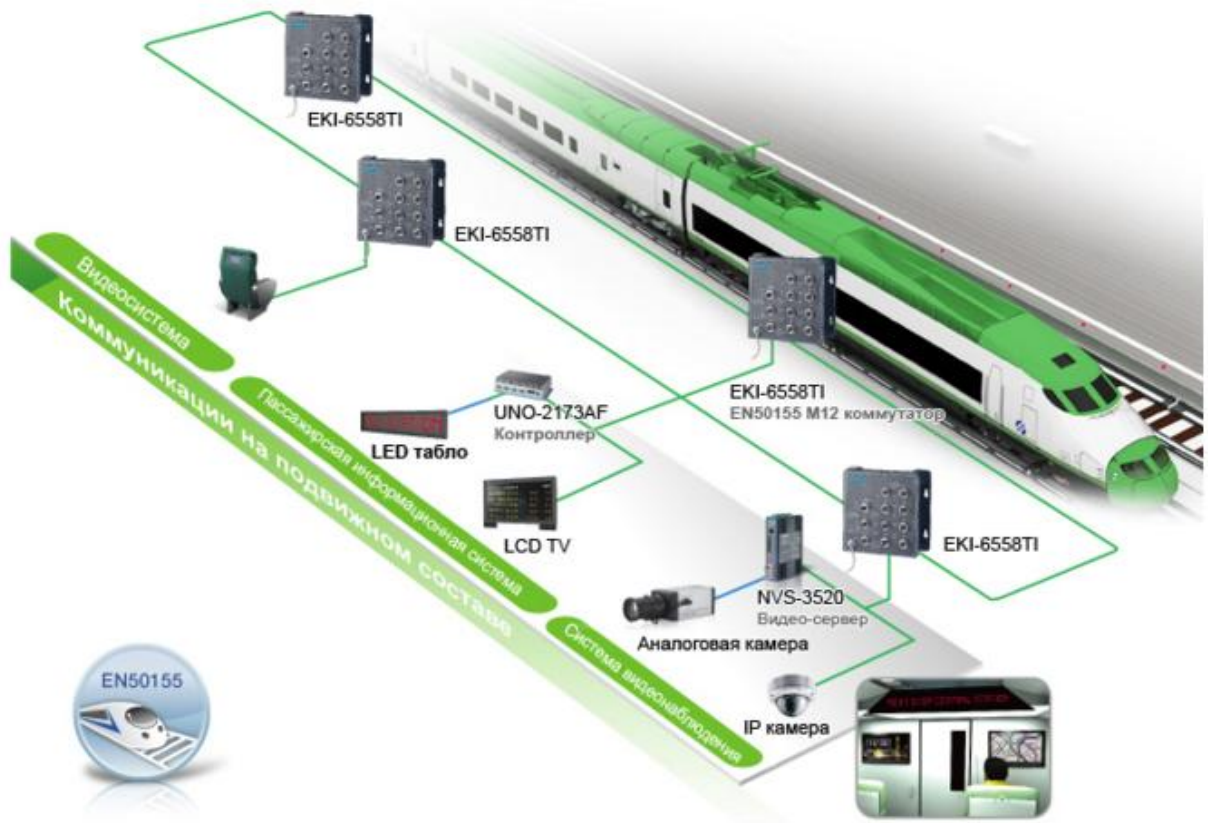


Рис.1.3. Структурна схема відеоспостереження рухомого складу

Для функціонування цієї системи відеоспостереження були розроблені такі підсистеми:

- підсистема для контролю функціонування рухомого складу, яка включає інформаційну систему для пасажирів (PIS), розважальну відео систему (VES) і систему відеоспостереження;

- підсистема для контролю функціонування станції, яка включає інформаційну систему для пасажирів (PIS), систему оповіщення про пожежу (FAS) і автоматичну систему обслуговування пасажирів (AFC);

- підсистему для комунікації типу рухомий склад – станція: система контролю за рухомим складом.

Підсистема контролю функціонування рухомого складу включає в себе промисловий комутатор компанії Advantech, що відповідає стандарту EN50155 володіє широким спектром можливостей застосування в рухомих складах, гарантуючи надійну роботу в умовах вібрації і ударів.

Підсистема для контролю роботи пасажирських інформаційних систем (PIS) дозволить підключити відповідні модулі до моніторів, які будуть відображати різну інформацію, новини та рекламу.

Підсистема вбудованої відеосистеми (VES) дає можливість підключити відеомонітори встановлені на задній спинці кожного сидіння. Це дозволяє кожному пасажирові персонально вибирати аудіо та відео матеріали, фільми, ігри та різну інформацію для пасажирів.

Для систем відеоспостереження гарантується, що обладнання може надійно з'єднуватися з камерами для різних додатків, що забезпечить підвищену безпеку.

Контроль за рухомим складом. Для контролю рухомого складу з боку прилеглої до залізничних колій території керуюча телекомунікаційна шафа зовнішнього виконання включає в себе спеціалізовані контролери CBI, TCC, RBC і TSRS для забезпечення безперервної роботи (рис.1.4).

Оптична мережа на базі промислових комутаторів Advantech виконана у вигляді двох оптичних кілець і кожен контролер підключений одночасно до кожного з цих кіл. Технологія резервування X-Ring забезпечує час самовідновлення роботи кільця в разі пошкодження [8].

Інтелектуальний відеоаналіз здатний ефективно фільтрувати фонові завади, ігнорувати неважливий рух або об'єкти в зоні відстеження. На цих факторах система може навчатися, підвищуючи якість розпізнавання подій і зводячи до мінімуму кількість помилкових спрацьовувань [7].

Отже, відеоаналітика і відеоаналіз є одним з пріоритетних напрямків у забезпеченні руху систем.

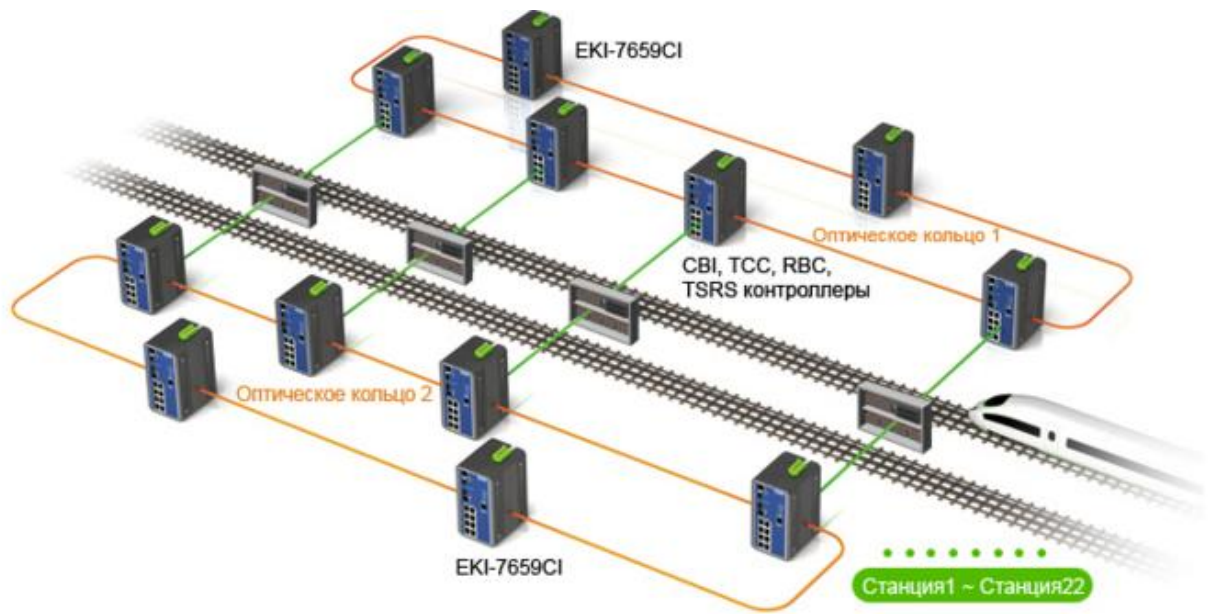


Рис.1.4. Структурна схема контролю за рухомим складом на станції

1.2.2. Система «ЖД-Интеллект»

Компанією «BSI-Group», яка є партнером компанії «Аххон» в Україні з 2003 року, було розроблено систему «Інтеллект» – багатофункціональну відкриту програмну платформу, яка призначена для створення комплексів безпеки будь-якого масштабу.

«Інтеллект» надає всі можливості для створення дійсно ефективної системи безпеки. Ця програма втілила в собі новітні тенденції галузі, і є досконалим інструментом для забезпечення надійного контролю, оптимізації роботи служби безпеки, зниження витрат і вирішення багатьох інших завдань.

Система «Інтеллект» має такий модуль, як розпізнавання номерів вагонів і цистерн. Скриншот «вікна» програми розпізнавання номерів вагонів і цистерн в системі «Інтеллект» дано на рис 1.5.

В даний час при здійсненні залізничних перевезень великі промислові підприємства, об'єкти інфраструктури залізниць, транспортні компанії стикаються з завданнями:

- автоматичного обліку руху потягів і вагонів;
- візуального огляду вантажу;

- контролю дотримання габаритів і ваги рухомого складу [18].

Існує також така сучасна система відеоспостереження - розподілена система технічного зору та реєстрації вантажних составів забезпечує комплексне вирішення завдання автоматизації введення інформації про состави, роботу в складі автоматизованої системи обліку та завантаження їх на відповідних терміналах [19].

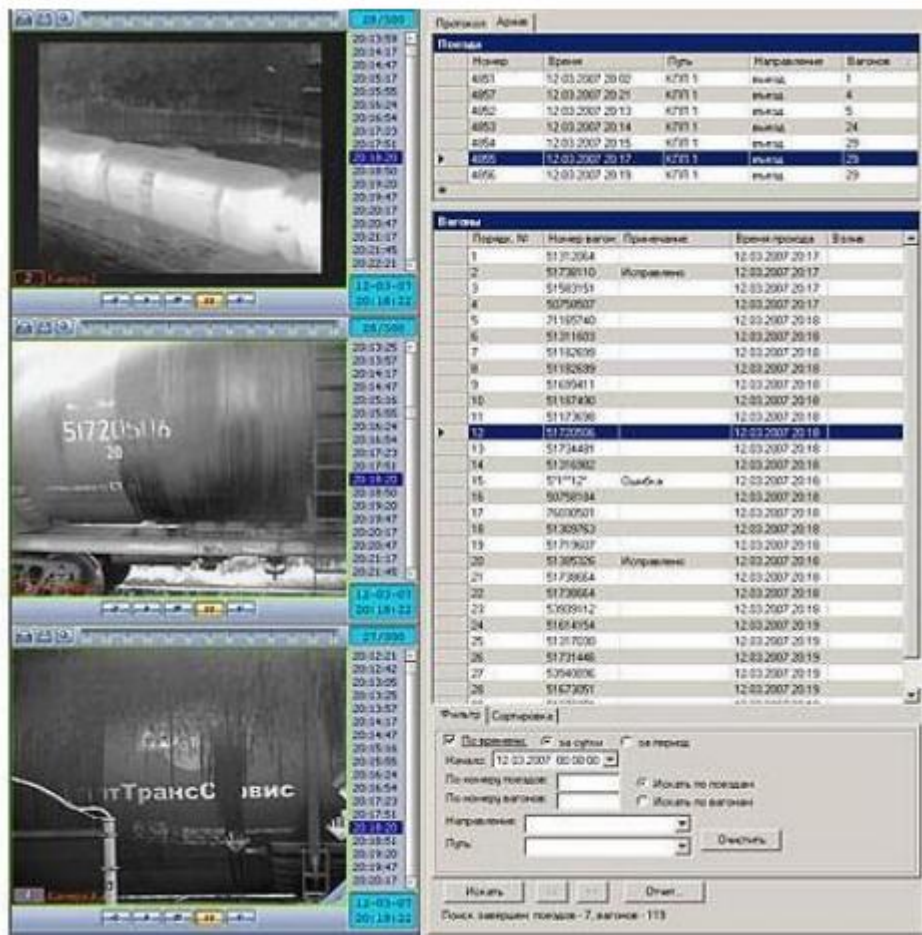


Рис. 1.5. Вікно програми розпізнавання номерів вагонів і цистерн в системі «Інтелект»

Автоматизоване робоче місто пункту технічного обслуговування (АРМ ПТО) в режимі обробки списку вагонів дано на рис. 1.6.

Система технічного зору та реєстрації вантажних вагонів, якщо вона підключена до загальної мережі залізниці і поєднана з системою АРМ-ПТО, дозволить за допомогою автоматичного зчитування та передачі номера

вантажного вагона визначити час, який залишився до подачі його в ремонт [19].

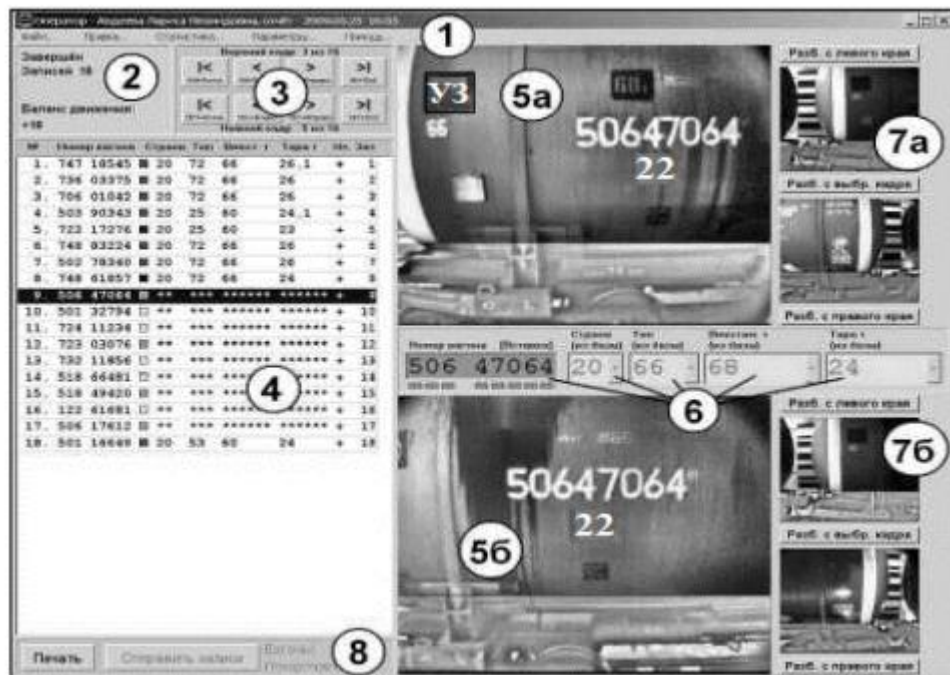


Рис.1.6. Додаток АРМ ПТО в режимі обробки списку вагонів составу:

1 – заголовок і головне меню; 2 – поточний стан звіту; 3 – управління переглядом кадрів поточного вагона; 4 – список вагонів; 5а і 5б – кадри поточного вагона; 6 – поля редагування номера, коду країни, типу, вантажопідйомності, місткості і ваги тари вагона; 7а і 7б – граничні кадри вагона і кнопки переходу в режим обробки списку кадрів состава для ручного редагування розбиття відеозаписів на вагони; 8 – панель друкування і відправлення записів звіту в систему контролю, що знаходиться вище

Програмне забезпечення системи технічного зору (ПЗ СТЗ) призначено для автоматизованого формування в електронному вигляді первинних даних про вантажні вагони, з яких формується состав, що надходить на колію, яка контролюється. До первинних даних належать номери вагонів та інша інформація, розміщена безпосередньо на вагоні або рамі. Основні функції системи:

- автоматичне виявлення моменту початку прослідування поїзда через камери з фіксацією цього часу;
- визначення напрямку руху поїзда;

- автоматичне виявлення моменту завершення прослідування поїзда через камери з фіксацією цього часу;
 - запис відеоданих процесу прослідування поїзда з кожного боку у відеофайли спеціального формату;
 - визначення кількості вагонів у составі й автоматична індексація кадрів відеоданих відповідно до порядкового номера вагона в составі, тобто формування для кожного вагона в составі списку номерів відповідних йому кадрів - повагонної карти кадрів;
 - автоматичне розпізнавання номерів вагонів з ознакою успішного або неуспішного розпізнавання;
 - вагонна візуалізація состава: швидке переміщення за списком вагонів состава й одночасно перегляд кадрів у межах вагона з обох сторін;
 - візуальний контроль результатів розпізнавання з можливістю редагування та заповнення інших первинних даних про вагон;
 - автоматичне заповнення первинних даних вагони в разі, якщо цей вагон вже проходив через дану СТЗ і оператор раніше заповнив ці дані;
 - редагування повагонної карти кадрів відеоданих;
 - зберігання всіх змін, внесених користувачем при редагуванні;
 - генерація файла заданого формату з даними про вагон прохідного рухомого складу для передачі інформації зовнішнім системам;
 - формування та друкування звітів заданого формату за даними про вагони прохідного або будь-якого раніше рухомого складу, що прослідував.
- Відмінними рисами системи другого покоління є: розподілена архітектура: відеосервіс для управління двома відеокамерами; підсистема автоматичного розпізнавання номерів з декількома незалежними робочими місцями операторів; підсистема формування друкованих звітів про прохідний вантажний состав; підсистема віддаленого моніторингу СТЗ; формування списку вагонів рухомого складу і розпізнавання номерів у режимі, який є близьким до реального часу; підвищена надійність розбиття состава на вагони для забезпечення стійкості цього процесу до реверсивного характеру

руху состава; координована робота відеокамер з обох сторін прохідного состава; формування номера вагона за результатами процедури розпізнавання номера з кожного боку вагона і верифікації з використанням кодового захисту системи нумерації рухомого складу й контейнерів; використання відкритого інтерфейсу підсистеми формування друкованих звітів про прохідний состав, можливість інтеграції в автоматизовані системи обліку; моніторинг системи технічного зору, у тому числі візуальний контроль роботи відеосервісу і формування повідомлень про апаратно-програмні збої та проблеми з освітленням; багаторівнева розподілена система архівування відеоданих, час доступу до яких залежить від терміну зберігання. Використання розподіленої архітектури при реалізації системи дозволило підвищити допустиму швидкість рухомого складу до 11,11 м/с (40 км/год) і скоротити час обробки вагона до декількох секунд. Цей час істотно залежить від швидкості руху состава. Параметри програми налаштування дозволяють покращувати якість розпізнавання за рахунок збільшення часу обробки. Система значно знижує навантаження на транспортного оператора, надаючи зручне середовище для контролю і редагування автоматично сформованого списку вагонів. Система технічного зору чітко працює при наявності широкого спектра факторів, що заважають: різні габарити вагонів, різні проміжки між вагонами, довільне розташування номера на вагоні, екстремальні умови освітленості (пряме сонячне випромінювання — високий контраст, освітлення окремих ділянок; недостатня освітленість — слабкий контраст, підвищений шум на зображенні), значний рівень забруднення вагонів, наявність нестандартного накреслення цифр номера на деяких вантажних вагонах [19].

1.2.3. Система «ARSCIS»

АРСІС (ARSCIS) – система рішень по ідентифікації вагонів, управління відвантаженням продукції залізничним транспортом, комерційному огляду вагонів, контролю пересування і місцезнаходження вагонів, побудоване на

платформі системи розпізнавання номерів вагонів і для вирішення завдань служб метрології, логістики та безпеки [10].

Структурна схема системи ARSCIS наведена на рис.1.7.

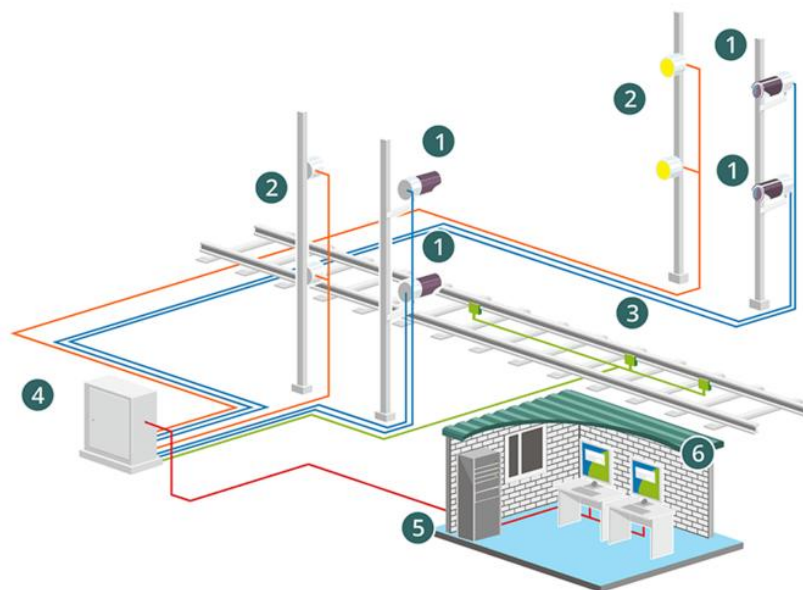


Рис. 1.7. Структурна схема системи ARSCIS.

Умовні позначення: 1 – камери, 2 – прожектори, 3 – датчики колісних пар,
4 – шафа ARSCIS, 5 – сервер, 6 – АРМ оператора

АРМ фахівця служби безпеки і комерційного огляду показано на рис. 1.7. Основні функції АРМу: зіставлення розпізнаного номера кожного вагона та відеозаписи його проїзду з декількох камер; відображення на екрані відео з камер у форматі відео стіни з можливістю гнучкого налаштування; доступ до відеоархіву, перегляд історичної інформації; розширений набір функцій для роботи з відеоархівом вагонів (перегляд відео з різною швидкістю, синхронний перегляд відео з різних камер, збільшення стоп-кадру і ін.); контроль за дотриманням швидкісного регламенту; самодіагностика, моніторинг і оповіщення про стан апаратних і програмних компонентів системи; звукова індикація початку проходу складу; розмежування прав доступу (адміністратор, оператор, супервізор); формування і друк звітів; моніторинг працездатності системи з доступом через браузер і можливістю оповіщення про неполадки поштою;

відображення відео днища вагонів, відео з тепловізійної камери, контроль тривалості перебування вагона на території підприємства, сигналізація про проїзд вагона з «чорного списку», звірка з натурлістом і т. ін.

1.2.4. Автоматизована система контролю інвентарних номерів вагонів (АСКІН)

АСКІН забезпечує зчитування та реєстрацію номерів рухомих залізничних вагонів і цистерн, а також формування довідки про минулий складі. Система встановлюється на шляхах прийому / відправлення залізничних станцій, а також промислових підприємств, в сортувальних парках станцій з метою організації процесу формування поїздів. Структурна схема системи АСКІН дана на рис. 1.8.

Вхідними даними в системі АСКІН є відеозображення бічних поверхонь і рам вагонів, які проходить склад з двох боків, сформовані телекамерами. Відеозображення передаються на сервер розпізнавання, де за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення проводиться їх обробка та розпізнавання інвентарних номерів вагонів. Підрахунок вагонів і визначення напрямку руху виконується за допомогою трьох комплектів оптичних датчиків, які підключаються до контролера.

Контролер по лінії RS-485 передає дані на робоче місце оператора.

АСКІН дозволяє автоматизувати цілий ряд рутинних завдань, що вирішуються на об'єктах інфраструктури залізниці і, тим самим, підвищити швидкість і ефективність отримання і обробки інформації.

Основні функціональні можливості:

- формування відеозображень, що містять інвентарні номери вагонів;
- розпізнавання по відеозображення вісімкових номерів вагонів;
- · підрахунок числа вагонів у складі;
- · формування пономерного списку поїзда;
- · виділення в списку поїзда нерозпізнаних номерів;

- · візуальний контроль оператором відповідності розпізнаних номерів відео зображення інвентарного номера;
- · редагування переліку номерів вагонів, отриманих в результаті розпізнавання;
- перегляд відеозапису в різних режимах (прямий, зворотний, покадровий);
- · пошук інформації в базі даних по часу проходження, номеру, напрямку руху, номеру відеокамери;
- · формування різних звітів про прийняті склади;
- · експорт звітів в інформаційні системи підприємства [11].

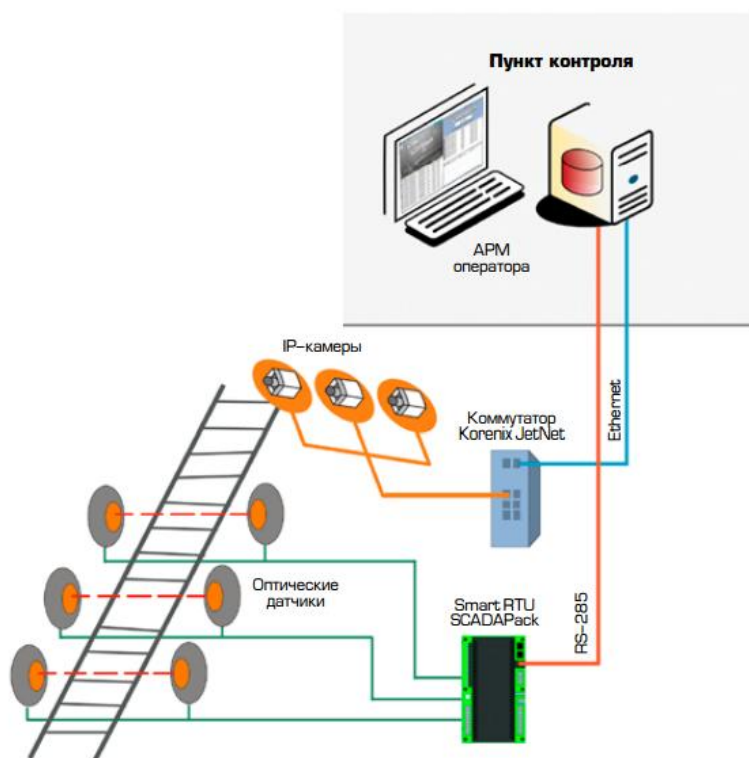


Рис.1.8. Структурна схема автоматизованої системи контролю інвентарних номерів вагонів АСКІН

1.3. Системи радіочастотної ідентифікації рухомого складу

1.3.1. Північноамериканська система Amtech

Один з перших і наймасштабніших проектів автоматичної ідентифікації залізничного рухомого складу на основі НВЧ був реалізований залізницями США, Канади і Мексики. Розробку системи здійснила фірма Amtech Systems

Division – підрозділ корпорації Intermec Technologies (США). Система базується на технології радіочастотної ідентифікації (RFID). Для залізниць Північної Америки (для вагонів і локомотивів) були розроблені і стандартизовані пасивні датчики-маркери, які активізуються при випромінюванні СВЧ-енергії від зчитувача. Маркер передає запитувальному пристрою за кодовану в ньому інформацію. При ємності накопичувача 128 біт є можливість зберігати в маркері, крім номера одиниці рухомого складу, відомості про її тип, код власника, довжину, зокрема осей і т.ін. За оцінками північноамериканських спеціалістів, система «Amtech» повністю виправдала витрати на її впровадження, які окупилися в короткі терміни. Зараз маркерами Amtech в США обладнані 97% всіх залізничних транспортних засобів, в точках контролю переміщень рухомого складу встановлено 3000 зчитувачів, що передають інформацію в єдиний центр обробки, де ведеться централізована база даних [15, 16].

1.3.2. Європейська система Dunicom

В Європі для ідентифікації транспортних засобів використовується система Dunicom - спільна розробка фірм Amtech і Alcatel. Вона відрізняється від північноамериканської системи робочими характеристиками, місцями розташування зчитувача і датчика.

Корпорація Amtech виграла також тендер на створення аналогічних радіочастотних засобів автоматичної ідентифікації вантажних вагонів (AVI) для залізниць Європи. Система, яка отримала назву Dunicom, рекомендована Міжнародним союзом залізниць (МСЗ) в якості єдиного стандарту для створення уніфікованої системи автоматичної ідентифікації. Вона буде застосовуватися до всього рухомого складу, який використовується в міжнародних перевезеннях.

На відміну від маркерів Amtech датчик Dunicom кріпиться не на боковій стінці, а під кузовом вагона. Відповідно скорочується кількість маркерів і змінюються умови роботи зчитувача. За умовами роботи на залізницях

Західної Європи експлуатується велика кількість вагонів різних залізничних адміністрацій, тим самим створюються складності для ведення єдиної оперативної бази даних про рухомий склад і виконаних перевезеннях. Тому в електронному маркері реалізована можливість запису змінної інформації на ходу поїзда як від пристрою, що зчитує, так і від додаткових датчиків на рухомому складі.

Оскільки введення в маркер оперативної інформації, так чи інакше, ініціюється людиною (оператором), можливість появи в системі помилковою інформації не виключається.

Структурна схема автоматичної ідентифікації рухомого складу системи AVI Dynicom приведена на рис.1.9. [15].

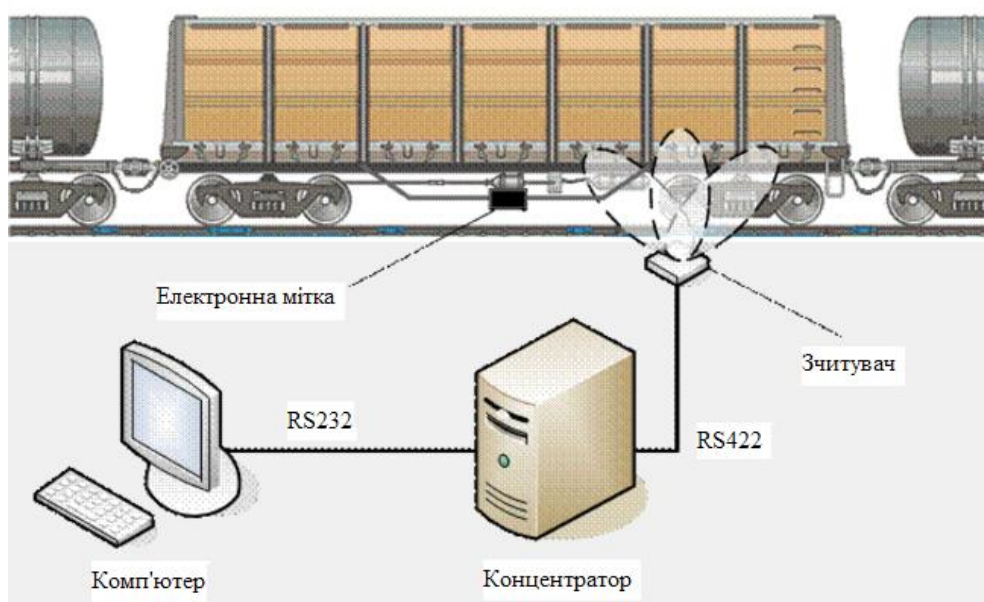


Рис.1.9. Структурна схема автоматичної ідентифікації рухомого складу системи AVI Dynicom

При проходженні маркера над зчитувачем останній радіочастотним імпульсом збуджує електронні схеми датчика, які повертають на зчитувач кодований сигнал, що містить інформацію про вагони або локомотиви. Отримана інформація передається в реальному часі на локальний комп'ютер і при необхідності – далі: через мережу передачі даних в центральний комп'ютер автоматизованої системи управління.

Зчитувачі створюють і передають радіосигнал на електронні маркери і обробляють сигнал, відбитий від маркера. Вони обробляють запити читання / запису, транслюють радіосигнал для зчитування даних з маркера і, використовуючи радіочастотну модуляцію, генерують сигнали для запису інформації в маркери. У зчитувачі інтегровано багато функцій, які реалізуються поряд з ідентифікацією маркера: визначення напрямку руху, рахунок числа осей рухомого складу (при підключенні додаткового датчика), самотестування.

Залежно від конфігурації системи для взаємодії з комп'ютером кілька поруч розташованих зчитувачів можуть бути підключені до концентратора. Відповідно до стандарту МСЗ для єдиної європейської системи автоматичної ідентифікації рухомого складу Dupicom має відкритий протокол обміну, що відповідає потребам мережевої взаємодії.

Конструктивно електронний маркер виконаний у вигляді міцного герметичного контейнера, завдяки чому пристрій витримує перепади температур від - 40 до + 75 ° С, а також поштовхи і вібрації великої амплітуди. Термін служби електронного маркера становить не менше 15 років. Зчитувач також розміщений в міцному корпусі для захисту від ударів і поставляється в комплекті з універсальною монтажною платформою, забезпеченою амортизаторами для гасіння вібрацій [16].

До складу Dupicom входять також інструментарій для програмування і підтримки компонентів системи, включаючи пакет програмного забезпечення і інтерфейсів, пристрої програмування електронних маркерів DPS і Dupikey, провідний інтерфейсний адаптер для сполучення електронних маркерів з датчиками, що встановлюються на рухомому складі, реєстратор поштовхів DECA, а також тестер електронних маркерів.

Існує думка, що для мережі залізниць країн СНД з двох розглянутих рішень Amtech й Dupicom по системі ідентифікації кращим є перше рішення, реалізоване на залізницях Північної Америки, з наступних причин:

- 1) схожі кліматичні умови;

2) умови організації перевезень за дальністю і структурою перевезень, параметрам ваги і швидкості вантажних поїздів, структурі парку рухомого складу;

3) для держав СНД відпрацьовані і застосовуються методи використання централізованої бази даних про рухомий склад всієї мережі залізниць;

4) простий і відносно дешевий маркер з постійною інформацією на 128 біт кращий за умовами мінімізації витрат на реалізацію системи і в плані проведення антивандальних рішень.

1.3.3. Російська система ПАЛЬМА

До складу обладнання системи «ПАЛЬМА» входять наступні вузли:

– кодовий бортовий датчик (розміщується на рухомому складі в строго певному місці) (рис. 1.10);

– пункт зчитування інформації (ПСЧ), стаціонарно встановлюється на відстані декількох метрів від залізничної колії в точках контролю (рис. 1.11);

– концентратори інформації: лінійного рівня КСАИ-Л и дорожнього рівня КСАИ-Д;

– пункт кодування датчиків КБД;

– програмне забезпечення [14].



Кодовий бортовий датчик



Пункт зчитування інформації

Рис. 1.10. Обладнання системи «Пальма»

Система «Пальма» виконана відповідно до міжнародного стандарту ISO 10374 та інформаційно-сумісна з північноамериканською системою Amtech. Функціональна схема системи дана на рис.1.11.

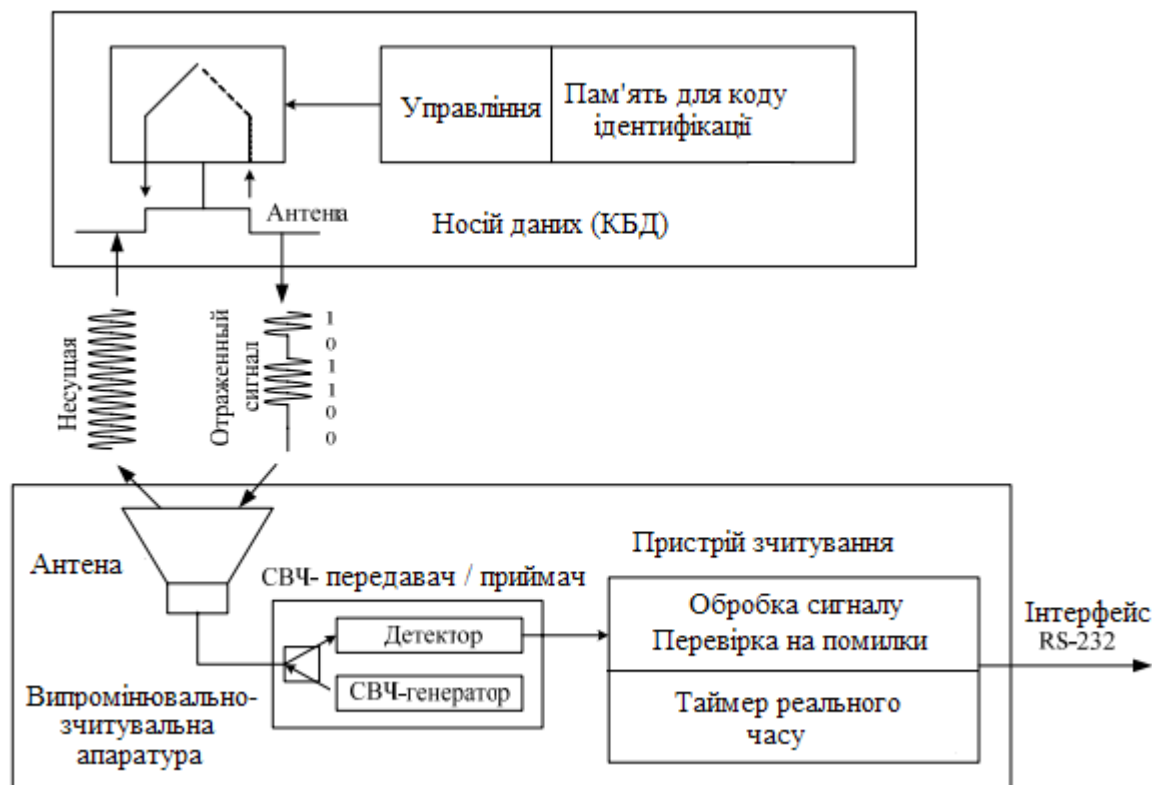


Рис.1.11. Функціональна схема системи «Пальма»

Система "Пальма" заснована на застарілому стандарті ISO 10374 (радіочастотна ідентифікація вантажних контейнерів), який ще не зазнав нову офіційну редакцію. Реально в світі є всього два великих виробника RFID-обладнання та міток, сумісних з цим стандартом: американські компанії Transcore-Amtech і Sirit. Таким чином, існуюче в Росії рішення є коштовним на рівні обладнання і радіоміток, складним в установці і обслуговуванні.

Але, безперечно, що технологія RFID – зручний спосіб ідентифікувати рухому одиницю, що проходить через контрольну точку. Для розгортання такої системи необхідна установка радіоміток на вагони і зчитуючі системи з великим радіусом зчитування в необхідних контрольних точках.

1.4. Висновки по розділу 1

Виходячи з виконаного аналізу, слід відзначити, що RFID-технології дозволяють вимірювати основні діагностичні параметри, необхідні для забезпечення безпеки на залізничному транспорті, а також аналізувати дані, отримані від вимірюваних об'єктів в режимі реального часу, тобто визначити точне місце розташування кожного вагона. При цьому швидкість рухомого складу може досягати до 250 км/год, якість інформації не залежить від напрямку руху поїзду, на RFID-датчики значно менш впливають погодні умови і забруднення чим при відеоспостереженні.

Інтелектуальний відеоаналіз ефективно фільтрує фонові завади, ігнорує неважливий рух або об'єкти в зоні відстеження. На цих факторах система може навчатися, підвищуючи якість розпізнавання подій і зводячи до мінімуму кількість помилкових спрацьовувань.

Отже, відеоаналітика і відеоаналіз теж є одним з пріоритетних напрямків у забезпеченні руху систем і більш дешевим за RFID-технології, але вона чутлива до кліматичних умов і забруднення поверхонь.

Підвищити достовірність отриманої інформації від систем контролю руху поїздів можна завдяки одночасному комплексному застосуванню декількох методів ідентифікації.

2. КОМПЛЕКСНА СИСТЕМА АВТОМАТИЧНОЇ ІДЕНТИФІКАЦІЇ РУХОМОГО СКЛАДУ

2.1. Структура та принцип дії комплексної системи автоматичної ідентифікації рухомого складу

Структурна схема комплексної системи автоматичної ідентифікації рухомого складу представлена на рис. 2.1. На схемі використані такі умовні позначення:

- ТКД – точкові колійні датчика. Використовуються для реєстрації рухомого складу в зоні дії зчитувача, підрахунку осей рухомого складу, визначення типу вагонів (кількості осей у вагоні), визначення порядкових номерів вагонів;

- Контролер датчиків – виконує обробку сигналів від ТКД та передає отриману інформацію в промисловий комп'ютер;

- ВК – відеокамери . По дві відеокамери (верхня і нижня) з кожної сторони. Використовуються для оптичного зчитування номерів вагонів;

- ДО – джерело освітлення (включається в нічний час);

- Блок обробки відео – виконує обробку отриманих зображень та розпізнавання номерів вагонів, передає отриману інформацію у бортовий комп'ютер;

- Антена RFID, RFID-зчитувач – використовуються для радіочастотної ідентифікації рухомих одиниць (при наявності кодових бортових датчиків);

- Промисловий комп'ютер – виконує обробку інформації від контролера датчиків, блоку відео, RFID-зчитувача. Забезпечує передачу інформації до станційного обладнання;

- Станційний контролер – виконує опитування пунктів зчитування та передачу отриманої інформації до концентратора, а також забезпечує можливість передачі інформації до лінійного пункту системи «КАСКАД»;

- Концентратор інформації – зберігає отриману інформацію;
- АРМ – автоматизоване робоче місце, забезпечує відображення отриманої інформації.

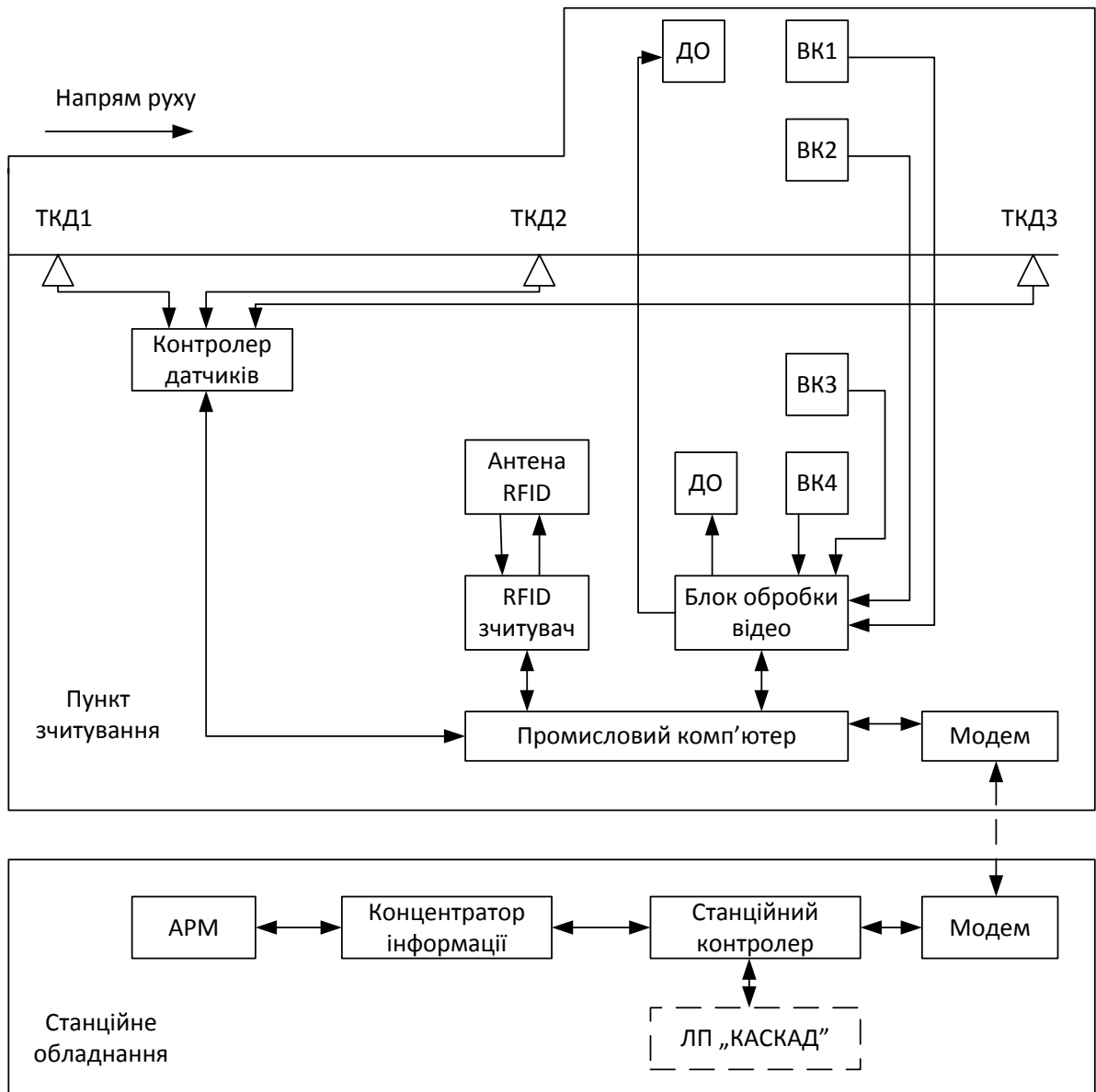


Рис. 2.1. Структурна схема комплексної системи автоматичної ідентифікації рухомого складу

2.2. Алгоритм роботи комплексної системи автоматичної ідентифікації

Запропонована система автоматичної ідентифікації рухомого складу може працювати в одному із трьох режимів:

- 1) тестування апаратури;

- 2) ідентифікація рухомих одиниць;
- 3) передача даних до станційного контролера.

Блок-схема алгоритму роботи пункту зчитування наведена на рис. 2.2.

Умовні позначення в алгоритмі роботи пункту зчитування (див. рис .2.2): N1 – кількість осей, що проїхали над точковим датчиком ТКД1; N2 – кількість осей, що проїхали над точковим датчиком ТКД2; ТКД – точковий колійний датчик; ДО – джерело освітлення.

Розглянемо даний алгоритм. Після включення системи відбувається її ініціалізація: налаштування всіх модулів, налаштування портів вводу-виводу, встановлення всіх конфігураційних даних. В алгоритмі використовуються декілька змінних параметрів, зокрема: N1 – кількість осей рухомого складу, що проїхали над датчиком ТКД1, N2 – кількість осей, що проїхали над датчиком ТКД3, M – кількість вагонів. Після запуску системи зазначені параметри обнуляються. Далі система переходить в режим самотестування, в якому перевіряється працездатність всіх модулів.

При в'їзді поїзда в зону дії системи спрацьовує датчик ТКД1 і відбувається інкремент значення параметру N1. Система переключасться в режим ідентифікації рухомих одиниць. Включається генератор у блоці RFID-зчитувача та через антенну систему випромінюється електромагнітний сигнал НВЧ діапазону. У разі роботи в нічний час відбувається також включення джерел освітлення (ДО). Після проїзду рухомої кожної одиниці через датчик ТКД2 відбувається її ідентифікація.

Якщо рухома одиниця містить кодовий бортовий датчик, то здійснюється радіочастотна ідентифікація. В протилежному випадку за допомогою відеокамер відбувається фотореєстрація бокової поверхні вагону, на якій зображений його номер. Після проїзду кожної колісної пари над датчиком ТКД значення N2 інкрементується. В результаті аналізу сигналів від трьох ТКД контролер датчиків визначає кількість осей у кожному вагоні. Якщо вагон проїхав повністю контрольовану ділянку, до значення лічильника вагонів M інкрементується.

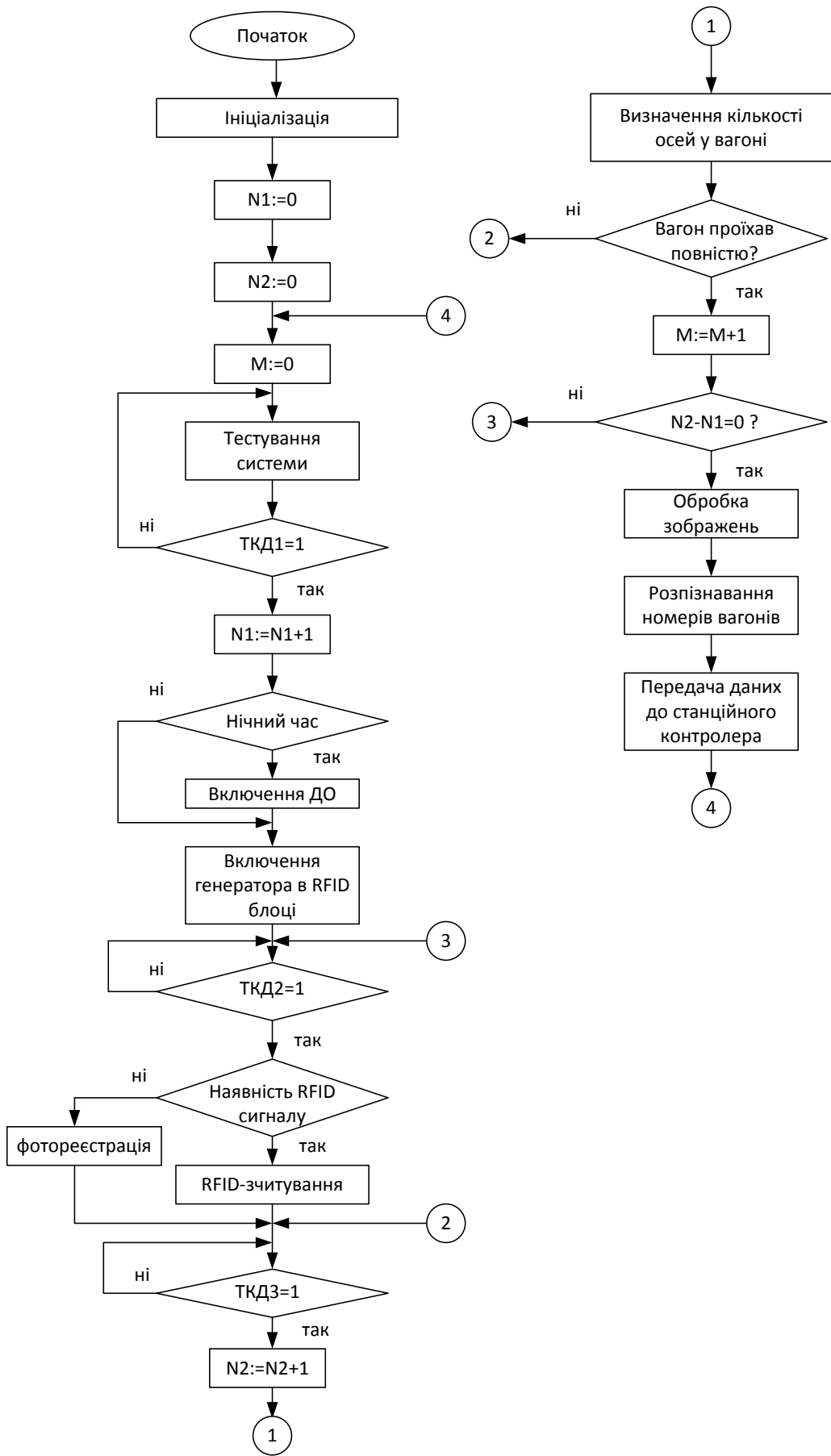


Рис. 2.2. Алгоритм роботи пункту зчитування

Наявність рухомого складу на контрольованій ділянці визначається за принципом підрахунку осей. Якщо різниця колісних пар, що проїхали на першим та третім ТКД дорівнює нулю, вважається, що поїзд повністю проїхав зону дії пункту зчитування. Після цього промисловий комп'ютер виконує обробку отриманих фотозображень та програмне розпізнавання номерів вагонів. Далі здійснюється передача отриманих даних (час проходження поїзда, кількість осей та вагонів, бортові номери кожного вагона) до станційного контролера. Після цього пункт зчитування повертається в режим самотестування та очікує проходження наступного поїзда.

2.3. Розробка контролера точкових колійних датчиків

2.3.1. Структура контролера датчиків

Контролер точкових колійних датчиків (рис. 2.3) складається з таких основних функціональних вузлів: перетворювачів сигналів від датчиків Д1, Д2 та Д3, мікроконтролерів МК1 та МК2, CAN-трансиверів.

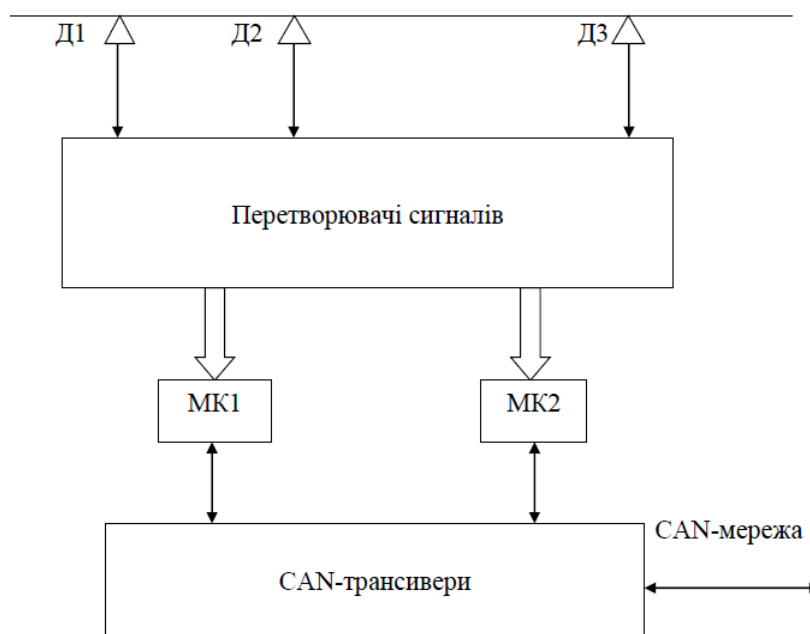


Рис. 2.3. Структурна схема контролера датчиків

Інформація, отримана від датчиків, надходить до перетворювачів сигналів. Після чого здійснюється перетворення у сигнали рівня TTL-стандарту, для подальшої передачі у мікроконтролери МК1 та МК2 . Мікроконтролери здійснюють обробку та аналіз отриманої інформації з колійних датчиків. Надалі, через CAN-трансивери інформація з мікроконтролерів надходить до CAN-мережі, яка є стандартом промислової мережі, що орієнтована на об'єднання в єдину мережу виконавчих пристроїв і датчиків.

2.3.2. Різновиди точкових колійних датчиків

Існуючі типи точкових колійних датчиків можна класифікувати за наступними основними ознаками. Зокрема, за фізичним принципом дії датчики поділяють на механічні, електричні, оптичні, акустичні та радіоізотопні.

В механічних датчиках не потребується наявність джерела енергії, оскільки їх сприймаючий елемент реагує на механічні впливи, що виникають при проходженні рухомого складу. В залежності від виду механічного впливу колійні датчики можна розділити на нажимні, деформаційні та вібраційні. Найбільш розповсюджені серед механічних датчиків – деформаційні, що реагують на вигин та просадку рейки при проходженні рухомого складу.

Недоліками механічних датчиків слід вважати достовірність їх роботи, що змінюється, в залежності від динаміки впливу рухомого складу на датчик, швидкості слідування, ударних та вібраційних прискорень, а також недостатню швидкодію механізму.

До основних видів електричних датчиків належать електроконтактні, індуктивні, індукційні, магнітно-контактні та радіохвильові.

В електроконтактних датчиках сприймаючий елемент реагує на поїзний шунт.

Принцип дії індуктивних точкових колійних датчиків заснований на зміні індуктивності первинного перетворювача під дією впливу на нього феромагнітної маси колеса або осі.

В індукційних точкових колійних датчиках використовуються генераторні первинні перетворювачі, в яких при впливі на постійне або змінне магнітне поле феромагнітної маси колеса змінюється магнітний потік і в перетворювачі індукується ЕРС.

В магнітно-контактних датчиках первинний перетворювач діє від зміни значення і напрямку магнітного потоку при проходженні колеса в зоні чутливості датчика.

Оптичні точкові колійні датчики реагують на зміну інтенсивності світлового потоку, що сприймається прийомним елементом при проходженні рухомого складу. Подібні датчики застосовуються для додаткового контролю вільності стрілочних ділянок сортувальних гірок від довгобазових вагонів.

Точкові колійні датчики, що фіксують інфрачервоне випромінювання від перегрітих букс колісних осей, називаються інфрачервоними. Вони використовуються в системі визначення перегрітих букс «ПОНАБ».

Акустичні датчики реагують на звукові або ультразвукові коливання, що виникають при проходженні рухомого складу. До цього класу можна віднести ударні датчики, що сприймають низькочастотні або ультразвукові коливання при взаємодії колеса рухомого складу з рейкою.

Радіоізотопні колійні датчики працюють за принципом контролю інтенсивності радіоактивних випромінювань, що надходять від випромінювача. Але подібні колійні датчики не здобули широкого застосування на залізничному транспорті через складність захисту обслуговуючого персоналу від шкідливого впливу радіації.

Датчики також поділяють на одинарні (з об'єднанням всіх елементів в одному блоці) та багатоконтактні.

2.3.3. Датчик електронний фіксації проходу колісних пар ДЕ- 96

Датчики ДЕ- 96 призначені для формування імпульсу електричного струму в момент фіксації проходу колеса рухомої одиниці, для застосування в пристроях «ПОНАБ», «ДИСК», «ГАЦ» та інших.

Умови експлуатації датчиків:

- температура навколишнього повітря від мінус 40 до плюс 60 °С ;
- відносна вологість повітря до 100 % ;
- атмосферний тиск від 66 до 106,7 кПа (495-800 мм рт ст) ;
- механічні навантаження згідно групи МС5 РД32 ЦШ 03.07-90.

Технічні характеристики:

- номінальна напруга живлення датчиків (12 ± 1)В;
- вихідний сигнал датчика в режимі очікування ($3,5 \pm 1$) мА;
- вихідний сигнал датчика фіксації колеса рухомої одиниці (20 ± 5) мА;
- опір ізоляції між корпусом датчика і електричними виводами - не менше 40 МОм при температурі 20 °С і відносній вологості 80%.

Датчики конструктивно виконані в електронепровідному корпусі, в якому в безпосередній близькості до поверхні розміщена котушка індуктивності без сердечника, а також електронний блок, що разом залиті компаундом, який захищає від проникнення в корпус вологи та підвищує механічну стійкість. З нижньої сторони корпуса виходить електричний кабель. На рис.2.4 зображена структурна схема датчиків.

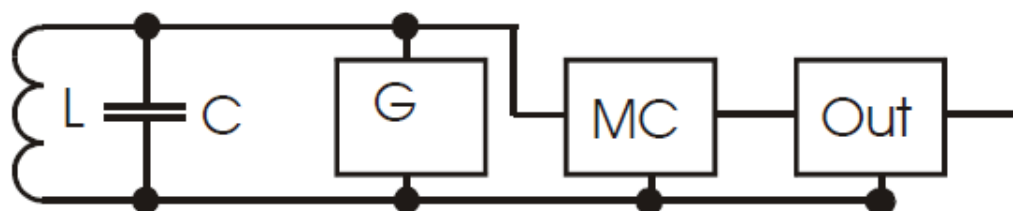


Рис.2.4. Структурна схема датчика ДЕ-96

Принцип дії датчиків заснований на зміні електричних параметрів контуру L, C при попаданні в зону дії реборди колеса. Мікроконтролер МС

контролює частоту та напругу коливань контуру L C так, що при попаданні в зону дії реборди колеса формує вихідний сигнал струму в колі живлення датчика. На рис.2.5 зображена діаграма роботи датчика.

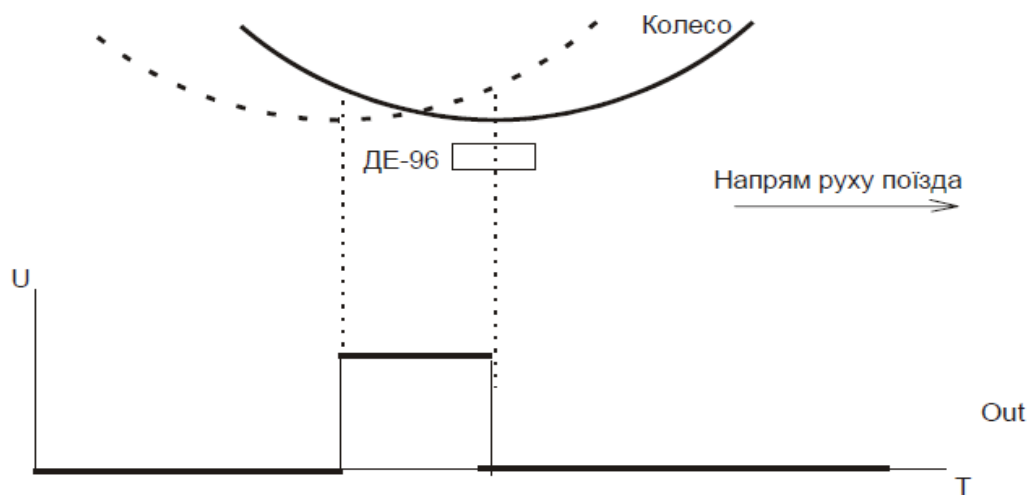


Рис.2.5. Діаграма роботи датчика

При обриві або короткому замиканні в колі L (відсутні коливання) контролер формує імпульси з періодом близько 2,5 с, щільністю 2.

Необхідно враховувати наступне: в пристроях «ПОНАБ» строб-імпульс формується на початку другої півхвилі імпульсу з магнітного датчика, тобто після проходження осі колеса над датчиком. Фронт імпульсу датчика ДЕ-96 формується при підході осі колеса на віддаль 70-120мм до вертикалі над датчиком. Тому датчики в пристроях «ПОНАБ» необхідно встановлювати на віддалі 120мм дальше по ходу рухомого складу відносно місць, де встановлювались магнітні датчики.

При підключенні датчиків до апаратури «ПОНАБ», «ДИСК», «КТСМ», «ГАЦ» необхідно використовувати відповідні схеми підключення та модулі узгодження.

2.3.4. Розробка принципової електричної схеми контролера датчиків

Принципова електрична схема контролера датчиків (рис.2.6) складається з таких функціональних вузлів: трьох перетворювачів сигналів від датчиків

типу ДЕ-96, мікроконтролера типу PIC18F2682 та CAN-трансивера типу MCP2551.

Датчики типу ДЕ-96 мають «струмовий» вихід, тобто струм змінюється при проходженні осі рухомої одиниці над датчиком: у відсутності колеса в зоні дії датчика – протікає невеликий струм, при проходженні колеса – струм збільшується.

Для забезпечення живлення датчика та гальванічної розв'язки між датчиком та системою застосовуються перетворювачі сигналів від датчиків. Розглянемо детальніше на прикладі перетворювача від першого датчика Д1.

Перетворювач містить у собі DC/DC конвертер TME0512S, що здійснює перетворення напруги живлення датчика 5 В у 12 В.

Також він має у своєму складі компаратор напруги K554СА3, який порівнює еталонну (опорну) напругу з вхідною напругою. Компаратор має два входи: інверсний вхід, на який надходить опорна напруга, та вхід, на який надходить вимірювана напруга з виходу датчика. У компаратора існує вихідний ключ, який замикається/ розмикається, відповідно при відсутності колеса над датчиком вихідний ключ буде розімкнений, при проходженні колеса - ключ замкнеться.

У коло живлення датчика підключається «струмовий» резистор R3 номіналом 100 Ом. Опорна напруга формується колом R1, VD1 та R2. За допомогою резистора R2 регулюється рівень спрацьовування датчика.

Другий та третій перетворювачі мають аналогічну будову та виконують такі ж функції, як було розглянуто на прикладі першого перетворювача.

Мікроконтролер PIC18F2682 виступає в ролі вирішуючого пристрою та має вбудований CAN-інтерфейс, за допомогою якого можна передавати інформацію в інші сегменти системи. За трьома вхідними лініями RA0, RA1 та RA2 виконується опитування датчиків. Мікроконтролер має схему скидання R7 та S1, та схему синхронізації C2, C3 та Q1. Лінії RB3 та RB2 є виходами CAN – інтерфейсу.

CAN- трансивер MCP2551 виконує перетворення рівнів TTL -стандарту у рівні, які використовуються в CAN-мережі.

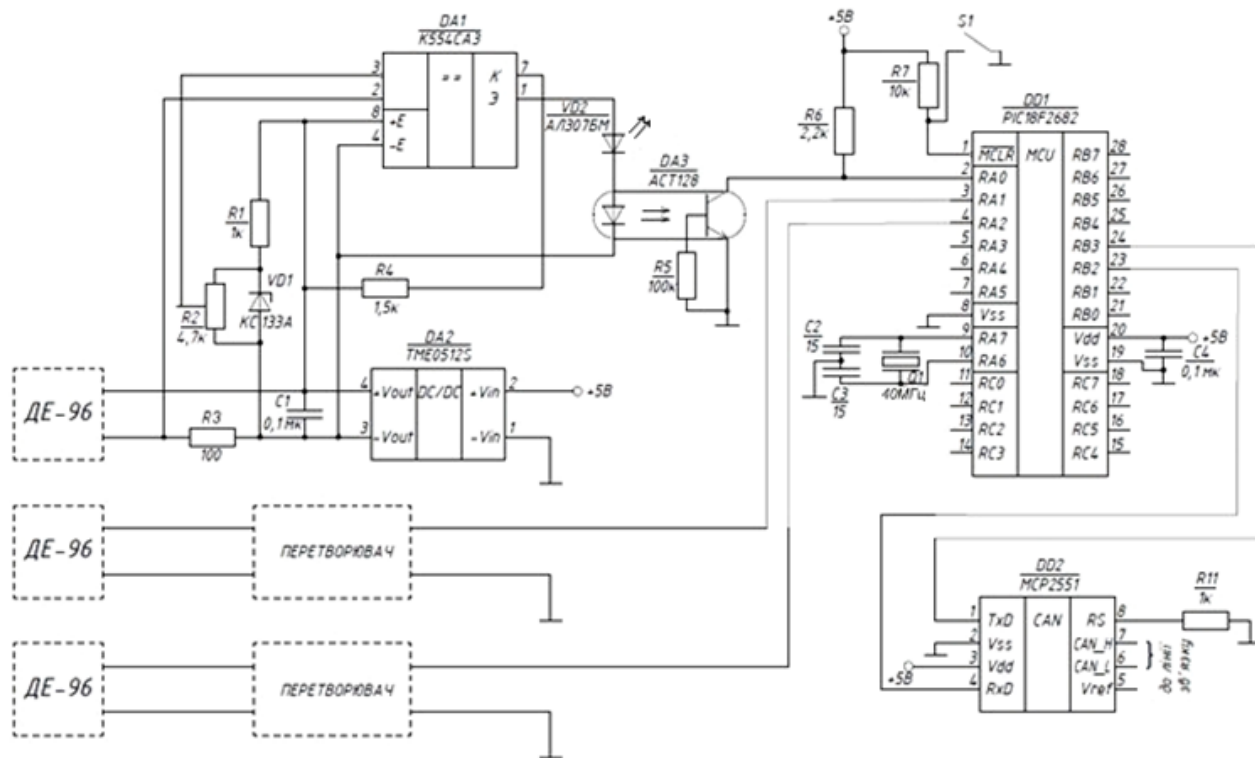


Рис.2.6. Принципова електрична схема контролера датчиків

Розглянемо принцип дії на прикладі для датчика Д1.

У відсутності колеса в зоні дії датчика протікає струм величиною 3.5 мА, на резисторі R3 присутнє падіння напруги приблизно 0.35 В, що значно менше, ніж величина опорної напруги. Не протікає струм через вихідне коло датчика, не протікає струм через світлодіод та оптрон. В такому випадку вихідний ключ компаратора буде розімкнений. При відсутності колеса на вхід мікроконтролера надходить сигнал логічної «1».

При проходженні колеса датчик спрацьовує, його струм збільшується приблизно до 25 мА, в результаті цього на резисторі R3 буде падіння напруги 2.5 В, це буде вище ніж величина опорної напруги. Відбувається спрацьовування компаратора, протікає струм через резистор R4, транзистор та світлодіод. Загорається світлодіод, тобто відбувається індикація, що свідчить про спрацьовування датчика. Вмикається оптрон та на вхід

мікроконтролера надходить сигнал логічного «0», що сигналізує про проходження колеса в зоні дії датчика.

2.4. Порівняльний аналіз протоколів передачі даних

Важливим елементом системи автоматичної ідентифікації є підсистема передачі даних. Проаналізуємо найбільш відомі протоколи передачі даних.

Інтерфейс RS-232 – популярний протокол, що застосовується для зв'язку комп'ютерів з модемами та іншими периферійними пристроями. Організація інтерфейсу RS-232 зображена на рис. 2.7 призначений для організації прийому-передачі даних між передавачем або терміналом (англ. Data Terminal Equipment, DTE) і приймачем або комунікаційним обладнанням (англ. Data Communications Equipment, DCE) за схемою точка-точка .

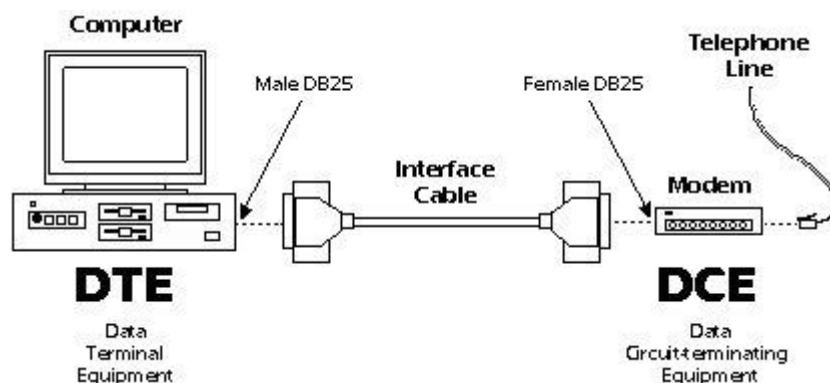


Рис.2.7. Організація інтерфейсу RS-232

RS-232 - інтерфейс передачі інформації між двома пристроями на відстані до 20 м. Інформація передається по проводах з рівнями сигналів, що відрізняються від стандартних 5В, для забезпечення більшої стійкості до перешкод. Асинхронна передача даних здійснюється з встановленою швидкістю при синхронізації рівнем сигналу стартового імпульсу.

Швидкість роботи RS-232 залежить від відстані між пристроями, зазвичай на відстані 15 метрів швидкість дорівнює 9600 біт / с. На мінімальній відстані швидкість зазвичай дорівнює 115.2 кбіт / с, але є обладнання, яке підтримує швидкість до 921.6 кбіт / с.

Інтерфейс RS-232 працює в дуплексному режимі, що дозволяє передавати і приймати інформацію одночасно, тому що використовуються різні лінії для прийому і передачі. У цьому полягає відмінність від напівдуплексного режиму, коли використовується одна лінія зв'язку для прийому і передачі даних, що накладає обмеження на одночасну роботу, тому в напівдуплексному режимі в один момент часу можливий або прийом, або передача інформації.

Інформація по інтерфейсу RS-232 передається в цифровому вигляді логічними 0 і 1. Логічний «1» (MARK) відповідає напруга в діапазоні від -3 до -15 В. Логічному «0» (SPACE) відповідає напруга в діапазоні від +3 до +15 В.

Одне повідомлення, передане по RS-232 складається зі стартового біта, кількох біт даних, біта парності і стопового біта (рис.2.8).

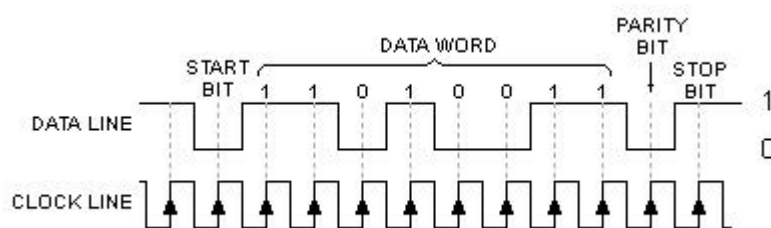


Рис.2.8. Структура даних, що передаються по інтерфейсу RS-232

В даний час найчастіше використовується в промисловому і вузькоспеціальному обладнанні, вбудованих пристроях [29].

Інтерфейс RS-422. RS-422 (EIA-422) – американський стандарт, його міжнародний еквівалент ITU-T Recommendation V.11. Цей технічний стандарт забезпечує збалансовану або диференціальну односпрямовану неререверсивну передачу даних, з можливістю з'єднання «точка-точка» або для багато-абонентської доставки повідомлень. Інтерфейс RS-422 схожий на RS-232, тому що дозволяє одночасно відправляти і приймати повідомлення по окремих лініях (повний дуплекс), але використовує для цього диференційний сигнал, тобто різницю потенціалів між провідниками А і В.

Швидкість передачі даних в RS-422 залежить від відстані і може змінюватися в межах від 10 кбіт / с (1200 метрів) до 10 Мбіт / с (10 метрів).

У мережі RS-422 може бути тільки одне передавальний пристрій і до 10 приймаючих пристроїв.

Лінія RS-422 являє собою 4 дроти для прийому-передачі даних (2 скручених дроти для передачі і 2 скручених дроти для прийому) і один загальний провід землі GND.

Напруга на лініях передачі даних може знаходитися в діапазоні від -6 В до +6 В. Логічному «0» відповідає різниця між А і В більше +0,2 В. Логічній «1» відповідає різниця між А і В менше -0,2 В [30].

Інтерфейс RS-485. RS-485 (EIA-485) – стандарт фізичного рівня для асинхронного інтерфейсу. Стандарт RS-485 спільно розроблений двома асоціаціями: Асоціацією електронної промисловості (EIA–Electronic Industries Association) і Асоціацією промисловості засобів зв'язку (TIA–Telecommunications Industry Association).

У промисловості найчастіше використовується інтерфейс RS-485 тому, що в ньому застосовується багато-точкова топологія, що дозволяє підключити декілька приймачів і передавачів.

Інтерфейс RS-485 схожий на RS-422 тим що також використовує диференціальний сигнал для передачі даних.

Існує два типи RS-485:

- RS-485 з 2 контактами, працює в режимі напівдуплекс;
- RS-485 з 4 контактами, працює в режимі повний дуплекс. В одному сегменті мережі RS-485 може бути до 32 пристроїв, але за допомогою додаткових повторювачів і підсилювачів сигналів до 256 пристроїв. В один момент часу активним може бути тільки один передавач.

Швидкість роботи також залежить від довжини лінії і може досягати 10 Мбіт / с на 10 метрах.

Напруга на лініях знаходиться в діапазоні від -7 В до +12 В.

В основі інтерфейсу RS-485 лежить принцип диференціальної (балансної) передачі даних (рис 2.9). Суть його полягає в передачі одного сигналу по двох проводах. Причому по одному проводу (умовно А) йде

оригінальний сигнал, а по іншому (умовно В) - його інверсна копія. Іншими словами, якщо на одному проводі "1", то на іншому "0" і навпаки. Таким чином, між двома проводами виті пари завжди є різниця потенціалів: при "1" вона позитивна, при "0" - негативна.

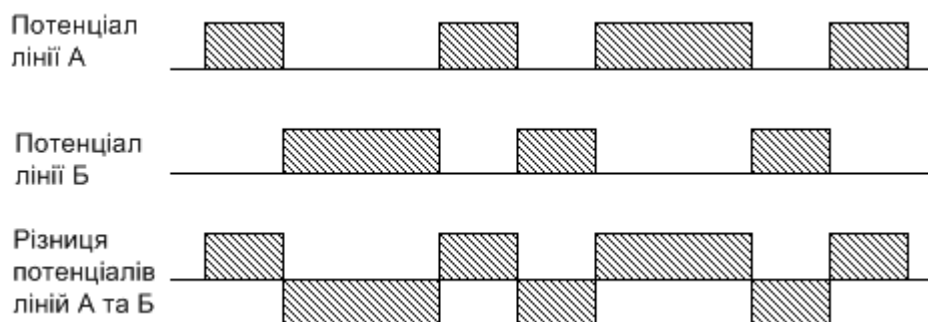


Рис.2.9. Структура передачі даних RS-485

Саме цією різницею потенціалів і передається сигнал. Такий спосіб передачі забезпечує високу стійкість до синфазної перешкоди. Інформація, передана по інтерфейсах RS-232, RS-422 і RS-485, структурована у вигляді будь-якого протоколу. У табл. 2.1 наведені основні відмінності інтерфейсів RS-232, RS-422 і RS-485 [30].

Таблиця 2.1

Порівняльна характеристика інтерфейсів

| Назва | RS-232 | RS-422 | RS-485 |
|---|---------------------|----------------------------------|------------------------------|
| Тип передачі | Повний дуплекс | Повний дуплекс | Напівдуплекс, повний дуплекс |
| Максимальна дистанція | 15 м при 9600 біт/с | 1200 м при 9600 біт/с | 1200 м при 9600 біт/с |
| Топологія | Точка-точка | Точка-точка | Багато-точкова |
| Максимальна кількість підключених пристроїв | 1 | 1 (10 пристроїв в режимі прийом) | 32 (з повторювачами до 256) |

CAN-інтерфейс. CAN (англ. Controller Area Network - мережа контролерів) - стандарт промислової мережі, орієнтований, перш за все, на об'єднання в єдину мережу різних виконавчих пристроїв і датчиків [31]. Режим передачі – послідовний, ширококомовний, пакетний. CAN розроблений компанією Robert Bosch GmbH в середині 1980-х і в даний час широко поширений в промисловій автоматизації, технології «розумного будинку», автомобільної промисловості та багатьох інших областях.

Безпосередньо стандарт CAN визначає передачу у відриві від фізичного рівня – він може бути яким завгодно, наприклад, радіоканалом або оптоволоконном. Але на практиці під CAN-мережею зазвичай мається на увазі мережа топології «шина» з фізичним рівнем у вигляді диференціальної пари, визначена в стандарті ISO 11898. Передача ведеться кадрами, які приймаються всіма вузлами мережі.

Характеризується протоколом, що забезпечує можливість знаходження на магістралі декількох провідних пристроїв, що забезпечує передачу даних в реальному масштабі часу і корекцію помилок, високою завадостійкістю. Система CAN (рис.2.10) забезпечена великою кількістю мікросхем, що забезпечують роботу підключених до магістралі пристроїв.

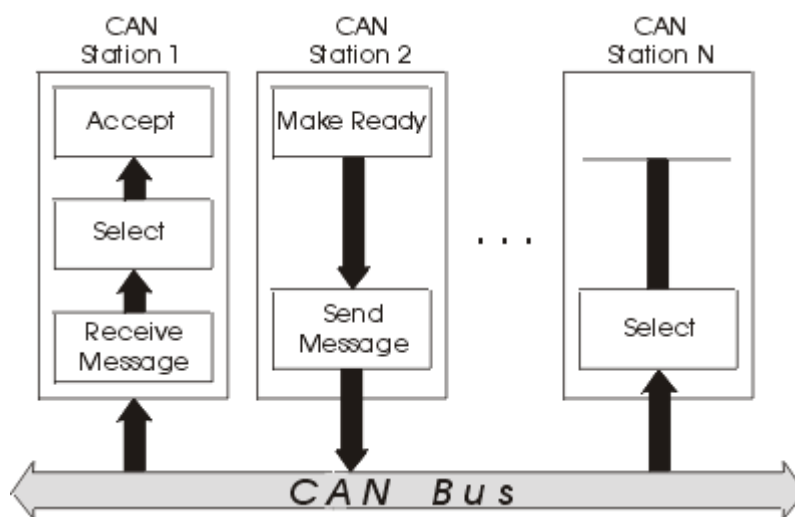


Рис.2.10. Організація CAN-інтерфейсу

Призначений для організації високонадійних недорогих каналів зв'язку в розподілених системах управління. Інтерфейс широко застосовується в

промисловості, енергетиці та на транспорті. Дозволяє будувати як дешеві мультиплексні канали, так і високошвидкісні мережі.

Швидкість передачі задається програмно і може бути до 1 Мбіт / с. Користувач вибирає швидкість, виходячи з відстаней, числа абонентів і ємності ліній передачі. Залежність швидкості від відстані наведено в табл. 2.2.

Таблиця 2.2

Залежність швидкості передачі даних від відстані

| | | | | | | | | |
|----------------------|------|-----|-----|-----|-----|------|------|------|
| Відстань,м | 25 | 50 | 100 | 250 | 500 | 1000 | 2500 | 5000 |
| Швидкість, кбіт/с | 1000 | 800 | 500 | 250 | 125 | 50 | 20 | 10 |

Максимальне число абонентів, підключених до даного інтерфейсу фактично визначається здатністю навантаження застосованих приймачів.

Основні загальні характеристики CAN-інтерфейсу наведені в табл. 2.3.

Таблиця 2.3

Загальні характеристики CAN-інтерфейсу

| Стандарт | ISO 11989 |
|----------------------------------|-----------------------------------|
| Швидкість передачі | 1 Мбіт/с (максимум) |
| Відстань передачі | 1000 м (максимум) |
| Характер сигналу, лінія передачі | Диференціальна напруга, вита пара |
| Кількість драйверів | 64 |
| Кількість приймачів | 64 |
| Схема з'єднання | Напівдуплекс, багато-точкова |

Протокол CAN використовує оригінальну систему адресації повідомлень. Кожне повідомлення забезпечується ідентифікатором, який визначає призначення переданих даних, але не адресу приймача. Будь-який приймач може реагувати як на один ідентифікатор, так і на декілька. На один ідентифікатор можуть реагувати кілька приймачів.

Протокол CAN володіє розвиненою системою виявлення і сигналізації помилок. Для цих цілей використовується порозрядний контроль, пряме заповнення бітового потоку, перевірка пакету повідомлення CRC-поліномом, контроль форми пакета повідомлень, підтвердження правильного прийому пакета даних. Хеммінговий інтервал $d = 6$. Загальна ймовірність невиявленої помилки $4.7 \cdot 10^{-11}$ [31].

Система арбітражу протоколу CAN виключає втрату інформації і часу при "зіткненнях" на шині. Це може бути диференційний сигнал, оптоволокно, просто відкритий колектор і т.п. Нескладно робиться гальванічна розв'язка.

Елементна база, що підтримує CAN, широко випускається в індустріальному виконанні.

Обробка помилок вбудована в протокол CAN і дуже важлива для продуктивності системи CAN. Обробка помилок націлена на виявлення помилок в повідомленнях, що передаються по шині CAN, щоб передавач міг повторно вислати невірне прийняте повідомлення. Кожен CAN-контролер на шині буде намагатися виявити помилку в повідомленні. Якщо помилка знайдеться, вузол, який її знайшов, буде передавати прапор помилки, таким чином руйнуючи трафік шини. Інші вузли виявлять помилку, викликану прапором помилки (якщо ще не виявили оригінальну помилку) і зроблять відповідні дії, тобто відбракують поточне повідомлення [31].

2.5. Висновки по розділу 2

Розроблено структурну схему комплексної системи автоматичної ідентифікації рухомого складу і алгоритм її функціонування, який включає три режими роботи: тестування апаратури; ідентифікація рухомих одиниць; передача даних до станційного контролера.

Розроблено структурну та принципову електричну схеми контролера точкових датчиків. В якості датчика фіксації проходу колісних пар було обрано електронний датчик ДЕ- 96, який призначено для формування

імпульсу електричного струму в момент фіксації проходу колеса рухомої одиниці, для застосування в пристроях «ПОНАБ», «ДИСК», «ГАЦ» та інших.

Також проведено аналіз існуючих протоколів передачі даних. Для побудови системи автоматичної ідентифікації рухомого складу обрано CAN-протокол, який забезпечує високу завадостійкість та достовірність даних.

3. РОЗРОБКА ЕЛЕМЕНТІВ ПІДСИСТЕМИ РАДІОЧАСТОТНОЇ ІДЕНТИФІКАЦІЇ РУХОМОГО СКЛАДУ

3.1. Структура кодового бортового датчика

В рамках даної роботи були розроблені принципові електричні схеми та алгоритми роботи елементів радіочастотної ідентифікації: кодовий бортовий датчик та RFID-зчитувач. Принципова відмінність даних пристроїв від існуючих рішень полягає у двохчастотному взаємообміні. На частоті 868 МГц відбувається передача енергії живлення датчика, а на частоті 433 МГц із використанням частотної маніпуляції здійснюється передача інформаційного повідомлення від датчика до зчитувача. Таке рішення забезпечує високу достовірність даних.

Структурна схема запропонованого кодового бортового датчика наведена на рис. 3.1

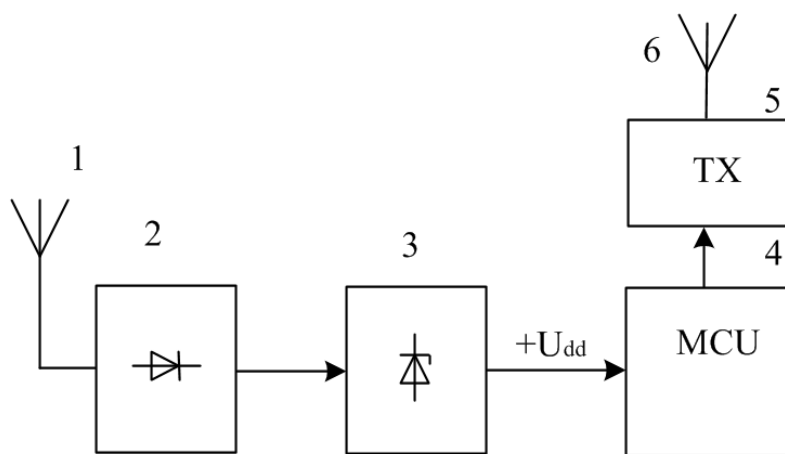


Рис.3.1. Структурна схема кодового бортового датчика

Датчик містить наступні елементи:

- 1 – резонансна антена «накачки» діапазону 868 МГц;
- 2 – випрямляч високочастотного сигналу;
- 3 – схема стабілізації напруги;
- 4 – мікроконтроллер;
- 5 – радіопередавач;

б – резонансна антена діапазону 433МГц.

3.2. Елементи кодового бортового датчика

В ролі випрямляча використовується спеціалізована мікросборка HSMS2828, яка містить 4 СВЧ діода, електричне з'єднаних мостовою схемою.

Мікроконтролер - серії rfPIC12F675, який є комбінованим електронним приладом, що складається з економічного 8-розрядного CMOS-контролера на основі архітектури RISC і вбудованого мініатюрного мікропотужного УКВ передавача. Передавач, вбудований в rfPIC12F675, підтримує два види модуляції - ASK і FSK. Випускаються три варіанти мікроконтролерів rfPIC12F675, що відрізняються робочим діапазоном передавача.

Контролер і передавач не мають внутрішніх електричних з'єднань, мають роздільні кварцеві генератори і можуть працювати незалежно один від одного.

Мікроконтроллер має декілька спеціальних внутрішньосхемних рішень, які значно полегшують його вживання в готових виробках, скорочують кількість зовнішніх компонентів і збільшують стабільність роботи. До таких рішень відносяться.

- Можливість вибору тактового генератора.
- Сервісні опції скидання:
 - скидання по включенню живлення;
 - таймер скидання по живленню;
 - таймер запуску тактового генератора;
 - виявлення спаду живлячої напруги.
- Переривання.
- Сторожовий таймер.
- Режим SLEEP.
- Захист програмного коду від зчитування.
- Індивідуальний серійний номер.

- Програмування на готовій платі.

Мікроконтроллер оснащений декількома незалежними вбудованими RC-генераторами. Один з них використовується для роботи сторожового таймера. Ще два таймери застосовуються для формування необхідних затримок при скиданні. Перший, таймер запуску тактового генератора, утримує процесор в стані скидання на якийсь час, необхідне для «розгойдування» тактового генератора. Другою впливає на мікроконтроллер в цілому і утримує його в стані скидання протягом фіксованого інтервалу 72 мс для того, щоб встигла встановитися живляча напруга. Окрім цього, при зниженні живлячої напруги нижче допустимої межі, спрацьовує схема захисту від спаду живлячої напруги, яка генерує сигнал скидання тривалістю не менше 72 мс. Завдяки цим трьом вбудованим схемам більшість додатків не вимагають зовнішніх ланцюгів скидання.

Різні варіанти тактового генератора дозволяють підібрати потрібний варіант для будь-якого застосування. Вбудований тактовий генератор INTOSC мінімізує вартість виробу, тоді як варіант LP із зниженою тактовою частотою мінімізує споживаний струм.

SSOP

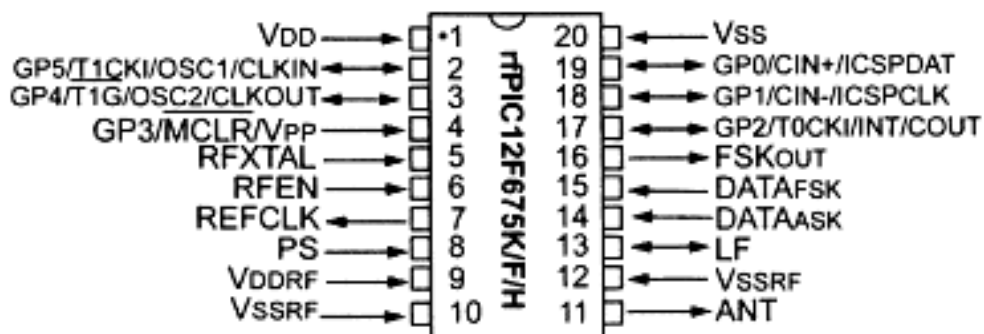


Рис 3.2. Розташування і позначення виводів rfP1C12P675

Для мікроконтролера rfP1C12F675 базовим є мікроконтролер P1C12F629.

Набір команд процесора складається з 35 інструкцій, всі вони, окрім інструкцій галуження, виконуються за один тактовий цикл. Підтримується апаратний стек завглибшки в 8 рівнів, зовнішні переривання, пряму, непряму і відносну адресацію пам'яті даних і команд.

Розробник може використовувати різні джерела тактової частоти:

- високоточний внутрішній тактовий генератор з частотою 4 МГц, що калібрується на заводі з точністю $\pm 1\%$;
- власний генератор з частотою до 20 МГц, на основі зовнішнього кварцевого резонатора або керамічного резонатора;
- незалежний зовнішній тактовий генератор з частотою до 20 МГц;
- власний RC-генератор з частотою до 4 МГц;
- власний генератор на основі економічного кварцевого резонатора 4 МГц.

Основні параметри вбудованої пам'яті наступні:

FLASH-пам'ять команд - 1024 слів розрядністю 14 біт;

EEPROM-128 байт;

SRAM (Special RAM, спеціальні регістри і вічка ОЗУ для призначених для користувача змінних) - 64 байти;

Кількість циклів перезапису FLASH - не менше 100 000;

Кількість циклів перезапису EEPROM - не менше 1 000 000.

Час зберігання даних EEPROM, FLASH - більше 40 років.

Мікроконтроллер має 6 ліній вводу-виводу, для кожної з яких напрям передачі набудовується індивідуально. Ці виводи забезпечені вбудованими підтягуючими резисторами, по зміні стану будь-якого з виводів може бути сформоване зовнішнє переривання. Потужність вихідних каскадів дозволяє підключати світлодіоди безпосередньо, без проміжних буферів.

До складу периферії входить аналоговий компаратор, для якого за допомогою зовнішніх ланцюгів можна задавати 16 різних опорних рівнів напруги. Окрім компаратора, є чотири канали АЦП розрядністю 10 біт.

Тимчасові інтервали і підрахунок імпульсів здійснюються за допомогою двох таймерів. Таймер TIMERO має розрядність 8 біт і може підключатися через програмованого переддільника розрядністю також 8 біт. Таймер TIMER1 має розрядність 16 біт, але його переддільник має розрядність 3 біта.

Час виходу з режиму SLEEP зменшений і складає 5 мкс при типовій напрузі живлення 3 В.

Радіочастотна частина. Радіопередавальна частина мікросхеми представляє собою повністю інтегрований УКВ передавач, що підтримує амплітудну маніпуляцію (ASK) і частотну маніпуляцію (FSK). До складу передавача входять кварцевий генератор, система ФАПЧ, підсилювач потужності з відкритим колектором і логіка, що управляє. Випускається три модифікації мікросхеми, розраховані на різні частотні діапазони (табл. 3.1).

У мінімальний набір зовнішніх компонентів входять: кварцовий резонатор, розділовий конденсатор і фільтр петлі ФАПЧ, що складається з одного резистора і двох конденсаторів.

Необхідними зовнішніми компонентами для функціонування передавача є кварцовий резонатор, блокувальний конденсатор ланцюга живлення, і від двох до семи елементів, що погоджують, для досягнення максимальної енергії випромінювання в антені. Два керівники сигналу від мікроконтролера підключаються через зовнішні з'єднання, що дозволяє досягти більшої свободи при розробці споживчих виробів.

Таблиця 3.1

Робочі частотні діапазони радіопередавача для різних мікроконтролерів

| Позначення | Діапазон | Модуляція |
|--------------|-----------------|-----------|
| rfPIC12F675K | 290 ...350 МГц | ASK/FSK |
| rfPIC12F675F | 390 ...450 МГц | ASK/FSK |
| rfPIC12F675H | 850 ... 930 МГц | ASK/FSK |

Напруга на радіочастотну частину мікросхеми подається окремо від процесорної частини, через виводи V_{DDRF} (живлення) і V_{SSRF} (загальний провід).

Вивід спільного дроту має бути підключений до конструктивної «землі» друкарської плати гранично коротким провідником. Спільний дріт процесорної частини повинен мати однаковий потенціал із спільним дротом радіочастотної частини. Але при цьому живлення на радіопередавач може подаватися від окремого джерела. Поважно лише, щоб напруга на виводах RFEN і DATA знаходилася у встановлених межах.

Кварцовий генератор. Кварцовий генератор передавача є незалежним від кварцового генератора мікроконтролера, він виконаний за схемою ємкісної трехточки (генератор Колпіца) і є джерелом опорної частоти для системи ФАПЧ. Кварцовий резонатор або сигнал від зовнішнього джерела опорної частоти підключається до виведення RFXTAL. Частота випромінюваного сигналу в 32 рази більше опорної частоти. В межах робочого діапазону до частоти 52кварцового резонатора не пред'являється особливих вимог, і розробник може використовувати резонатори, виготовлені по індивідуальному замовленню.

Частотна маніпуляція (FSK). При використанні модуляції типу FSK відбувається ступінчасте управління випромінюваною частотою передавача за допомогою конденсатора навантаження

Для комутації додаткового конденсатора використовується внутрішній ключ, сполучений з виведенням FSK_{OUT} .

Залежно від того, підключений або відключений конденсатор навантаження, випромінюється одна з двох основних частот. На відміну від режиму ASK, так звана центральна частота ніколи не випромінюється. Ця частота є уявною середньою крапкою між двома основними частотами і розраховується, як їх середнє арифметичне.

Важливим параметром частотної маніпуляції є частотна девіація, або зсув частоти. Ця величина показує, наскільки сильно випромінювані частоти зміщені від центральної частоти:

$$\Delta f = (f_{max} - f_{min})/2$$

Приведена формула показує величину зсуву в один бік від центральної несучої частоти.

У режимі FSK на виводі DATA_{ask} має бути постійно поданий високий рівень, щоб був включений вихідний підсилювач потужності.

Вихідний підсилювач потужності. Підсилювач потужності, що підключається до антени, побудований за схемою з відкритим колектором. Вихід підсилювача через розв'язуючий ланцюг підключається до лінії живлення передавача V_{DDRF}. Для досягнення максимальної потужності в антені опір навантаження має бути погоджений з вихідним опором підсилювача. Зазвичай буває досить ВЧ трансформатора на полозкових лініях або схеми з відвідними конденсаторами.

Відсутність узгодження опорів не приведе до псування мікросхеми, але викличе значне збільшення випромінювання паразитних гармонік і зниження енергії корисного сигналу.

Величина випромінюваної потужності може приймати п'ять дискретних значень, від +9 дБм, до -70 дБм, залежно від напруги на виведенні PE. Оскільки до виводу PS підключено внутрішнє джерело струму 8 мкА, то отримати потрібну напругу можна, підключаючи резистор між виводом PS і спільним проводом.

Контроль живлячої напруги. Передавач мікросхеми rfPIC12F675 має вбудовану схему контролю живлячої напруги. Якщо напруга джерела живлення падає до рівня 1,85 В, то підсилювач потужності відключається для запобігання некерованого випромінювання.

3.3. Алгоритм роботи датчика

Алгоритм роботи кодового бортового датчика дано на рис. 3.3.

Після появи на мікроконтролері напруги живлення, через невелику витримку часу (технологічна, для стабілізації тактової частоти), мікроконтролер буде ініціалізований, а його порти GP0-GP3, GP5 настроюються на вивід інформації, а GP4 – на ввід.

Сформована різницева температура буде запам'ятована у відповідному місці згідно до формату 128-бітного інформаційного коду.

Подачею логічної «1» з порту GP5 на порт RFENIN буде ввімкнено вбудований в мікроконтролер передавач.

Для підвищення достовірності переданої інформації, інформаційний код передається три рази. Для цього організований цикл на 3, за який відповідає змінна «і».

Після 3-х кратної передачі коду передавач вимикається подачею з порту GP5 на порт RFENIN логічного «0» мікроконтролер переходить в режим очікування з організацією відносно великої витримки часу. Якщо після цієї витримки часу кодовий бортовий датчик не покине активну зону дії зчитувача, то робота КБД відновлюється з самого початку.

3.4. Опис принципової електричної схеми датчика

Принципова електрична схема розробленого датчика представлена на рис. 3.4. Як тільки кодовий бортовий датчик попадає в активну зону випромінювання зчитувача, на антені WA1.1, WA1.2 з'являється напруга з частотою випромінювання антени зчитувача (близько 868 МГц). Через діодний мост D1 (HSMS2828) напруга випрямляється, та починає заряджати ємність C1 через розв'язуючий діод VD1.

В момент, коли напруга на ємності C1 досягне рівня 5В диністор VD3 відкриється, після чого всі елементи КБД отримають живлення.

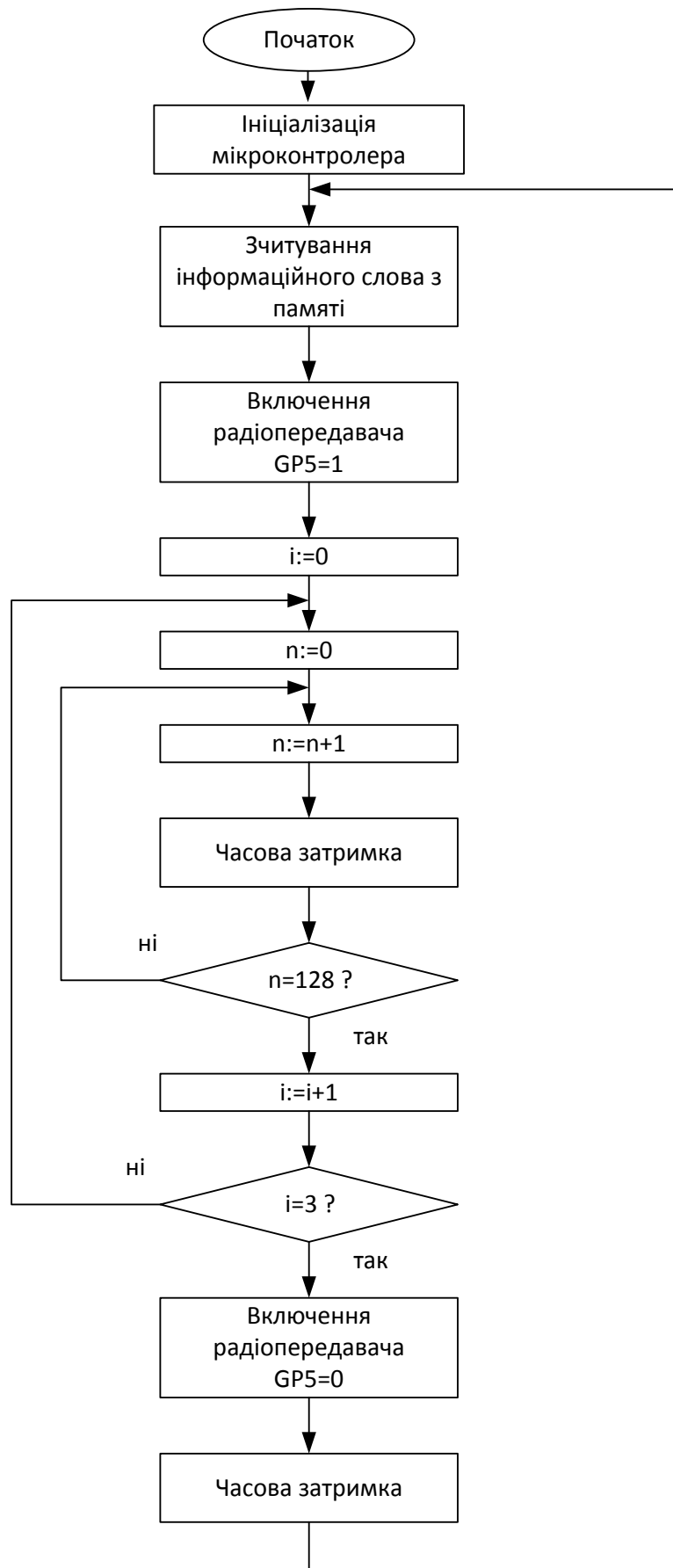


Рис. 3.3. Алгоритм роботи кодового бортового датчика

Отримана комбінація 128-ми бітного коду з частотою приблизно 70 кГц видається на порт GP0, який з'єднаний з входом радіочастотного модуля мікроконтролера. При цьому, відповідно до комбінації на вході DATA_{FSK} на виводі FSK_{OUT} з'являється логічна «1» або «0». В момент появи на цьому виході логічного «0» шунтується антена накачки WA1, що в свою чергу змінює відбиту радіочастотну хвилю зчитувача. Також відкриється рін-діод VD2, який через відносно велику ємність C5 в паралель до ємності C7 підключе ємність C6. В свою чергу це приведе до зміни резонансної частоти кварцового резонатора ZQ1. Його основна частота 13.55МГц помножується на 32 і поступає через вивід ANT до резонансної петлевої антени WA2, яка має резонанс на частоті 433МГц.

Інформаційний код передається три рази, а якщо КБД не покине активну зону дії КБД, то через невелику витримку часу почне передавати повторно, доки не вийде з цієї зони.

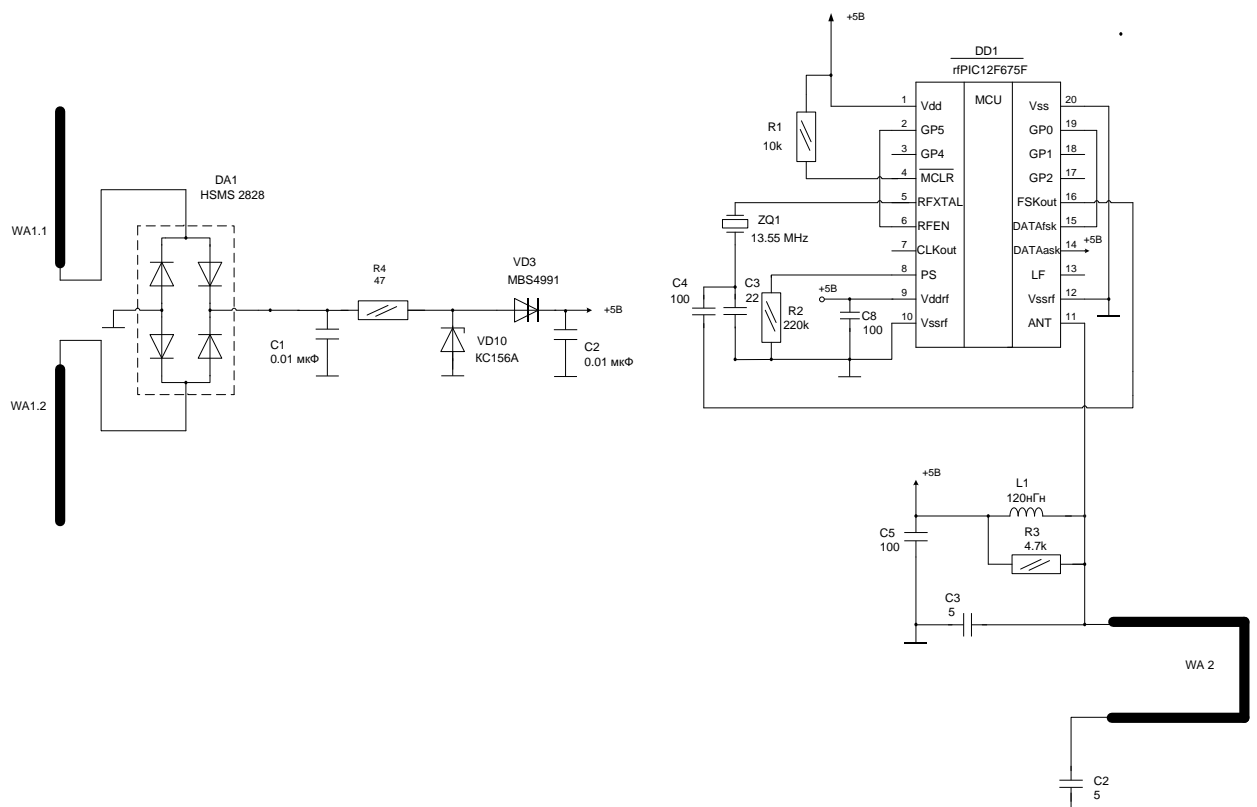


Рис. 3.4. Принципова електрична схема кодового бортового датчика

3.5. Опис принципової електричної схеми RFID зчитувача

Принципова електрична схема розробленого RFID-зчитувача показана на рис. 3.5.

Пристрій керування RFID-зчитувача побудований на базі мікроконтролера DD2 PIC18F2682. Через CAN-трансивер DD3 MCP2551 пристрій керування з'єднаний із промисловим комп'ютером пункту зчитування.

Як тільки в зоні дії системи з'являється поїзд, до RFID-зчитувача передається відповідне повідомлення. Після мікроконтролер формує логічну «1» на виводах RA0 та RA3 з тривалістю 50 мсек, якої достатньо для трьохкратної передачі інформаційного коду з кодових бортових датчиків, розташованих на рухомій одиниці.

Поява логічної «1» на виводі RA0 призведе до відкриття транзистора VT3, а логічна «1» на виводі RA3 дозволить приймачу приймати інформацію з радіоканалу.

Генератор. Задаючий генератор зібраний на базі резонатора на поверхнево акустичних хвилях (ПАВ) ZQ1 та транзистора VT1, який генерує сигнал з частотою 868,35 МГц.

Через розв'язуючий конденсатор C9 високочастотний сигнал подається на перший каскад підсилювання на транзисторі VT2, який навантажений на резонансний контур L2C10. Потужність сигналу в цьому контурі складає приблизно 50-100мВт, та може коригуватись в невеликих межах підстроючним резистором R5.

Через обмотку зв'язку L3 сигнал поступає на транзистор VT3, який представляє собою емітерний повторювач для розв'язки задаючого генератора від схеми підсилювання потужності.

Транзистор VT3 навантажений на резонансний контур L5C12, який необхідний для узгодження вхідного опору модулів підсилювача потужності та вихідного опору транзисторів.

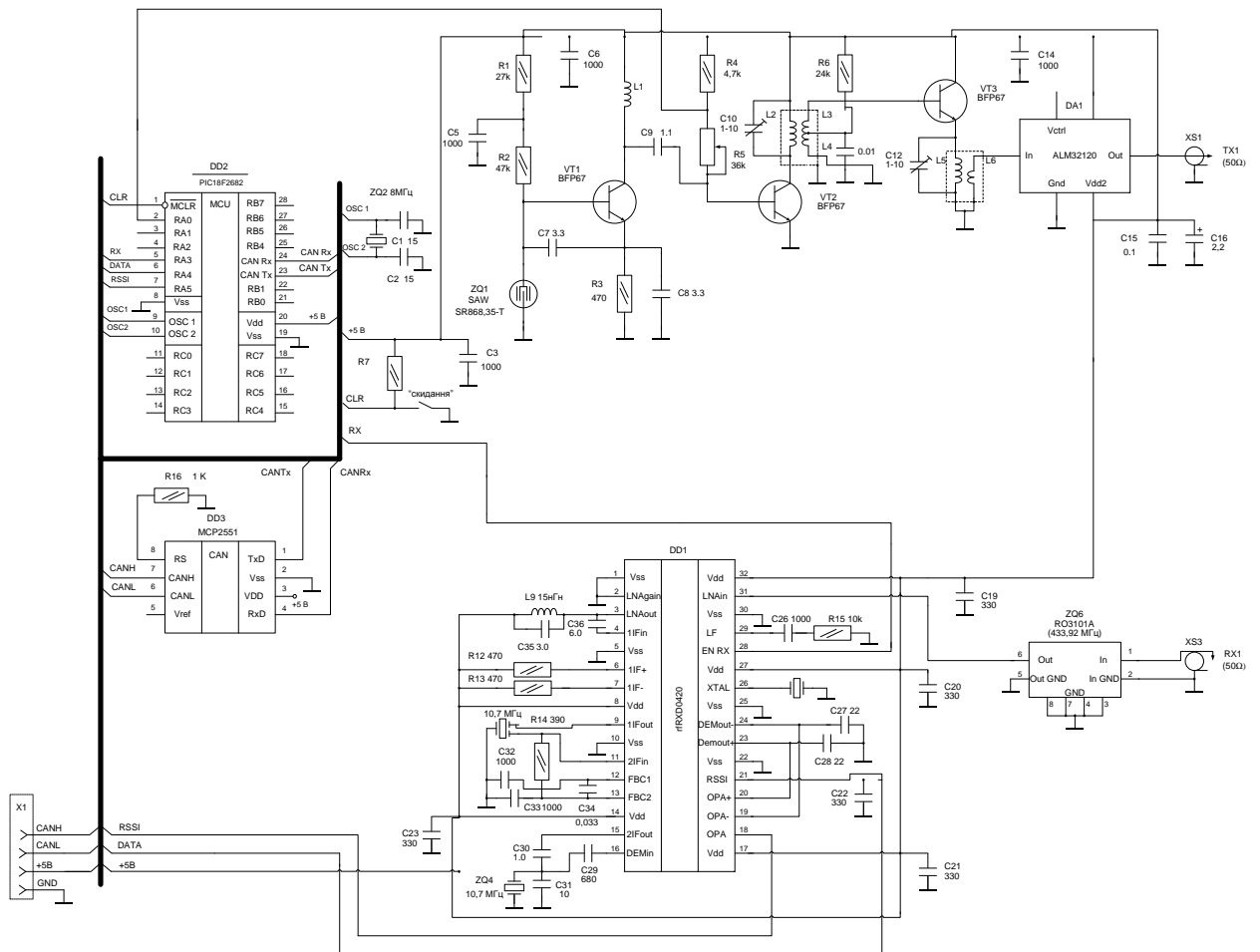


Рис. 3.5. Принципова електрична схема RFID зчитувача

Через обмотку зв'язку L_6 сигнал поступає на підсилювач потужності DA1 (ALM32120), який підсилює сигнал до рівня 2 Вт. Антена сигналу накачки підключається до роз'єму XS1 з хвильовим опором 50 Ом.

Приймач. Антена приймача підключається до роз'єму XS2 з хвильовим опором 50 Ом. Через смуговий фільтр на поверхнево акустичних хвилях ZQ6 з половою пропускання ± 75 кГц відносно основної резонансної частоти 433,92МГц.

Вихід фільтра з'єднаний з радіочастотним входом мікросхеми DD1 rfRXD04020, яка являє собою приймач сигналів з амплітудною або частотною модуляцією. В даному випадку підключення мікросхеми відповідає її роботі в режимі прийому радіосигналів з частотною модуляцією.

З мікросхеми можливо зняти два вихідних сигнали: демодульованного аналогового та його рівня. Ці сигнали передаються до мікроконтролеру.

Після цього формується повідомлення, яке через CAN-передається до промислового комп'ютера.

3.6. Висновки по розділу 3

Розроблено структурну і принципову електричну схему, а також алгоритм роботи кодового бортового датчика на базі піс-контролеру rfPIC12F675F. Сигнал накачки передається на частоті 868 МГц, а зворотній інформаційний сигнал – на частоті 433 МГц із застосуванням завадостійкої частотної маніпуляції. Розроблено також принципову електричну схему RFID зчитувача на базі мікроконтролера PIC18F2682. Для підвищення достовірності переданої інформації, інформаційний код від кодового бортового датчика до зчитувача передається тричі.

4. УВ'ЯЗКА СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОЇ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ІЗ СИСТЕМОЮ ДИСПЕТЧЕРСЬКОЇ ЦЕНТРАЛІЗАЦІЇ КАСКАД

4.1. Принципи побудови системи диспетчерської централізації КАСКАД

В рамках даної роботи пропонується інтегрувати систему автоматичної ідентифікації рухомого складу із системою диспетчерської централізації КАСКАД.

Ієрархічна структура системи управління перевезеннями гнучко зв'язана із діючими системами і наведена на рис. 4.1 [25]. Ця система побудована за модульним принципом, є високонадійною і має три рівні ієрархії: перший – головне управління перевезень (ЦД); другий – диспетчерські центри управління залізниць (ДНЦ1 – ДНЦn); третій – лінійні підприємства (ЛП1 – ЛПn). Щодо програмного забезпечення, на першому рівні використовується стандартне програмне забезпечення, яке входить у пакет постачання операційної системи – Internet Explorer, Netscape Navigator, або інші. Другий рівень обладнаний комплексами центрального поста диспетчерської централізації “ЦП КАСКАД”, а третій – комплексами лінійного пункту “ЛП КАСКАД”. Лінійні пункти “ЛП КАСКАД” об'єднані з центром управління “ЦП КАСКАД” за допомогою кільцевих мереж зв'язку лінійних пунктів, які використовують виділені канали або фізичні лінії магістрального кабелю [25].

Програмне забезпечення комплексу складається з операційної системи (ОС) – середовища виконання процесів – та комплексу прикладного програмного забезпечення (ПЗ), орієнтованого на виконання завдань управління процесом перевезення. В якості операційної системи в МСДЦ “КАСКАД” використовується ОС “LINUX”, яка пропонує розвинуті обчислювальні, мережні, графічні можливості для виконання прикладних процесів [25].

В системі «Каскад» застосовується клієнт-серверна технологія обміну інформацією на підставі організації мережної взаємодії з сервером бази даних; програмно-апаратних комплекси побудовані за модульним принципом; адміністрування є системним і є централізованими; всі дії підлягають фіксується протоколами; бази даних є захищеними від несанкціонованого доступу, є достовірними, а програмно-апаратно забезпечення і високо надійним; функціональні можливості можуть бути розширеними під час реновації існуючих станційних систем. «Каскад» працює цілодобово. Ця система дозволяє гнучко адаптуватися до змін умов експлуатації і організації структури, резервувати апаратні засоби, можуть використовувати сучасні мережеві протоколи.

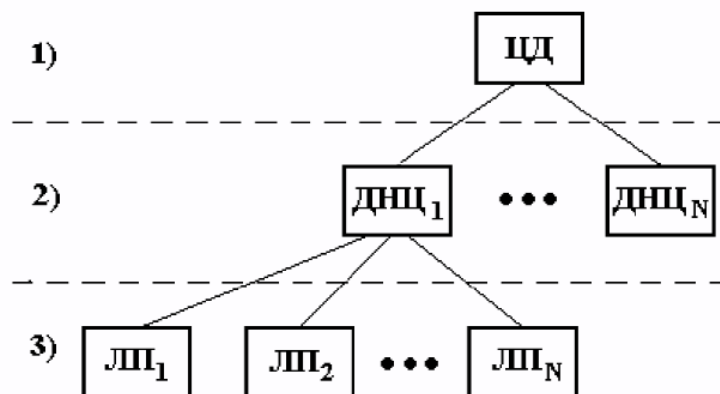


Рис. 4.1. Трьохрівнева ієрархічна структура системи управління перевезеннями: ЦД – головне управління перевезень; ДНЦ₁- ДНЦ_N диспетчерські центри управління залізниць; ЛП₁ – ЛП_n – лінійні підприємства

Структурна схема локальної мережі зв'язку МСДЦ «КАСКАД» наведена на рис. 4.2, де ЛП – лінійний пункт, ЦП – центральний пост. Комплекс “ЦП КАСКАД” розташовується безпосередньо в центрі управління перевезеннями залізниці і складається з робочих станцій, роз’їздів, блок-постів дільниці загальною кількістю до 150, автоматизованих робочих місць диспетчерського персоналу, об’єднаних локальною мережею, сервера, комунікаційного обладнання. В загалом система має такі характеристики:

розмір сегмента диспетчерської дільниці 10...300 км, кількість сегментів дільниці до 10, кількість станцій, роз'їздів, блок-постів на сегменті дільниці – до 15, кількість блок-дільниць - до 20, кількість контролю перегрітих букс – не обмежено.

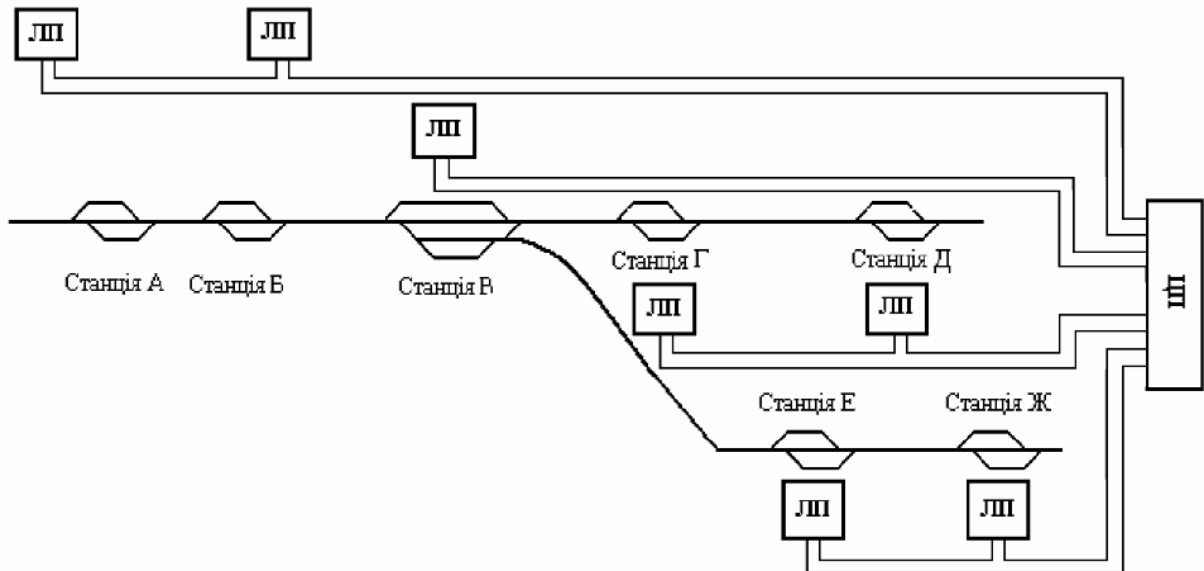


Рис. 4.2. Структурна схема локальної мережі зв'язку МСДЦ «КАСКАД»

Інформація відображається на екранах кольорових моніторів у режимі реального часу і в заданий період часу: кольорове відображення поїзної ситуації у вигляді мнемосхем з позначенням номера (назви) та стану об'єктів контролю; відображення рухомої одиниці (поїзда), його номера та напрямку руху (голови і хвоста поїзда) з автоматичною реєстрацією проходження його на дільниці; автоматичне ведення системного журналу з реєстрацією сигналів телеуправління, телесигналізації, діагностики та дій поїзного диспетчера за масштабом часу; відображення за минулі періоди часу (до 30 діб) поїзної ситуації та стану об'єктів контролю на дільниці у вигляді комп'ютерної анімації ("фільму") за будь-яким масштабом часу (реальним, прискореним, уповільненим, стоп, вперед/назад); інтерпретація процесу проходження поїздів на дільниці у вигляді графіка виконаного руху в режимі реального часу та за заданий період; відображення графіка прогнозного руху поїздів, діагностика, аналіз стану перевізного процесу.

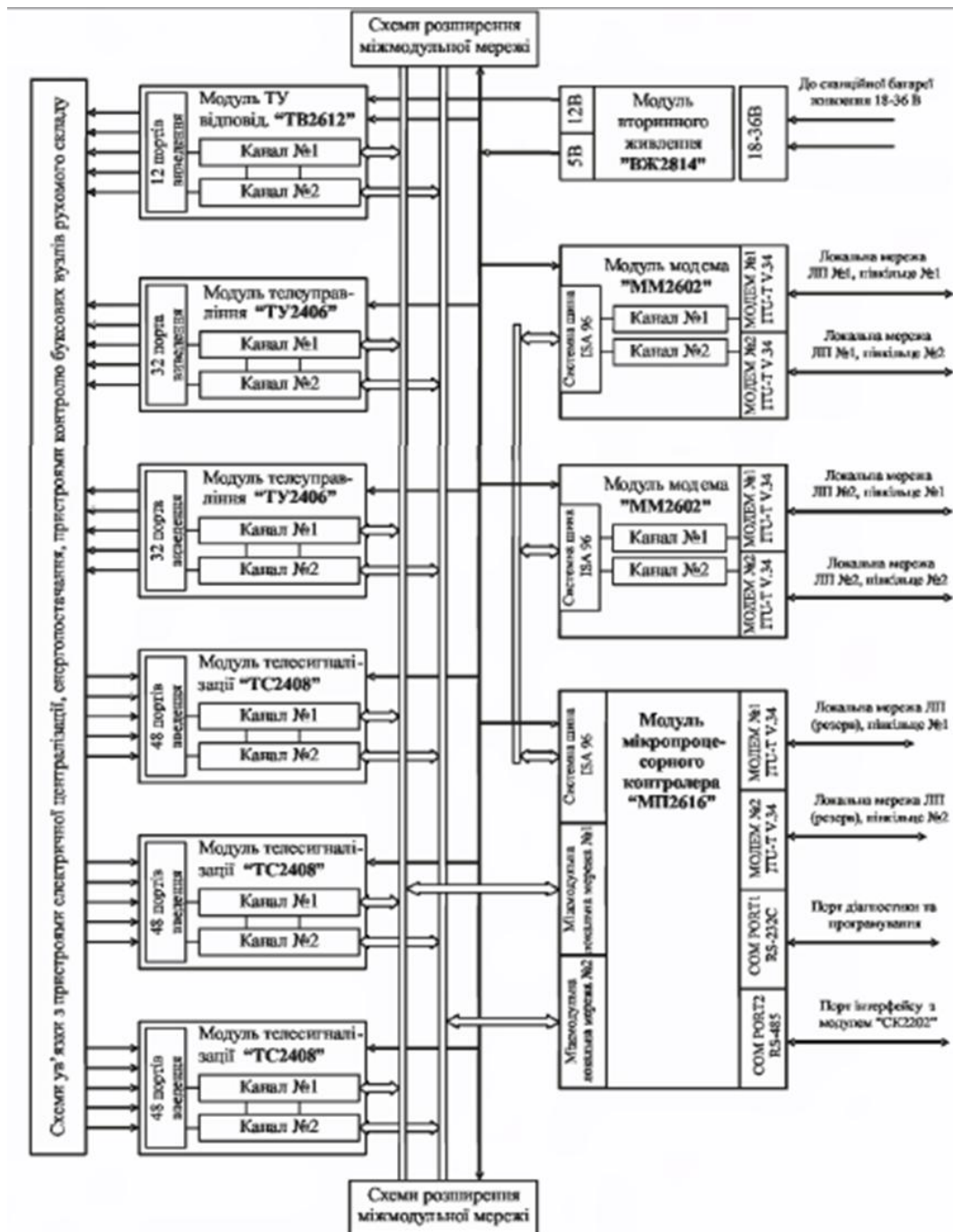


Рис. 4.3. Структурна схема лінійного пункту ЛП «КАСКАД»

4.2. Програмно-апаратний комплекс лінійного пункту «ЛП КАСКАД»

Програмно-апаратний комплекс «ЛП КАСКАД» побудовано за принципом двоканальної системи з незалежними каналами зв'язку [25]. Він містить основні типи модулів: телесигналізації «КАСКАД-ТС» до 48 портів вводу/виводу і відповідно сигналів, телеуправління «КАСКАД-ТУ» – 32 портів/сигналів з гальванічною ізоляцією, телеуправління відповідальний

«КАСКАД-ТВ»– 12 портів/сигналів, модема «КАСКАД - ММ» - 4 портів/сигналів, мікропроцесорного контролера «КАСКАД - МП» - 2 портів/сигналів, а також модулів контролеру між модульної мережі, мікропроцесорного контролеру, вторинного живлення, електронного крейту.

Комплекс лінійного пункту “ ЛП КАСКАД” ТОВ «АНТРОН» відповідає міжнародним стандартам ІЕС 297 (DIN 41 494) і складається з шафи, в якій розташовані 19-ти дюймові крейти “Еурорас”, та кросового поля для підключення кабелів для зв’язку з пристроями автоматизації.

Він забезпечує сполучення із системами електричної централізації за каналами телеуправління та телесигналізації, телеуправління роз’єднувачами системи електропостачання дільниці, контролює перегріті букси системи ПОНАБ, підтримує локальну мережу зв’язку лінійних постів із центром управління.

4.3. Принципи узгодження системи автоматичної ідентифікації рухомого складу та МСДЦ «КАСКАД»

Запропонована схема ув’язки системи автоматичної ідентифікації рухомого складу із лінійним пунктом МСДЦ КАСКАД представлена на рис. 4.4.

Місця розміщення пунктів зчитування (ПЗ1, ПЗ2, ПЗ3, ПЗ4) на станції обираються таким чином, щоб забезпечити зчитування інформації про склади всіх поїздів, що прибувають і відправляються зі станції, а саме в горловинах станції з боку кожного сусіднього напрямку: по входу – між вхідним світлофором та першою стрілкою, що обмежує колійне розвиток станції; по виходу – між останньою стрілкою та знаком «межа станції».

Кожен пункт зчитування обладнаний низькотемпературним модемом, за допомогою якого здійснюється передача отриманої інформації до станційного обладнання. Обробку отриманих даних виконує станційний контролер САІ РС. Для подальшої передачі отриманих даних до ЛП каскад

використовується модуль телесигналізації, а для передачі команд керування у зворотному напрямку застосовується модуль телеуправління.

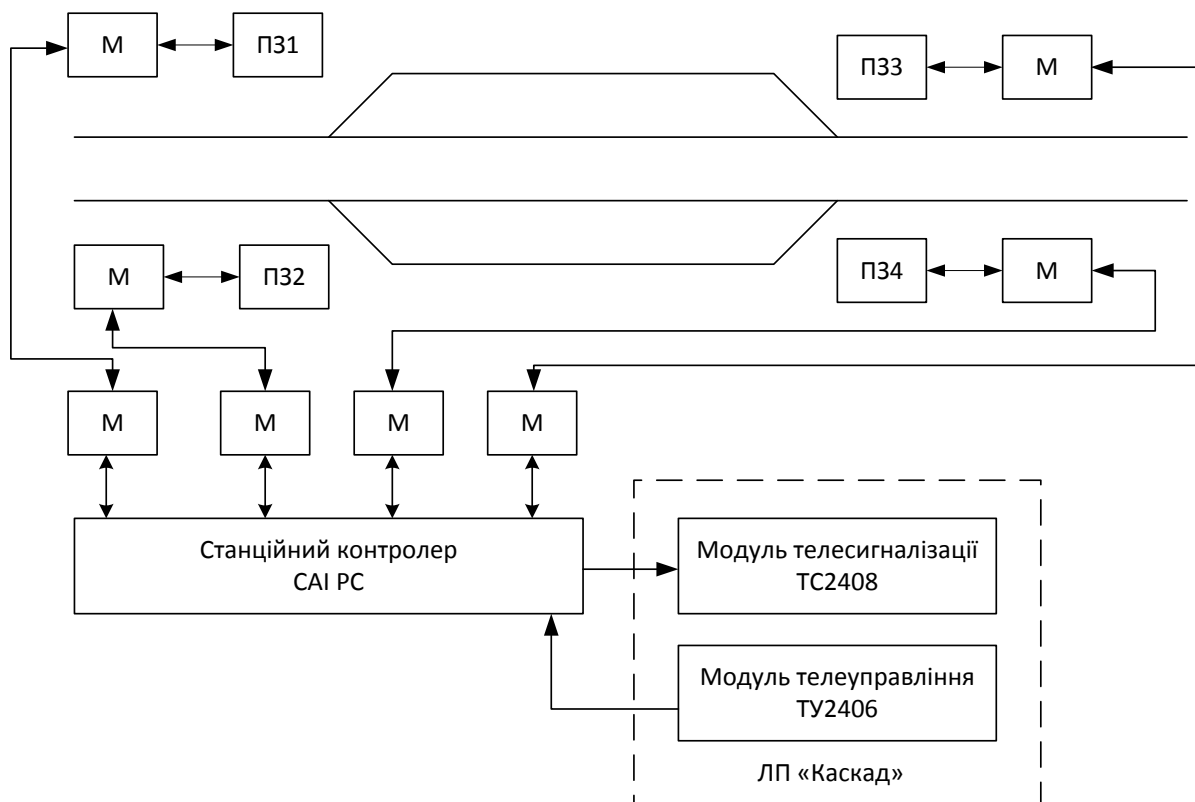


Рис. 4.4. Підключення пунктів зчитування до лінійного пункту ЛП «КАСКАД»: ПЗ – пункт зчитування, М - модем

4.4. Розробка станційного контролера для узгодження системи автоматичної ідентифікації та МСДЦ «КАСКАД»

4.4.1. Структура та принцип дії станційного контролера

Структурна схема розробленого в даній роботі станційного мікроконтролера CAI PC наведена на рис. 4.5. До його складу входять вирішуючий мікроконтролер, CAN-трансивер, елементи гальванічної розв'язки та схема індикації. Обмін даними між станційним контролером та модулями ЛП КАСКАД здійснюється у послідовній формі: для передачі і прийому застосовується дві лінії (синхронізація та дані). За допомогою транзисторних оптронів забезпечується гальванічна розв'язка кожної лінії зв'язку. На схемі індикації відображається активний пункт зчитування.

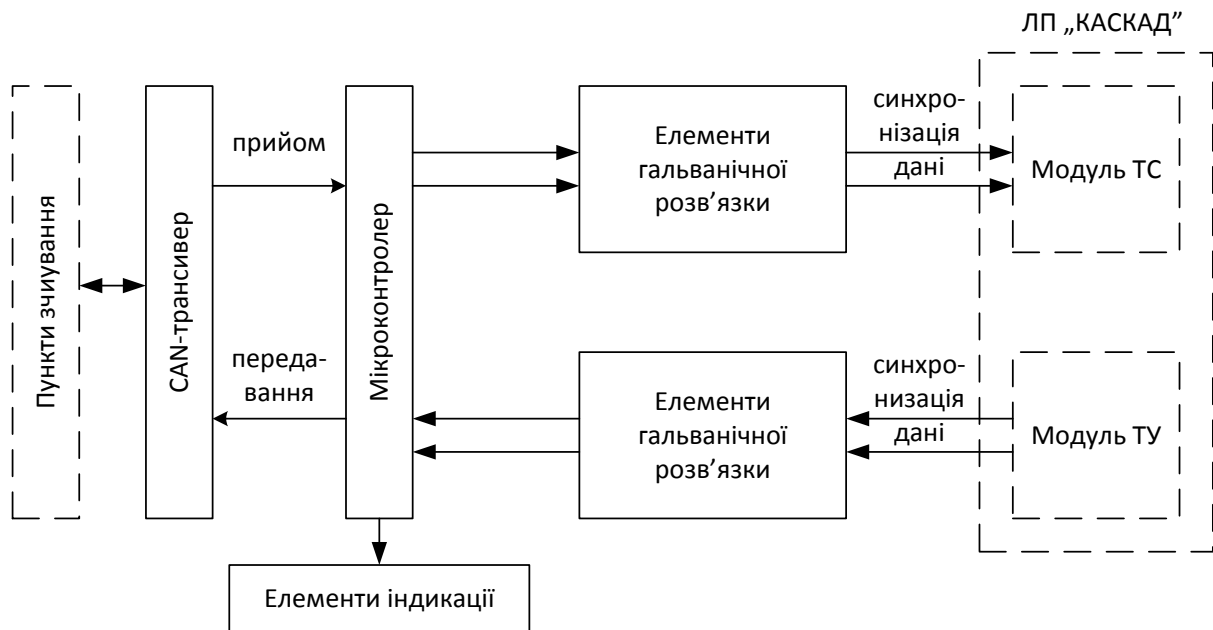


Рис. 4.5. Структурна схема станційного контролера CAI PC

Станційний контролер CAI PC працює за таким алгоритмом (рис.4.6). На першому етапі виконується ініціалізація даних. Далі перевіряється наявність повідомлення від пункту зчитування рухомого складу (ПЗ PC). За його наявністю розпочинається прийом інформації від ПЗ PC, визначається час, кількість та номери вагонів, дані записуються в буфер. Далі формуються повідомлення для передачі на лінійні пункти (ЛП), кодується і передаються до ЛП. Після цього перевіряється сигнал підтвердження прийому повідомлення. Якщо такий сигнал відсутній, передача даних до ЛП повторюється доки не поступить підтвердження. За наявністю сигналу підтвердження цикл повторюється.

Передача даних до ЛП КАСКАД здійснюється також за запитом, який передається через модуль телеуправління. Після такого запиту здійснюється зчитування даних з буферу станційного контролера і виконується передача інформації від останнього активного пункту зчитування до модулю телесигналізації ЛП КАСКАД.

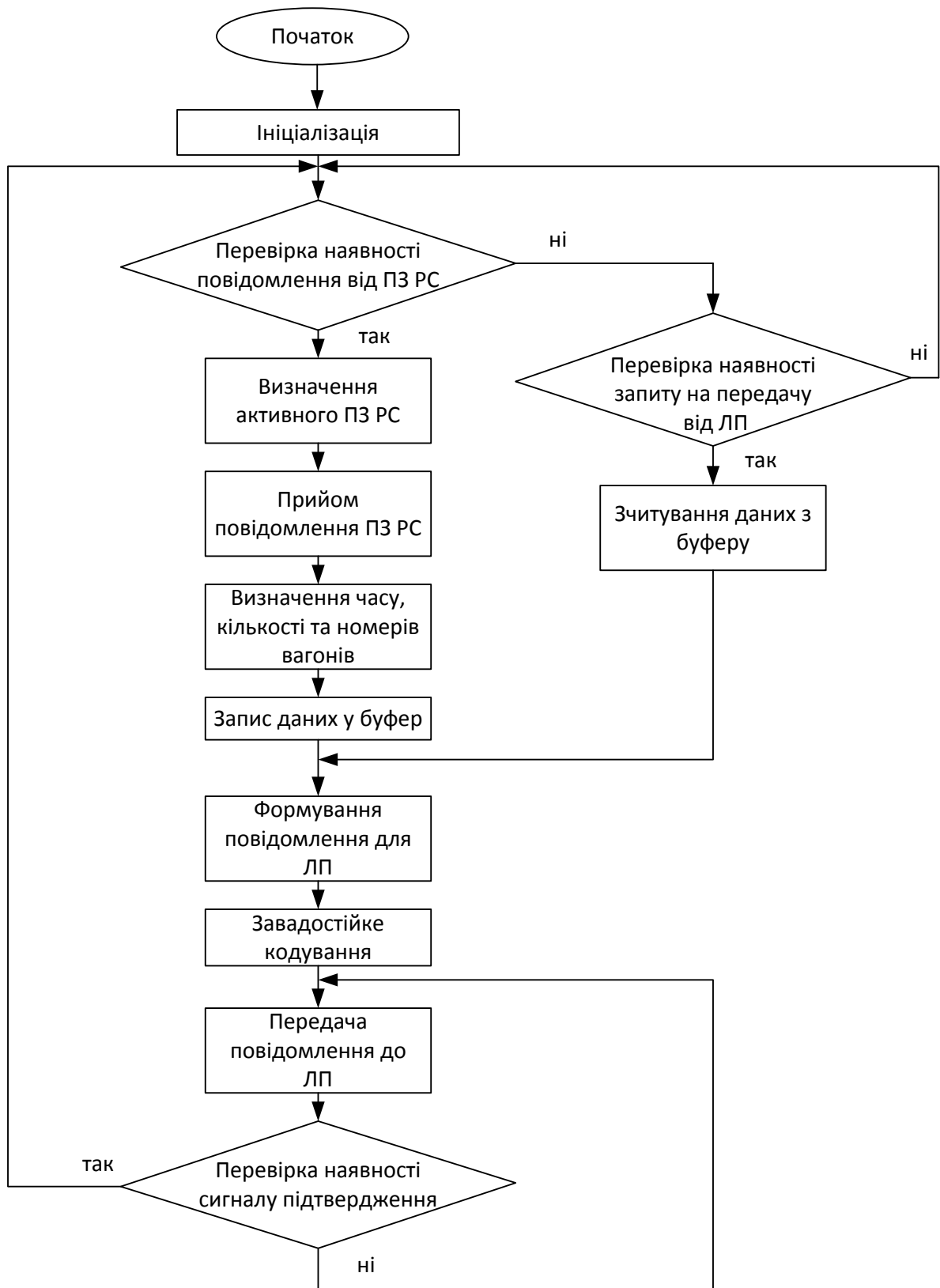


Рис.4.6. Алгоритм роботи станційного контролера САІ РС:

ПЗ РС – пункт зчитування рухомого складу, ЛП – лінійний пункт МСДЦ «КАСКАД»

4.4.2. Опис принципової електричної схеми станційного контролера

Принципова електрична схема розробленого станційного контролера системи автоматичної ідентифікації рухомого складу представлена на рис.4.7.

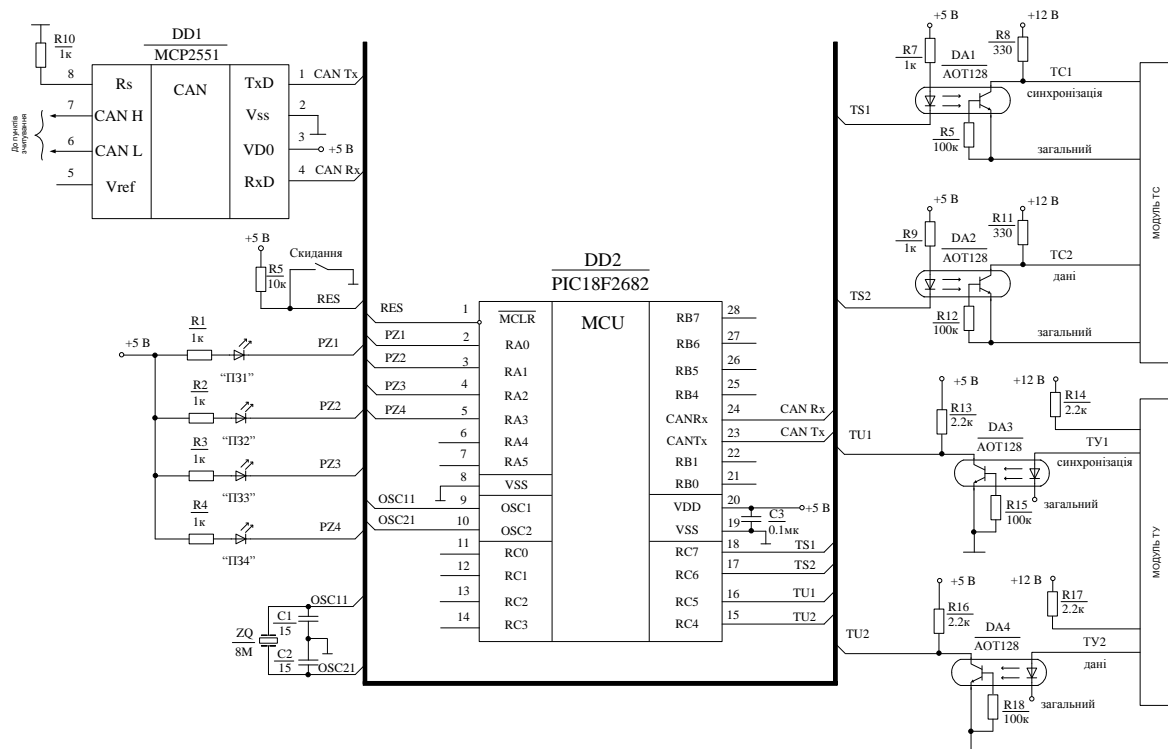


Рис. 4.7. Принципова схема станційного контролера САІ РС

Станційний контролер містить мікросхему MCP2551, яка є високошвидкісним CAN-трансівером, що може працювати зі швидкістю до 1 Мбіт/с. Виступаючи як інтерфейс між контролерами CAN і фізичною шиною, MCP2551 забезпечує можливості диференціальної передачі та прийому і повністю відповідає стандарту ISO 11898. MCP2551 підходить як для систем з напругою 12 В, так і з напругою 24 В [26].

Технічні характеристики трансіверу:

- кількість драйверів приймача – 1/1;
- напівдуплексний режим роботи;
- гістерезис приймача – 200 мВ;
- напруга живлення 4,5 ... 5,5 В;
- робоча температура, °С -40...+85;

- корпус Soic-8 (0,154 дюйми);
- - маса 0,15 г.

Виводи мікросхеми MCP2551: TxD – введення даних передачі; VSS – «земля»; VDD – напруга живлення; RxD – вихід даних отримання; VREF – опорна вихідна напруга; CAN_L – вхід / вивід низької напруги; CAN_H – вхід / вивід напруги високого рівня; RS — вхід управління нахилом.

Для формування запитів і повідомлень від лінійних пунктів до модулів ТУ, ТС, кодування сигналів використовується мікроконтролер PIC18F2682, технічні характеристики якого дано нижче. Виробник Microchip Technology, категорія Інтегральні схеми (ІВ) - Вбудовані – Мікроконтролери, пакет 28-SOIC (0.295", 7.50mm Width), серія PIC18F, основний процесор PIC. Інші характеристики: розмір ядра 8-bit, швидкість 40MHz, зв'язок CAN, I2C, SPI, UART/USART, периферійні пристрої Brown-out Detect/Reset, HLVD, POR, PWM, WDT, кількість входів/виходів 25, розмір пам'яті програми 80KB (40K x 16), тип пам'яті програми FLASH, розмір EEPROM 1K x 8, розмір оперативної пам'яті 3.25K x 8, напруга - живлення (Vcc/Vdd) 4.2 ... 5.5 В, перетворювачі даних A/D 8x10b, тип генератора Internal, робоча температура -40 ... 85°C (TA), тип монтажу - пакет/чохол 28-SOIC (0.295", 7.50mm Width), пакет пристроїв постачальника 28-SOIC [27]. Для завдання тактової частоти мікроконтролера використовується кварцовий резонатор на 8 МГц.

Мікроконтролер PIC18F2682 має такі входи та виходи: коло скидання – MCLR; RA0-RA5 — аналогові входи ТТЛ- рівня; OSC1 – зовнішній вхід джерела тактової частоти; OSC2 – зовнішній вихід джерела тактової частоти; VSS – «земля»; RC0-RC3 – цифрові входи; RB0, RB1, RB4- RB7 – аналогові виходи; RB2, RB3 – виходи підключення до CAN- трансивера; VDD — напруга живлення; RC4-RC7 – цифрові виходи.

За допомогою виходів RB2, RB3 мікроконтролер PIC18F2682 з'єднується з мікросхемою DD2 типу MCP2551, тобто з CAN- трансивером.

Для гальванічного розв'язання модулів ТУ, ТС і мікроконтролера використовуються оптопари транзисторні АОТ128, які призначені для

комутації кіл постійного струму. Оптопара складається з кристалів інфрачервоного AsGaAl світлодіоду та кремнієвого n-p-n фототранзистора. Кристали розташовані в одній площині, оптично пов'язані напівсферичним світловодом. Така конструкція забезпечує відсутність польових витоків при тривалому додатку $U_{із}$. Внутрішні між'єднання виконані золотим дротом. Поставляється в корпусах DIP6 та DIP6SMD.

Технічні характеристики АОТ128:

- вхідна напруга – не більш 1,6 В
- вихідна остаточна напруга при вхідном струмі 10 мА, вихідном 2,5 мА– 0,3 В
- струм утікання на виході при $U_{ком} = 50 В$ – 10 мкА;
- опір ізоляції 10^{11} Ом [28].

Для індикації активності пунктів зчитування ПЗ1 – ПЗ4 використовуються світлодіоди.

4.5. Висновки по розділу 4

Поєднання систем «ПАЛЬМА» та «КАСКАД» дозволяє автоматизувати такі процеси: логістики, операції навантаження-розвантаження, облік вагонів та вантажів, зважування вантажів.

В даному розділі розглянуто загальні принципи ув'язки системи автоматичної ідентифікації та МСДЦ КАСКАД, розроблені структурна та принципова електрична схеми, а також алгоритм роботи станційного контролера, який забезпечує ув'язку.

ВИСНОВКИ

Виконано критичний аналіз існуючих систем та технологій з автоматичної ідентифікації рухомого складу. Обрано RFID-технології, які дозволяють вимірювати основні діагностичні параметри, необхідні для забезпечення безпеки на залізничному транспорті, а також аналізувати дані, отримані від вимірюваних об'єктів в режимі реального часу, тобто визначити точне місце розташування кожного вагона. При цьому швидкість рухомого складу може досягати до 250 км/год, якість інформації не залежить від напрямку руху поїзду, на RFID-датчики значно менш впливають погодні умови і забруднення чим при відеоспостереженні. Запропоновано також доповнити RFID-систему засобами відеоідентифікації.

Розроблено структурну схему комплексної системи автоматичної ідентифікації рухомого складу і алгоритм її функціонування, який включає три режими роботи: тестування апаратури; ідентифікація рухомих одиниць; передача даних до станційного контролера.

Розроблено структурну та принципову схеми контролера точкових датчиків. В якості датчика фіксації проходу колісних пар було обрано електронний датчик ДЕ- 96, який призначено для формування імпульсу електричного струму в момент фіксації проходу колеса рухомої одиниці.

Розроблено структурну і принципову електричну схему, а також алгоритм роботи кодового бортового датчика на базі ріс-контролеру rfPIC12F675F. Сигнал накачки передається на частоті 868 МГц, а зворотній інформаційний сигнал – на частоті 433 МГц із застосуванням завадостійкої частотної маніпуляції. Розроблено також принципову електричну схему RFID зчитувача на базі мікроконтролера PIC18F2682. Для підвищення достовірності переданої інформації, інформаційний код від кодового бортового датчика до зчитувача передається тричі.

Розглянуто загальні принципи ув'язки системи автоматичної ідентифікації та МСДЦ КАСКАД, розроблені структурна та принципова

електрична схеми, а також алгоритм роботи станційного контролера, який забезпечує ув'язку.

Поєднання систем «ПАЛЬМА» та «КАСКАД» дозволяє автоматизувати такі процеси: логістики, операції навантаження-розвантаження, облік вагонів та вантажів, зважування вантажів та інші.

ЛІТЕРАТУРА

1. Интеллектуальные транспортные системы железнодорожного транспорта (основы инновационных технологий) [Текст]: пособие / В. В. Скалозуб, В. П. Соловьев, И. В. Жуковицкий, К. В. Гончаров. – Д. : Изд-во Днепропетр. нац. ун-та ж.-д. трансп. им. акад. В. Лазаряна, 2013. – 207 с.
2. Новохацкий А.Ф., Цейтлин С.Ю., Чередниченко М.С. Перспективы внедрения новых информационных технологий в перевозочном процессе на основе АСК ВП УЗ-Е // Современные информационные технологии на транспорте, в промышленности и образовании / Тез. докл. Международной научно-практической конф. Днепропетровск, 2013. – С. 24 – 28.
3. Modern Transport Telematics / Ed. Jerzy Mikulski //11th International Conference on Transport Systems Telematics, TST 2011. Katowice-Ustron, Poland, October 19-22, 2011. – 418 p.
4. Подвижной состав идентифицирует автоматика // Евразия. Вести: Международное информационно-аналитическое обозрение, 2004. – № I. Режим доступа: <http://eav.ru/publ1.php?publid=2004-01a10>
5. Ивашевский М.Р. Системы видеонаблюдения для повышения безопасности движения на железнодорожном транспорте. 05.12.13 – Системы, сети и устройства телекоммуникаций. – дисс. на стиск. уч. ст к.т.н. Москва, 2020.– 157 с.
6. Система інтелектуального відео аналізу. Літер: Професійні рішення. Режим доступа: <https://leater.com/ua/services/sistema-ntelektualnogo-v-deoanalzu.html>
7. Решения Advantech для промышленных коммуникаций на железной дороге. RTS Ukraine. – 2011. Режим доступа: <http://www.rts.ua/rus/news/679/0/317/>
8. ІТV ПО "ЖД-ІНТЕЛЛЕКТ" (распознавания номеров вагонов), 1 канал. Видеоглаз. Режим доступа: <https://videoglaz.ru/po-raspoznavaniya->

[nomerov-vagonov/itv/itv-po-zhd-intellekt-raspoznaniya-nomerov-vagonov-1-kanal](http://nomerov-vagonov.itv.itv-po-zhd-intellekt-raspoznaniya-nomerov-vagonov-1-kanal)

9. Intellect. Интегрированная платформа безопасности с распределенной архитектурой. – Москва. – 2011. – 38 с. Режим доступа:

<https://nsk.agrg.ru/sites/agrg.ru/files/downloads/intellect-booklet-ru.pdf>

10. APCIS (ARSCIS): Малленом систем. Режим доступа: <https://www.mallenom.ru/products/videokontrol-i-uchet-zhd-transporta/arscis/>

11. Альбом типовых решений для транспортной отрасли. ООО “ПЛКСистемы” Режим доступа:

https://www.plcsystems.ru/decision/Transport_typical.pdf

12. Клаус Финкенцеллер. RFID-технологии: справочное пособие / Додека-XXI. – 2010. – 84 с.

13. Железнодорожные сети внедряют RFID для мониторинга движения // Party Logistic Engineering

14. Е. А. Русакова. Система автоматической идентификации транспортных средств САИТ «ПАЛЬМА» / Е. А. Русакова. – Екатеринбург : Ур-ГУПС, 2015. – 35 с.

15. Современные технические решения и международный опыт в автоматизации слежения за подвижными транспортными средствами. Режим доступа: <https://zdamsam.ru/b27071.html>

16. Технические средства обеспечения безопасности на железнодорожном транспорте : учеб. пособие / О.И. Веревкина, А.С. Шапшал, А.С. Кравец; Рост. гос. ун-т путей сообщения. – Ростов н/Д, 2009. – 200 с.

17. Мурадян Л. А., Шапошник В. Ю. Автоматична ідентифікація окремих частин транспортного засобу при впровадженні нових концепцій системи технічного обслуговування та ремонту // Інформаційно-керуючі системи залізничного транспорту, 2017. – № 4. – 44-50 с.

18. Интегрирована система безпеки «Інтелект» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.bsi-group.com.ua/ua/systems-security/category/integrated-system>.
19. Равлюк В. Г. Передовий досвід технічного утримання вагонів : Конспект лекцій. – Харків: УкрДУЗТ, 2021. – Ч. 3. – 98 с.
20. Ходжаев У., Томас П. Система ITCS. Интеллектуально- интервальное управление движением / У. Ходжаев, П.Томас // Автоматика, связь, информатика. 2006. – №8 – С. 48-49. 31.
21. RFID для железнодорожных вагонов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://markerovka.ru/state/rfid_dlya_zheleznodorozhnykh_vagonov.html.
22. Esposito, V. Maintenance and repair of rolling stock [Text] / V. Esposito, S. Nocchia // Welding Institute. – 2008. – Vol.22. No.9. – P. 627-634.
23. https://stud.com.ua/120689/informatika/avtomaticheskaya_identifikatsiya_avtotransportnykh_zasobiv_transportnogo_obladnannya
24. https://studopedia.ru/7_31892_sistema-avtomaticheskoy-identifikatsii-podvizhnogo-sostava-sai.html
25. Данько М. І. та ін. Мікропроцесорна диспетчерська централізація “КАСКАД” / М.І. Данько, В.І. Мойсеєнко, В.З. Рахматов, В.І. Троценко, М.М. Чепцов: Навч. посібник. – Харків, 2005. – 176 с.
26. ChipDip. MCP2551-I/SN, CAN приємопередатчик, быстрый [SO-8]. Режим доступу: <https://www.chipdip.ru/product/mcp2551-i-sn>
27. PIC18F2682/2685/4682/4685 Data Sheet 28/40/44-Pin Enhanced Flash Microcontrollers with ECAN™ Technology, 10-Bit A/D and nanoWatt Technology. Режим доступу: <https://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/39761c.pdf>
28. Оптопара АОТ128А-Д. Режим доступу: <https://eandc.ru/pdf/opto/aot128.pdf>

29. Обзор стандарта RS-232 [Электрон. ресурс] – Режим доступа:
<http://www.gaw.ru/html.cgi/txt/interface/rs232/start.htm>

30. Обзор стандарта RS-422 и RS-485 [Электрон. ресурс] – Режим
доступу: <https://ipc2u.ru/articles/prostye-resheniya/otlichiya-interfeysov-rs-232-rs-422-rs-485/>

31. Обзор CAN-интерфейса [Электрон. ресурс] – Режим доступа:
<http://ahdl-altera.narod.ru/ru/can.htm>