

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет науки і технологій

Комп'ютерні технології і системи
(назва факультету)

Автоматика та телекомунікації
(повна назва кафедри)

Пояснювальна записка
до кваліфікаційної роботи
бакалавра
(ступінь вищої освіти)

на тему: Підвищення надійності роботи системи автоматичної локомотивної
сигналізації на ділянках з тональними рейковими колами
за освітньою програмою Автоматика та автоматизація на транспорті
зі спеціальності: 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
(шифр і назва спеціальності)

Виконав: студент групи: АТ 19120

(підпис студента)

/ Дмитро СЕРКО /
(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Керівник:

(підпис)

/ Володимир МАЛОВІЧКО /
(посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

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

Студент

(підпис)

Дніпро – 2022 рік

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

Computer technology and systems
(faculty)

Automation and telecommunications
(department)

Explanatory Note
to Master's Thesis
bachelor
(higher education degree)

on the topic: Increasing the reliability of the automatic locomotive alarm system in areas with tonal rail circuits

according to educational curriculum Automation and automation in transport
in the Speciality: 151 Automation and computer-integrated technologies
(speciality and its code)

Done by the student of the group:

/ Dmytro SERKO /
(name, surname)

Scientific Supervisor:

/Volodymyr MALOVICHKO /
(position, name, surname)

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет науки і технологій

Факультет: Комп'ютерні технології і системи

Кафедра: Автоматика та телекомунікації

Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський).

Освітня програма: Автоматика та автоматизація на транспорті

Спеціальність: 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
(шифр та назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри _____ АТ

(підпис) Володимир ГАВРИЛЮК
(Ім'я ПРИЗВИЩЕ)

Дата 17.06.2022р

З А В Д А Н Н Я

на кваліфікаційну роботу

бакалавра

(ступінь вищої освіти)

студенту Серку Дмитру Васильовичу

(Прізвище, Ім'я По батькові)

1. Тема роботи: Підвищення надійності роботи системи автоматичної локомотивної сигналізації на ділянках з тональними рейковими колами

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

затверджені наказом від

"___" ____ 202_р. № ____

2. Строк подання студентом роботи: 18 . 06 .2022_р.

3. Вихідні дані до роботи: Перегони обладнані системами автоматики з тональними рейковими колами

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

4.1 Аналіз існуючих систем АЛС (6 слайдів для ілюстрації) .

4.2 Системи АБ з тональними рейковими колами (5 слайдів для ілюстрації).

4.3. Розробка системи АЛСН з покращеними характеристиками по надійності (6 слайдів для ілюстрації).

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз існуючих систем АЛС (6 слайдів для ілюстрації) .	16.05	Викон.
2	Аналіз існуючих систем АЛС (6 слайдів для ілюстрації) .	30.05	Викон
3	Розробка системи АЛСН з покращеними характеристиками по надійності (6 слайдів для ілюстрації).	12.06	Викон
4	Подання кваліфікаційної роботи до кафедри	20.06	Викон
5	Захист кваліфікаційної роботи на засіданні Екзаменаційної комісії	22.06	

Студент

(підпис)

Дмитро СЕРКО

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Керівник роботи

(підпис)

Володимир МАЛОВІЧКО

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи бакалавра:

43с., 4 рис., 12 джерел літератури.

Об'єкт розробки – принципи передачі, прийому та ідентифікації кодів системи АЛСН.

Мета роботи – розробка засобів та способів підвищення ефективності роботи системи АЛСН на ділянках з тональними рейковими колами.

Методи дослідження – математичне моделювання рейкової лінії як каналу передачі даних, метод ідентифікації сигналів шляхом порівняння з «ідеальними» кодами, методи аналізу надійності роботи та завадостійкості систем АЛСН.

В роботі проведено аналіз роботи системи АЛСН та особливостей її використання в автоблокуванні з тональними рейковими колами. Розроблено метод підвищення надійності прийому кодів АЛСН на локомотиві.

Результати роботи можуть стати основою для створення дослідної системи, яка дозволить значно підвищити правильність ідентифікації кодових посилок що надходять на локомотив та створити базу для аналізу причин збоїв кодування та помилок машиніста під час руху поїзда.

Ключові слова: АВТОМАТИЧНА ЛОКОМОТИВНА СИГНАЛІЗАЦІЯ, СИСТЕМИ АВТОБЛОКУВАННЯ, ТОНАЛЬНІ РЕЙКОВІ КОЛА, КОДИ, МОДЕЛЮВАННЯ

ЗМІСТ

ВСТУП	8
1. Аналіз існуючих систем АЛС	9
1.1 Призначення і класифікація пристроїв АЛС	9
1.2 Структура та принцип роботи автоматичної локомотивної сигналізації безперервної дії.	9
1.3 Автоматична локомотивна сигналізація з використанням радіоканалу (АЛСР).....	12
1.4 Мікроелектронна система АЛС-ЕН	144
1.5 Принцип функціонування системи АЛС-МУ	155
1.6 Система локомотивної безпеки «ImproTRAIN-250»	177
1.7 Локомотивні системи сигналізації, що використовуються в Європі.....	
Система АЛС на базі FZB	18
1.8 Висновки до першого розділу.....	19
2. Рейкові кола тональної частоти.....	21
2.1 Етапи розвитку тональних рейкових кіл	21
2.2 Принципи побудови та ефективність ТРК	21
2.3 Сучасні системи автоблокування які використовують ТРК.....	23
Мікроелектронна система автоблокування АБ-Е2.	
2.4 Схеми рейкових кіл та кодування АЛС	25
2.5 Аналіз роботи обладнання АЛСН при підвищених швидкостях руху поїздів	277
2.6 Розробка математичної моделі каналу передачі сигналів числового коду АЛСН.....	30
2.7 Висновок до другого розділу	32
3. РОЗРОБКА СИСТЕМИ АЛСН З ПІДВИЩЕНИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ ПО НАДІЙНОСТІ	33
3.1 Актуальність та область застосування.....	33
3.2 Структура системи цифрової АЛСН на локомотиві.	33
3.3 Ідентифікація кодів АЛСН способом допустимих «коридорів».....	35

3.4 Принцип роботи системи АЛСН при ідентифікації коду	366
3.5 Висновок до третього розділу	40
ЗАГАЛЬНИЙ ВИСНОВОК ДО РОБОТИ	41
БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК	42

ВСТУП

Останніми роками скоротилися обсяги вантажних перевезень. Істотно змінилися маршрути та напрямки потоків вантажів. Реальність ставить перед залізничним транспортом завдання передивитись деякі існуючі системи і модернізувати їх.

Основними системами залізничної автоматики, які багато в чому визначають безпеку руху поїздів і пропускну здатність ділянок залізниці, є автоматична локомотивна сигналізація.

У зазначеній системі використовуються рейкові кола як датчики для забезпечення вільності ділянок дороги. Крім того, рейкові кола забезпечують контроль за цілісністю рейок та передачу інформації локомотиву. Але рейкові кола як ми знаємо є ненадійним елементом так як на них впливають багато природніх факторів (дощь, сніг і т.д). Ці всі фактори призводять до зниження опору ізоляції рейкових кіл.

Згодом почали використовувати рейкові кола тональної частоти, вони мають багато технічних і економічних переваг. Основні з цих переваг це мала кількість ізолюючих стиків та дросель - трансформаторів. ТРК – є універсальними рейковими колами, вони можуть використовуватись при різних видах тяги. Та система АЛСН в тональних рейкових колах залишилася не змінною. З підвищенням швидкості поїздів збільшується вартість помилки системи АЛСН а кількість завад, від яких дуже важко захистити приймальні пристрої АЛСН не зменшується.

Тому є дуже перспективним використовувати нові системи контролю якості кодів АЛСН без заміни напільного обладнання на тональних рейкових колах чому і присвячена дана робота.

1 АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ АЛС

1.1 Призначення і класифікація пристроїв АЛС

АЛС призначена для підвищення безпеки руху поїздів, збільшення пропускної здатності лінії та покращення умов праці локомотивних бригад. В умовах поганої видимості сигналів (дощ, туман, снігопад), особливо за наявності кривизни колії та частих переломів профілю, машиніст поїзда може своєчасно не помітити показання світлофора, що призведе до проїзду забороняючого сигналу. Щоб уникнути подібні випадки, автоматичне блокування доповнюється АЛС — спеціальними пристроями, за допомогою яких показання дорожніх світлофорів з наближенням поїзда до них передаються на світлофор локомотива, встановлений у кабіні машиніста. Пристрої АЛС доповнюються автостопами, які зупиняють поїзд перед забороняючим показанням, якщо водій сам не вживає заходів для загальмування. Система АЛС доповнена пристроєм для перевірки пильності машиніста та контролю швидкості руху поїзда, а в найбільш досконалих системах — пристроями автоматичного регулювання швидкості. АЛС з автостопом сповільнить поїзд у випадках перевищення допустимої швидкості або не підтвердження машиністом пильності за допомогою рукоятки пильності.

За способом передачі сигнальних показань шляхових сигналів на локомотив (безперервно або лише в певних точках шляху) в Україні вирізняють АЛС беззупинного типу з автостопом (АЛСН) та АЛС точкового типу з автостопом (АСНТ), причому остання може бути використана тільки на ділянках які оснащені напівавтоматичним блокуванням. В наші дні в основному за кордоном використовують системи АЛСТ.

1.2 Структура та принцип роботи автоматичної локомотивної сигналізації безперервної дії

Основне правило роботи АЛСН заключається у посиленні показань прохідних світлофорів у кабіну машиніста з відтворенням на локомотивному світлофорі. Це реалізується завдяки рейковим колами, якими і передається

кодований електричний сигнал. Якщо на колійному (прохідному) світлофорі буде горіти зелений вогонь, то і на локомотивному тож буде зелене показання, якщо на прохідному світлофорі горить жовтий, то і на локомотивному тож буде горіти жовтий, якщо червоний вогонь, то на локомотивному буде відтворюватись жовтий із червоним, якщо поїзд проїде забороняюче червоне показання, то спалахне червоний вогонь. Якщо сигнал не надходить в кабінку до машиніста, то горітиме білий вогонь. Локомотивна сигналізація полегшує умови праці машиніста, за рахунок того, що сигнали, що подаються локомотивним світлофором, приймаються локомотивною бригадою безпомилково навіть не зважаючи на погодні умови.

За функціональними ознаками локомотивну частину АЛСН можна виділити такі пристрої:

- 1) система АЛС;
- 2) пристрій автостоупу;
- 3) пристрій контролю пильності машиніста;
- 4) пристрій контролю швидкості руху поїзда.

Для роботи системи АЛСН ділянка залізничної лінії має бути обладнана рейковими колами. При НАБ АЛСН не працює.

Автостоп відповідає за автоматичну зупинку поїзда у двох випадках:

- 1) проходження світлофора з червоним вогнем;
- 2) втрата пильності машиніста.

Пристрій перевірки пильності машиніста працює таким чином - машиніст повинен натискати на ручку пильності кожні 20 секунд (або при зміні показання локомотивного світлофора з більшого на менше). Таким чином, перевіряється пильність машиніста.

Автоматична локомотивна сигналізація безперервної дії забезпечує дві найважливіші функції:

- 1) Попереджувальну – повідомляє машиніста про показання колійного світлофора, до якого він наближається;

2) контролюючи – перевіряє стан активності машиніста, оцінює його реакцію на світлові та звукові сигнали. Крім того, вона спільно з пристроями які контролюють швидкості відстежує величину останньої під час руху з жовтим, жовтим з червоним і червоним сигналами локомотивного світлофора. На ділянках, обладнаних автоматичним колійним блокуванням, пристрої АЛСН також дозволяють машиністу непрямым шляхом контролювати цілісність рейкової колії після проходження світлофора, який захищає блок-ділянку.

Автоматична локомотивна сигналізація числового коду АЛСН

Формування числового коду у кожного прохідного світлофора виконується кодувальною апаратурою, що складається з кодового колійного трансмітера КПТ і трансмітерного реле **Т**, керованого сигнальними реле автоблокуванням З, Ж і О. Трансмітерне реле **Т** комутує коло обмотки кодувального трансформатора КТ. При цьому в рейкове коло надходять імпульси змінного струму, відповідні кодової комбінації, що передається.

У рейкове коло при імпульсній роботі реле **Т** подається змінний кодований струм, який протікає по рейковим колам під приймальними котушками локомотива ПК і замикається через передні скати локомотива (кола струму показано штриховою лінією).

При проходженні сигнального струму навколо рейки утворюється змінне магнітне поле, що охоплює приймальну котушку, де індуктується змінна ЕРС. Напрямок струмів у кожній рейці зустрічний, тому індуктивні ЕРС мають також зустрічний напрямок. У разі неузгодженого з'єднання котушок ці ЕРС будуть діяти зустрічно та взаємно знищуватись.

Для правильного прийому кодового сигналу котушки з'єднують так, як показано на малюнку. При цьому індуктовані ЕРС діють узгоджено і створюють сигнальний струм С, що проходить через підсилювач У. Необхідно враховувати, що з рейкових колах одночасно з сигнальним проходить тяговий струм. Тяговий струм, проходячи через дросель-трансформатор ДТ, розгалужується та проходить по кожному рейковому колі в одному напрямку. Гармонічні складові тягового струму створюють навколо кожної рейки змінне

магнітне поле, що охоплює приймальні котушки локомотива. У котушках при узгодженому напрямку тягових струмів у кожній рейці індуктується ЕРС також узгодженого спрямування.

Кодовий струм від приймальних котушок ПК проходить через фільтр Φ , налаштований на частоту сигнального струму і не пропускає струм інших частот. Після фільтра імпульси змінного струму проходять через підсилювач $У$, в якому відбуваються їх посилення та одночасно перетворення в імпульси постійного струму. Від цих імпульсів працює імпульсне реле I та передає їх у дешифратор ДШ, який здійснює дешифрування числового коду.

Принцип дешифрації заснований на визначенні числа імпульсів у кодовому циклі та включенні сигнальних реле, що управляють вогнями локомотивного світлофора. Наприклад, прийому коду КЖ відраховується один імпульс і спрацьовує реле КЖ, що включає на локомотивному світлофорі жовтий вогонь з червоним.

1.3 Автоматична локомотивна сигналізація з використанням радіоканалу (АЛСР)

Систему АЛСР розробляє ЗАТ НВЦ "Промелектроніка". Ця система передає на локомотив інформацію, необхідну для оптимального режиму ведення поїзда та забезпечення безпеки руху. АЛСР базується з сучасних технічних рішень, які враховують специфіку функціонування залізничних доріг.

Система АЛСР вирішує дві основні задачі інформаційного забезпечення: безперервно відстежує місцезнаходження поїзда (його позиціонування) та передає інформацію про поїздну ситуацію та команди телеуправління на локомотив. Як відомо, у традиційних системах СЦБ завдання позиціонування вирішується розбиттям перегону на блок-діляниці, а інформація передається на локомотив за допомогою автоматичної сигналізації локомотивної безперервного типу. Комплексна система позиціонування локомотивів (КСПЛ), що входить до складу локомотивного компонента АЛСР, використовує показання кількох джерел координатної інформації: широко застосовуваних

датчиків шляху та швидкості, супутникових систем навігації та інноваційне для залізниць рішення – точковий канал зв'язку з локомотивом. ТКС-Л являє собою пасивний шляховий прийомовідповідач (ППО), що розміщується на шпалах, та локомотивну антену зі зчитувачем, який обробляє дані з ППО, що знаходиться в зоні дії антени ТКС-Л. Передача інформації від ППО здійснюється шляхом модуляції несучої частоти, що випромінюється антеною ТКС-Л. Розрахункова швидкість достовірного зчитування ППО із застосованими методами кодування інформації – 350 км/год, практично перевірено роботу ТКС-Л на швидкості 90 км/год з отриманою точністю близько 0,5 м. Обчислення координати з використанням даних від декількох незалежних джерел дозволяє КСПЛ визначити місце розташування локомотива з точністю не гірше 1 м під час руху зі швидкістю до 350 км/год та підтримувати задану точність позиціонування навіть за відсутності видимості супутників навігаційних систем (у тунелях, виїмках тощо).

Безперервний обмін інформацією з локомотивом під час його прямування дільницею забезпечує цифровий радіоканал. Опорна мережа радіоканалу реалізується поруч базових станцій, що розташовуються на станціях і (за потреби) вздовж колій у смузі землевідведення залізниці. Ця мережа транслює інформацію протягом усього шляху поїздів. Як радіоканал може використовуватися будь-який сучасний цифровий канал, що забезпечує необхідну швидкість передачі даних та функцію хендоверингу, наприклад, GSM (GSM-R).

Основним елементом локомотивного компонента АЛСР є локомотивний бортовий комп'ютер (БЛК) з архітектурою 2+2. Він оснащений набором інтерфейсів для підключення до датчиків та локомотивних пристроїв КЛУБ-У, САУТ-ЦМ та ЕКС. Для забезпечення вимог функціональної безпеки та безвідмовності у системі застосовуються дубльовані та резервовані обчислювальні структури, а також спеціалізований алгоритм безпечних запитів, що реалізує передачу відповідальної інформації небезпечними каналами. Наявні інтерфейси дозволяють підключати до БЛК системи діагностики роботи

локомотива, контролю стану машиніста, обліку споживання електроенергії та ПММ тощо, передавати ці дані через обладнання радіоканалу диспетчерам або черговим локомотивним депо.

Основним елементом станційного компонента АЛСР є станційний концентратор (СТК), який обробляє інформацію про поїзну ситуацію, отриману від станційної централізації, та керує кодуванням станції та прилеглих до неї перегонів. Таким чином локомотивне обладнання АЛСР отримує інформацію про вільність до 16 ділянок перегону і інформацію про показання світлофорів і маршрути руху по станції, в тому числі на не кодованих існуючою апаратурою ЖАТ ділянках колії. Взаємодія АЛСР із системами ЖАТ здійснюється через відповідні пристрої сполучення (УСО), що забезпечують ув'язування як з релейними, так і з мікропроцесорними СЖАТ. Економічно найперспективнішим є застосування мікропроцесорної централізації стрілок та сигналів МПЦ-I розробки НВЦ «Промелектроніка», в якій вже закладено інтеграцію функцій СТК на програмному рівні.

Розроблено ряд технічних рішень, які забезпечують поєднання АЛСР із різними діючими системами СЦБ. Порівняльний економічний аналіз показав, що вартість будівництва 1 км ділянки, обладнаної АЛСР, становить близько 400-600 тис. **грн.**, У той час як витрати на будівництво функціонального аналога - європейської системи ETCS рівня 2 - становлять близько 150 тис. євро на 1 км.

Є аналоги розробок в Україні, планується використовувати на НАБ.

1.4 Мікроелектронна система АЛС-ЕН

Система автоматичної локомотивної сигналізації АЛС-ЕН призначена для передачі такої інформації від рейки до локомотива:

- до шести вільних блок-діляниць попереду поїзда;
- швидкість проходження чергового світлофора від 0 до 200 км/год;
- довжина попереду лежачої блок-діляниці (два значення - більше або менше гальмівного шляху нормативного поїзда);

- шлях, де їде поїзд по перегону (головний шлях станції або відхилення на бічній);
- наближення поїзда до закритого світлофора (червоно-жовтий вогонь КЖ);
- білий миготливий вогонь (БМ) - рух поїзда за запрошенням;
- номер шляху (парний або непарний) при двоколійному русі поїздів (захист від підживлення шляхів по сусідству);
- парна або непарна блок-ділянка даного шляху (захист від підживлень від суміжних блок-ділянок та з-під коліс попереду поїзда, що йде).

Система АЛС-ЕН відноситься до категорії безперервних систем і включає у свій склад дорожні та локомотивні обладнання.

НКС включає в себе такі пристрої: формувач сигналів (ФС), блок посилення потужності (БУМ - 175) та пристрій захисту та узгодження (УЗС).

ФС являє собою декілька пристроїв:

- модулятор (М);
- задаючий генератор (ЗГ);
- датчики кодових комбінацій (ДКК1 та ДКК2);
- підсилювач потужності (УМ);
- трансформатор кодовий універсальний (ТКУ).

Використання модифікованого коду Бауера при дворазовій ФРМ дозволило організувати надійний канал передачі з шляху на локомотив у системі АЛС-ЕН. Це дозволяє передавати 256 повідомлень у смузі частот 15 Гц через передавач 175 Гц. Час зміни показань на покличку локомотивного індикатора не повинен перевищувати 3 с.

Система АЛС-ЕН використовується на поїздах Skoda і Hyundai.

1.5 Принцип функціонування системи АЛС-МУ

Автоматична локомотивна сигналізація АЛС-МУ є сучасним інструментом для підвищення безпеки руху в поїздній і маневровій роботі локомотива, і навіть поліпшення умов керування поїздами.

Система АЛС заснована на мікроелектроніці, це значно зменшує розміри обладнання, споживання енергії та матеріалів, підвищує надійність роботи пристроїв, спрощує процес проектування, розширює функціональні можливості, зменшує витрати на встановлення та обслуговування.

АЛС-МУ може виконувати такі функції:

- прийому та дешифрації числових кодових сигналів від колійних пристроїв АЛСН та відображення їх на локомотивному світлофорі;
- відстежування та індикації параметрів руху (фактичної швидкості, прискорення руху, шляху який вже пройдено, поточного часу);
- розрахунку та відображення допустимої швидкості руху в залежності від конструктивних ознак локомотива та показань вогню локомотивного світлофора;
- контролю та індикації тиску повітря у гальмівній магістралі локомотива;
- моніторинг пильності машиніста;
- контролю швидкості руху та екстреного гальмування поїзда які перевищують допустиму швидкість руху, що визначається згідно з показаннями локомотивного світлофора;
- контролю швидкості руху при наближенні до світлофора із забороненим показанням;
- вимкнення режиму тяги при видачі сигналу на автостопне гальмування.

Принципи побудови АЛС-МУ.

Забезпечення безпеки та надійності апаратно-програмних пристроїв апаратури АЛС-МУ базується на наступних технічних рішеннях та принципах:

- розвиток двоканальної обробки відповідальної інформації в електронному блоці;
- використання гальванічної розв'язки відповідального ланцюга для управління динамічним режимом роботи та використання схеми порівняння її з використанням вхідних і вихідних ланцюгів;
- забезпечення надійності передачі інформації через інформаційні та спеціальні канали зв'язку;
- модульного принципу побудови апаратури блоку електроніки за винятком міжмодульних з'єднань

1.6 Система локомотивної безпеки «ImproTRAIN-250»

Сучасна бортова система для підвищення безпеки, автоматизації управління функціями безпеки локомотивів та моторовагонного рухомого складу.

Може застосовуватися:

- на залізницях, у тому числі на швидкісних та високошвидкісних ділянках з електровозами незалежно від постійного або змінного струму, обладнаних колійними пристроями автоматичної локомотивної сигналізації (АЛСН) та багатозначною автоматичною локомотивною сигналізацією (АЛС-ЕН);
- на ділянках залізниць, обладнаних системою керування руху поїздів з урахуванням цифрових радіоканалів.

Основні функції:

- визначення швидкості та координат локомотива на основі інформації отриманої від супутникових навігаційних пристроїв та датчиків швидкості;
- формування допустимого значення швидкості руху за допомогою сигналів АЛСН, АЛС-ЕН, радіоканалу, даних електронної карти;
- індикація необхідної інформації для машиніста та його помічника;
- забезпечення гальмування при перевищенні фактичної швидкості над допустимою швидкістю;
- виключення проїзду світлофорів із забороняючими сигналами;
- виключення несанкціонованого руху локомотива (скочування);
- службове гальмування через приставку крана машиніста за командою, переданою цифровим радіоканалом;
- контроль пильності машиніста;
- запис на знімну касету реєстрації параметрів руху локомотивів;
- взаємодію з іншими бортовими системами локомотива з допомогою цифрових інтерфейсів (CAN, MVB, RS-485).

1.7 Локомотивні системи сигналізації, що використовуються в Європі

Система АЛС на базі FZB

Німецькі залізниці впроваджують нову систему АЛС з розширеною функціональністю з можливостями використання радіоканалів обміну інформацією (системи FZB). До цієї системи входять: центральний пост FZB, бортові пристрої FZB, базова система радіозв'язку та баліз.

На центральному пункті FZB постійно ведеться динамічна модель поточної ситуації на підконтрольній ділянці. Постійна складова інформації береться з атласу доріг. Змінна складова інформації надходить з постів ЕЦ (дані про положення стрілок і сигналів) та від поїздів (дані про їхнє місцезнаходження). На основі оцінки поточної ситуації на поїздах центральний пост FZB створює команду для кожного окремого поїзда, що дозволяє здійснювати подальший рух. Команда передається до поїздів по радіоканалам через базову радіосистему (GSM-R, ISDN). Ця команда не тільки дозволяє почати рух, але й інформує машиніста про координати найближчого пункту призначення (наприклад, станції) та час її проходження.

Бортовий пристрій порівнює ці дані з інформацією від бортових пристроїв вимірювання шляху та швидкості, а також з інформацією, що отримується від дорожніх балів. Останні дозволяють визначити координати шляху та отримати допустиме значення швидкості. В результаті бортовий комп'ютер створює програмну криву швидкості, згідно з якою поїзд прибуде до пункту призначення у зазначений час.

Система АЛСН LZB 80E

Бортовий пристрій LZB 80E розроблявся як безпечна система з високою експлуатаційною готовністю, яка побудована на основі компонентів, що відповідають сучасним промисловим стандартам. Взаємодія між обчислювальними каналами здійснюється через локальну мережу Ethernet. На системних платах знаходиться також інтерфейс трасування шиною MVB, що використовується для сполучення бортового пристрою із системою управління локомотивом.

До складу пристрою входять також периферійні блоки для передачі даних по індуктивному шлейфу, який реалізує функцію точкової АЛС PZB, цифровий вводи/виводи, засоби вимірювання пройденого шляху та швидкість. Кожен обчислювальний канал підключений до периферійних блоків через CAN шиною. Завдяки такій структурі триканальна структура системи поширюється від обчислювального каналу до периферійних блоків. Для подачі відповідальних команд (наприклад для активації гальм) у блоках виведення передбачені реле, що виконують мажоритарне порівняння сигналів від трьох розрахункових каналів.

Пристрій використовує той же датчик імпульсного колоса як і раніше. Можливе застосування безконтактних датчиків. На сучасному рухомому складі, обладнаному безперервним контролем тяги, наявність у LZB 80E додаткового датчика допомагає підвищити точність вимірювань пройденого шляху.

1.8 Висновки до першого розділу

У кожній АЛСН є як переваги так і недоліки. До переваг відноситься: підвищення безпеки руху, збільшення пропускної здатності залізниць, покращення умов праці локомотивних бригад, передача показань світлофорів до кабіни машиніста. АЛСН неперервного типу якою обладнана майже вся Україна, також обладнана пристроями пильності за машиністом та пристроями автоматичного регулювання швидкості. Недоліком стандартної системи АЛСН є не стійка робота на високій швидкості, низька завадостійкість та відсутність вбудованої системи діагностики.

В європейських системах можна приймати коди на великих швидкостях, але вони не будуть контролюють цілісність рейки, що є великим недоліком для нас.

Актуальність роботи. Системи АЛСН які використовуються на залізницях України мають ряд недоліків, але на заміну їх новими системами відсутні кошти в достатньому обсязі. Таким чином розробка способів підвищення ефективності роботи системи АЛСН при автоблокуванні на тональних

рейкових колах є надважливою задачею, що робить дану роботу актуальною та своєчасною.

Метою роботи є розробка засобів та способів підвищення ефективності роботи системи АЛСН на ділянках з тональними рейковими колами.

Завданням роботи є:

- аналіз роботи існуючих систем АЛС з метою виявлення переваг та недоліків їх використання;
- аналіз особливостей роботи систем АЛС в автоблокуванні з тональними рейковими колами;
- розробка способів автоматичної обробки сигналів АЛСН для ідентифікації кодових посилок що поступають на локомотив;

Об'єкт дослідження – принципи передачі, прийому та ідентифікації кодів системи АЛСН.

Предмет дослідження – методи та засоби ідентифікації сигналів, способи цифрової фільтрації, процес передачі кодів по рейках на локомотив.

Для вирішення поставлених задач застосовується математичне моделювання рейкової лінії як каналу передачі даних, метод ідентифікації сигналів шляхом порівняння з «ідеальними» кодами, методи аналізу надійності роботи та завадостійкості систем АЛСН.

2 РЕЙКОВІ КОЛА ТОНАЛЬНОЇ ЧАСТОТИ

2.1 Етапи розвитку тональних рейкових кіл

Назва тональних рейкових кіл з'явилася у 90-му році, хоча залізнична схема з тональною частотою і безконтактними пристроями розроблялась і використовувалась з давніх часів. Так, у системі ЧАБ вони називалися частотними РЦ, в системах автоблокування з централізованим розміщенням апаратури (ЦАБ) – безстиковими рейковими колами (БРЦ), а рейкові кола, оптимізовані для низького опору баласту, називали БРЦ-НСБ.

Слід зазначити, що ТРК та його апаратура швидко розвивалися і зазнали при цьому великих змін як за принципом побудови так і за технічного застосування.

На першому етапі (в системі ЧАБ) були РК які мали низьки частоти (125 – 375 Гц). Це дозволяло використовувати відомі методи синтезу та розрахунку рейкових кіл. Класичний характер РК та використання загальних сигналів для контролю за станом БО і передачі інформації призвели до необхідності застосування гетеродинного приймача, що значно ускладнює схему і збільшує об'єм обладнання.

Пізніше функцію передачі інформації між світлофорами і локомотивами в ТРЦ прибрали. Крім того, істотно змінилася структура ТРК – вперше в системі ЦАБ використовуються неізольовані РК з двома сусідніми РС з одним генератором. Така структура станції значно спрощує компонування та зменшує розміри обладнання та числа жил сполучного кабелю. Однак відсутність ізолюючих стиків потребувала розробки нових методів для оптимізації параметрів і для розрахунку зони маневреності РК.

2.2 Принципи побудови та ефективність ТРЦ

Основною особливістю живлення РК є можливість роботи без ізолюючих стиків джерела живлення та з'єднання двох сусідніх РК від одного основного джерела сигнального струму. Ця особливість ТРК значно зменшує кількість обладнання, розміри кабелю для з'єднання апаратури з рейковою лінією,

використання частот сигнального струму дозволяє легко реалізувати дорожню схему без ізоляції з'єднання.

На частотах F1 або F2 сигнальний струм генераторів Г подається в рейкову лінію, якою поширюється в обидві сторони від точки підключення. Від генератора Г1 живиться рейкове коло 1, від генератора Г 2/3 - рейкові кола 2 і 3 і т. д. Колійні приймачі ПП1 і ПП2, ПП3 та ПП4 підключаються до загальних точок релейних кінців РК. Приймачі володіють властивостями частотної селекції та пороговими властивостями, тобто реагують на сигнал певної частоти та амплітуди. Колійні реле на виходах приймачів нормально збуджені. При знаходженні локомотива (або зламі рейки), наприклад, на 4П колійне реле ПР4 знеструмлюється. Збудження цього реле від сигнального струму рейкового кола 3П виключено через велике згасання частоти F2 у приймачі ПП4(F1). Через природне згасання в рейковій лінії виключається можливість збудження цього реле сигнальним струмом частотами F1 від генератора Г1 рейкового кола.

У деяких випадках (при малій довжині РК 2П і 3П і високому рівні не сигналу в 1П) передбачається застосування та чергування трьох частот. Через відсутність ізолюючих стиків шунтовий режим ТРК виникає коли рухома одиниця знаходиться на ділянці колії між генератором та приймачем, а й поза межами з'єднання цих пристроїв. Ця зона називається зоною додаткового шунтування. Наприклад, реле лінії ПР5 буде знеструмлено при наближенні подвижної одиниці на відстань $L_{ш}$ від точки підключення генератора Г4/5. Розмір цієї відстані залежить від питомого опору баласту і у виняткових випадках становить 10-15% від довжини рейкового кола.

Переваги ТРК які можуть без ізолюючих стиків:

1. Виключається один із не надійних елементів – ізолюючі стики (на ізостики припадає 27% всіх несправностей автоблокування).
2. Немає необхідності встановлювати дорогі дросель – трансформатори для пропускання тягового струму в обхід ізолюючих стиків.
3. Стан протікання зворотного локомотивного струму по РК покращуються.

Крім того, перевагою ТРК є те що він зазвичай не має контактних реле, що працюють в імпульсному режимі, це значно підвищує надійність і довговічність апаратури. Зазвичай найбільше відмов припадає на дешифратор кодового автоблокування та трансмітерні реле.

Недоліками цих ТРК є додаткове шунтування і мала гранична довжина.

2.3 Сучасні системи автоблокування які використовують ТРК

Мікроелектронна система автоблокування АБ-Е2.

У системі АБ-Е2 використовуються тональні рейкові кола без ізолюючих стиків. Тому необхідно було використовувати чотири частоти з метою захисту від впливу суміжних рейкових кіл та від рейкових кіл паралельного шляху для формування сигнального струму (1953 та 2441 Гц для одного шляху; 2170 та 2790 Гц для іншого шляху). Зазначені частоти чергуються у рейкових колах суміжних блок-діляниць. Як правило, у межах блок-діляниці організуються два рейкові кола, які отримують живлення від одного загального передавача, що підключається до всередини БД. Цей передавач також використовується для ув'язування показань підлогових світлофорів та для передачі інформації на локомотив коли він знаходиться першій половині БД. Коли локомотива входить за точку підключення даного передавача він починає передавати сигнал АЛС в кінці БД. Дорожні приймачі підключаються до рейкової лінії по кінцях блок-діляниці.

Мікропроцесорна уніфікована система автоблокування АБ-УЕ.

Система АБ-УЕ є нині найдосконалішою системою єдиного ряду систем автоблокування. Її головною відмінністю є уніфікація апаратури. Уніфікації підверженні методи технічної реалізації окремих модулів, функціональні вузли, елементна база та конструкція. Це дозволило скоротити номенклатуру виробів, застосувати індустріальні методи обслуговування та ремонту пристроїв. Крім того, в системі АБ-УЕ виключені електромагнітні реле та інші електромеханічні прилади, застосовується вбудована підсистема дистанційного контролю та діагностики апаратури, передбачена можливість дистанційної

зміни налаштувань та технічних параметрів сигнальної точки. Шляхом зміни програмного забезпечення система АБ-УЕ може бути налаштована на реалізацію функцій та виконання технологічного алгоритму будь-якої системи АБ із децентралізованим розміщенням апаратури.

Система АБТЦ-2000

Система АБТЦ покликана підвищити надійність пристроїв автоматичного блокування та зменшити експлуатаційних витрат, та час усунення несправностей.

Ця система АБТЦ використовується на двоколійних ділянках залізниць з нормальним опором баласту яка обладнана системами електротяги змінного та постійного струму та автономними видами тяги.

Тональні рейкові схеми становлять основу централізованої організації пристроїв і системи автоматичного блокування без ізолювальних ланцюгів.

Використовуються амплітудно-модульовані сигнали з несучими частотам 420, 480, 580, 720, 780 Гц для роботи ТРК і частотою модуляції 8, 12 Гц.

Щоб поїзд що наближається не перекривав сигнал точка підключення апаратури рейкового кола виноситься на 40 метрів по напрямку руху за світлофор. В зоні де потрібно забезпечити додаткове шунтування не більше 40 метрів, повинні використовуватися тільки такі частоти 780, 720 і 580 Гц. Залежно від частоти і віддаленості від станції розміщення апаратури, довжина рейкового кола за світлофором обмежується 200-350 метрами.

Апаратура АБТЦ розміщується на станціях, що обмежують перегін в транспортабельних модулях або постах ЕЦ.

Якщо довжина перегону не дозволяє управляти із станції об'єктами АБ, апаратура АБТЦ може бути розміщена в середині перегону у транспортабельному модулі. Якщо довжина перегону невелика апаратура може бути розміщена на одній із станцій, що обмежує перегін.

Розподіл перегону проводиться по сигнальній установці, так що живлячий кінець рейкового кола та сигнал які знаходяться на відстані 40 метрів за світлофором, підключаються із станції відправлення.

Світлофори вибиратимуть з урахуванням відстані до станції, що обмежує перегони, та наявності обладнання на станції. Так само проводиться розподіл перегону між модулем, який знаходиться в середині перегону, і станціями, що обмежують перегін.

З'єднання постової і перегінної апаратури, а також ув'язка апаратури, розташованої на суміжних станціях, здійснюється двома сигнально-блокувальними кабелями парного скручування для кожного колії.

Для включення віддалених світлофорів прямі та зворотні жили, а також живлячі і релейні кінці перегінних рейкових кіл, повинні розміщуватися в різних кабелях, з обов'язковою організацією схеми контролю справності кабельних кіл ТРК, які при несправності кабелю забезпечують відключення живлячих пристроїв.

Також встановлюють трансформатори ПОБС для регулювання кабельної і рейкової ліній на перегоні.

Два суміжні рейкові кола на перегоні мають один загальний живлячий кінець. Для живлення цього релейного кінця використовується одна пара сигнального кабелю. До цієї пари підключається два приймачі суміжних ТРК, а також передають кодові сигнали числового коду АЛС. Кодування ТРК сигналами АЛС здійснюється, як правило, з кожної точки підключення апаратури, з моменту вступу потягу на дане рейкове коло. Передача кодових сигналів в ТРК виконується через посилені фронтові контакти кодовмикаючого реле.

Щоб локомотивні пристрої не виявляли поїзд перед світлофором із забороняючим вогнем, на світлофорі передбачили більш допустимий кодовий сигнал, від наступного по ходу світлофора, при помилковій зайнятості ТРК, передбачається схема контролю послідовного заняття РК.

2.4 Схеми рейкових кіл та кодування АЛС

Залежно від довжини БД, наявності переїзду та його віддаленості від сигнальної точки може змінюватися кількість апаратури ТРЦ або її підключення. Наприклад, параметри апаратури дозволяють послідовно підключати до однієї пари жил не тільки два приймачі, але й приймач ТРЦ4 з

передавальної апаратурою ТРЦЗ. Але в будь-якому випадку схеми рейкових ланцюгів залишаються незмінними.

Для живлення рейкових ланцюгів А1П/Б1П в релейній шафі встановлено генератор ГП4 з фільтром ФРЦ4Л, а для рейкових кіл А2П/Б2П - генератор ГПЗ/8,9,11 із фільтром ФПМ8,9,11. При проектуванні АБТ у схемах ТРЦ для кожного генератора та фільтра вказують зовнішні налаштовані перемички відповідно до необхідної комбінації частот, а в регульовальних таблицях - напруги на виході генератора в залежності мости від довжини РЦ.

Спочатку в якості резисторів R_d застосовувалися регульовані резистори типу 7157, які при експлуатації показали низьку надійність. З середини 2000 року ці резистори замінені на резистори постійні дрітні ізолювані типу С5-35В-25Вт. Величина опору резистора вибирається виходячи з довжини з'єднувального кабелю та питомого опору його жил таким чином, щоб отримати у сумі 400 Ом.

Як узгоджувальний трансформатор використовується ПОБС-2А з коефіцієнтом трансформації $n=38$.

Захисні резистори R_z передбачені в усіх УСЗ, крім місця установки дросель-трансформаторів. В даний час замість двох паралельно включених регульованих дрітних резисторів рекомендується використовувати більш надійні та довговічні резистори РПН (резистор постійний низькоомний). Ці резистори випускаються на номінальні опори від 0,11 Ом до 0,5 Ом.

Різновиди колійних приймачів ПП1 та ПРЦ4Л1 вибираються залежно від прийнятої комбінації частот живлення конкретних РК та вказуються на схемах ТРЦ. Відповідно до цього вибираються і вказуються номери введів для підключення основних колійних реле А1ПО, А2ПО, Б1ПО та Б2ПО. Дублюючі колійні реле А1ПД, А2ПД, Б1ПД та Б2ПД підключаються до приймачів через блок випрямлячів сполучення БВС4Л. Цим забезпечується керування колійними реле через різні вихідні ланцюги колійного приймача, що має сприяти підвищенню безпеки роботи схеми. Раніше застосовувалися колійні реле типу АНШ2-1230 з паралельним включенням обмоток, що забезпечувало

напругу спрацьовування реле 3,5 В. В даний час рекомендуються до використання нові реле типу АНШ2-310 з послідовним включенням обмоток.

Стан ділянки колії, обладнаної рейковими ланцюгами А1П та А2П, контролюється загальними повторювачами основних та додаткових колійних реле цих РК. Дубльовані повторювачі АП1 та АП2 включені за схемою з двополюсним розмиканням. Для рейкових кіл Б1П і Б2П застосовано аналогічну схему. Схемні залежності в системі АБТ здійснюються цими повторювачами.

У системі АБТ для передачі інформації на локомотив передбачено числова АЛС.

Кодування рейкових кіл блок-діляниці проводиться від наступної СУ по сполучних жилах кабелю рейкових ланцюгів по мірі вступу ними поїзда. Для цього передбачено почергове підключення схеми кодування до жил кабелю паралельно конденсатору СК1. Причому рейкові ланцюги Б1П і Б2П кодуються сумісно шляхом подачі кодового сигналу за живильними жилами П.

2.5 Аналіз роботи обладнання АЛСН при підвищених швидкостях руху поїздів

Через збільшення швидкості поїзда проблема виходу з ладу АЛС стає все більш очевидною.

Дія роботи АЛСН числового коду заснована на принципі індуктивного підключення колійного обладнання, що несе інформацію, що зчитує цю інформацію.

Якість пристроїв АЛСН залежить від особливостей роботи рейкового кола, його конструктивними характеристиками та електричними параметрами. Крім того, якість функціонування АЛСН залежить від ряду кліматичних, механічних, електромагнітних факторів. До них можна віднести умови протікання зворотного тягового струму, електромагнітну сумісність з бортовим обладнанням, наявність звичайних, особливо полімерних ізостиків, наявність

додаткових металевих конструкцій (хрестовини стрілкових перекладів, ферм мостів, конструкції заземлювачів тощо).

Зі збільшенням кількості збоїв у роботі АЛСН виникає інша проблема: числовий код АЛСН має східчасту градацію сигнальних значень З, Ж та КЖ. Крім того, К - відсутність коду при вступі на зайняту блок ділянку після прийому коду КЖ і біле сигнальне показання, що говорити про відсутність кодів після прийому кодів З або Ж. При збільшенні швидкості руху поїздів автоматично зростає гальмовий шлях у трьох сигнальних показань З, Ж та КЖ стає явно недостатньо для забезпечення безпеки руху.

З 2002 року, з веденням швидкісних поїздів на маршруті Харків-Полтава-Київ, Південна залізниця почала використовувати швидкісні поїзди. На даній ділянці застосовується електротяга як постійного струму (кодування рейкових кіл струмом 50 Гц), так і змінного струму (кодування рейкових кіл струмом 25 Гц).

Вагоном - лабораторією Південної залізниці першого моменту експлуатації прискореного руху проводиться систематичний аналіз роботи як локомотивних, так і наземних обладнань АЛСН при підвищених швидкостях руху.

Аналіз більш ніж семи років роботи дозволяє зробити наступні висновки.

- пристрої АЛСН менш стабільні при кодових струмах 25 Гц і більш сприйнятливі до перешкод;
- основною причиною пошкодження локомотивного обладнання АЛСН на високих швидкостях є імпульсні перешкоди в кодованому залізничному колі зі струмом 25 Гц.

Крім того слід зазначити, що зі збільшенням швидкості руху збільшуються як кількість перешкод, так і амплітуда кодового струму.

Аналіз дозволяє виділити три основні причини несправності, на частку яких доводиться переважна кількість збоїв.

Перша причина – електрична нерівність дорожнього кола через такі причини:

- ізолюючих стиків;
- перешкоди на шляху контррейок переїздів і з'їздів:

- незаземлених рейкових плітей, залишених усередині колії для ремонту;
- мостів, шляхопроводів, ЛЕП і інших джерел електромагнітних перешкод.

Найбільше кількість збоїв припадає на станційні рейкові кола завдовжки від 60 до 200 м, які на швидкостях 60 – 140 км/год створюють імпульсні завади з часовими характеристиками, що лежать у діапазоні кодів АЛСН.

Друга причина - неоднорідна намагніченість рейкових пліт з пучинним сплеском по кінцях рейок. Найбільш яскраво ця причина проявляється при установці полімерного ізостока на швидкості 80 км/год і більше.

Третя причина –короткочасна втрата чутливості в шунті, стрибками напруги, які самі по собі не небезпечні і практично не призводять до збоїв, але при збігу з першими двома обтяжують їх негативні наслідки.

Асиметрія тягового струму є негативним фактором для декодування кодів АЛСН при будь-яких швидкостях руху, але в сукупності з імпульсними завадами призводить до більшої кількості збоїв у роботі локомотивних пристроїв АЛСН при підвищених швидкостях руху.

Розглянемо, як і на яких елементах пошкоджується шлях сигналу. Переданий код АЛСН можна визначити двома основними видами характеристик - частотними та часовими. Таким чином, визначитися з кількісними показниками викривлень цих характеристик можливо, аналізуючи аналітичні залежності між вхідними і вихідними сигналами окремих складових тракту передачі сигналу. Перш за все розглядаючи даний аспект, слід звернути увагу на такий елемент тракту, як локомотивний фільтр ФЛ-25/75М. Короткі імпульси завади, які індукуються у локомотивних приймальних котушках і надходять на вхід фільтра, є свого роду джерелом живлення для його реактивних елементів і будуть викликати коливання в контурах фільтра. Частота цих коливань буде відповідати налаштуванню фільтра та смузі його пропускання. Отже, будь-який короткий імпульс завади, що надійшов на вхід фільтра, проходячи через нього, буде перетворюватися в імпульс загасаючих гармонійних коливань частоти пропускання фільтра на його вході. Крім того, ці імпульси будуть мати однакову частоту з корисними сигналами і відрізнятися

від них тільки тривалістю. Це приводить до того, що на виході фільтра відбувається викривлення часових параметрів імпульсів та інтервалів із збереженням загальної довжини кодового циклу. Крім того, чим більше сигнальний струм вихідного кінця, тим сильніше викривлення часових параметрів кодових посилок, тому що при цьому збільшується запасена паразитна енергія у реактивних елементах фільтра. Із зростанням швидкостей руху для розпізнання даного, так би мовити, засміченого коду залишається усе менше часу. Цикли і коди граничних рейкових кіл накладаються один на одного, враховуючи незначні довжини рейкових кіл на станціях, що призводить до збоїв у роботі АЛСН.

2.6 Розробка математичної моделі каналу передачі сигналів числового коду АЛСН

Розглянемо схематичне зображення блок-ділянки, розташованої між двома ізолюючими стиками ІС. Вважатимемо, що потяг вступає на ділянку з боку ІС1 і рухається у бік ІС2 з поточною швидкістю

поступально. Власне рейкову лінію (РЛ) в подальшому будемо вважати однорідною.

Єдиними неоднорідностями є індуктивно-зв'язані з РЛ котушки та передня вісь локомотива і всі наступні всі його та потяги, а також колійне реле ПР.

Відомо, що миттєва величина ЕРС, яка наводиться в приймальній локомотивній котушці струмом $i(t)$, що тече рейкою, є:

$$e(t) = -M(t)$$

3. РОЗРОБКА СИСТЕМИ АЛСН З ПІДВИЩЕНИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ ПО НАДІЙНОСТІ

3.1 Актуальність та область застосування

Виникла потреба в розробці сучасної локомотивної сигналізації, яка застаріла і не може використовуватися у швидкісних зонах. Сучасні системи АЛС була встановлена на українській залізниці більше 40 років тому. За цей час залізнична автоматика не зупинялась, розвивалася, вдосконалювалася та виконувала поставлені завдання.

Одним із критерієм всіх недоліків АЛСН є мала інформативність. Після того, як ви встановите цю систему з високою надійністю, ви можете почати розробляти більш поінформовану систему.. Крім того сучасна система АЛСН має свої недоліки які полягають у вигляді збоїв коду. Деякі з них поодинокі, але є і періодичні. Пропонована система не застрахована від них і дозволяє збирати та аналізувати статистичні дані за допомогою комп'ютера або мікроконтролера. Іншими словами, можна проаналізувати посилку отриманого коду і визначити характер несправності. Несправності в роботі АЛС можуть призвести до порушення безпеки руху на залізничному транспорті. Досвід показав, що ризик зростає, а джерелом порушення безпеки є численні перешкоди на шляху входу приймача АЛС, який втрачає індикацію АЛС і світло локомотива стає білим на десятки секунд, що рівнозначно відсутності прийому сигналів про вільності шляху попереду. При цьому, за відсутності достовірної інформації про стан поїзда, поїзд, що рухається зі швидкістю 100 км/год, проїде більше 500 м, що може призвести до порушення безпеки руху поїздів, оскільки подібний збій рівноцінний появі перешкоди на шляху.

3.2 Структура системи цифрової АЛСН на локомотиві

Система за принципом будови мало відрізняється від вже існуючої. Пропонується використовувати сигнал з прийомних котушок, який ще не пройшов через фільтр та підсилювач. Таким чином отримуємо майже ідеальний

сигнал, наповнений завадами. Для подальшої його обробки сигнал оцифровується за допомогою АЦП та фільтрується.

АЦП має безліч характеристик, з яких основними можна назвати частоту перетворення та розрядність. Частота перетворення зазвичай виражається у відліках в секунду (samples per second, SPS), розрядність – у бітах. Сучасні АЦП можуть мати розрядність до 24 біт і швидкість перетворення до одиниць GSPS (звичайно, не одночасно). Чим вище швидкість і розрядність, тим важче отримати необхідні характеристики, тим дорожче і складніше перетворювач. Швидкість перетворення і розрядність пов'язані один з одним певним чином, і ми можемо підвищити ефективну розрядність перетворення, пожертвувавши швидкістю.

Найбільшим швидкодією і найнижчою розрядністю АЦП мають прямого (паралельного) перетворення. Наприклад, АЦП паралельного перетворення TLC5540 фірми Texas Instruments володіє швидкодією 40MSPS при розрядності всього 8 біт. АЦП цього типу можуть мати швидкість перетворення до 1 GSPS. Тут можна відзначити, що ще більшою швидкодією мають конвеєрні АЦП (pipelined ADC), однак вони є комбінацією декількох АЦП з меншим швидкодією.

Середню нішу в ряду розрядність-швидкість займають АЦП послідовного наближення. Типовими значеннями є розрядність 12-18 біт при частоті перетворення 100KSPS-1MSPS.

Вимірювані аналогові сигнали надходять на входи аналого-цифрового перетворювача (АЦП) і перетворюються в цифровий код. Далі з заданою частотою дискретизації, через інтерфейс, результати вимірювання передаються в пам'ять спеціалізованого контролера або персонального комп'ютера (ПК). Масиви миттєвих вимірювань є елементами цифрової осцилограми певної тривалості. У різних конструкціях приладів тривалість сеансу вимірювання встановлюється вручну або автоматично при настройці програми вимірювань. Масив цифрових кодів є базовим для обчислення амплітудних, часових і частотних характеристик сигналу.

Для обчислення параметрів використовуються типові алгоритми цифрової обробки сигналів або спеціалізовані, що враховують специфіку вимірюваних сигналів. Наявність масиву цифрових кодів дозволяє додавати вимірювального приладу нові функції шляхом введення нових алгоритмів в склад програмного забезпечення ПК), не змінюючи апаратну частину.

3.3 Ідентифікація кодів АЛСН способом допустимих «коридорів»

Для вирішення задачі фіксації відмови по визначених критеріях оцінки необхідно визначати на яких ділянках кривої споживання струму значення струму перевищує допустиме. Для цього використано коридори допустимих значень які задано програмно. При цьому задано коридори допустимих значень вище кривої та коридор нижче кривої. Розглянемо на прикладі коду 3.

Під методом допустимих коридорів мається на увазі побудова верхньої та нижньої меж (що і утворюють так званий коридор) для відносно зразкової кривої. І при виході даної кривої, що зараз аналізується, за межі цього коридору діагностується наявність (лише наявність, а не її вид) несправності. При перевищенні першої межі є можливість прогнозувати виникнення відмови, тобто при таких значеннях пристрої кодування працюють нормально, але відмова вже почала розвиватись.

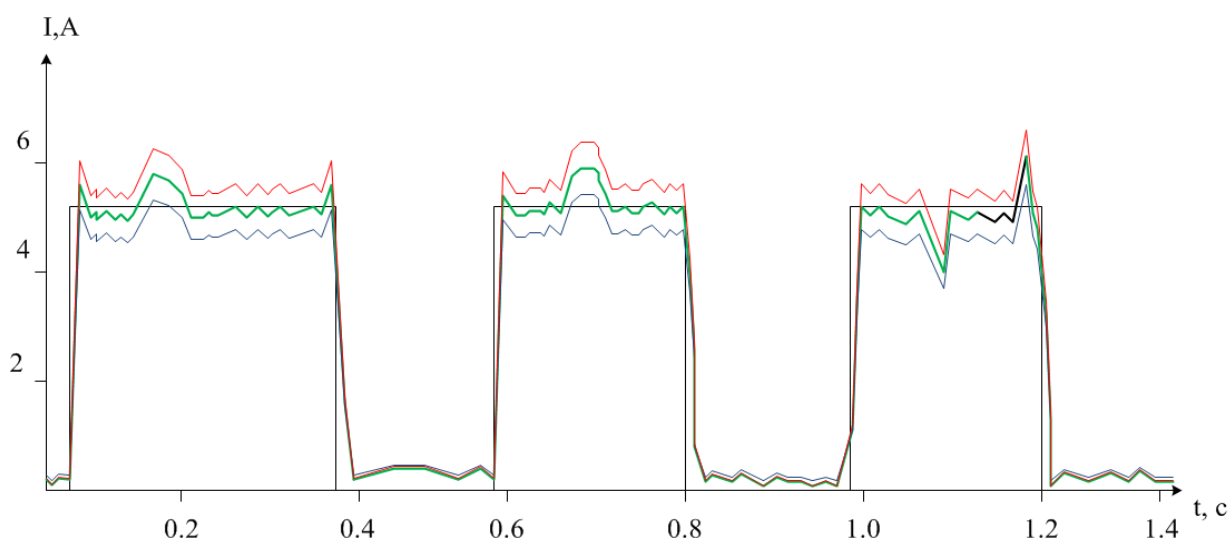


Рисунок 3.1 – Крива кодів з коридорами 10 %

При закладенні в програму більшої кількості коридорів можливо більш точно відслідковувати розвиток несправності та запобігати відмові до її виникнення.

Для аналізу форми кривої на ділянках буде використано метод інтегралів. Під методом площин (або інтегралів) мається на увазі обраховування площі кривої, що зараз аналізується, при її виході за межі коридору побудованого для умовно зразкової кривої. Підрахунок площі здійснюється за допомогою різниці визначених інтегралів, межі яких визначаються точками перетину аналізованої кривої та допустимого коридору, та обмежуються функціями допустимого коридору та даної аналізованої кривої.

$$S = \int_a^b f_{\text{реал.}}(x) dx - \int_a^b f_{\text{нор.}}(x) dx \quad (3.1)$$

a та b – початкова та кінцева межі визначених інтегралів. Можуть приймати значення: точка перетину аналізованої кривої з коридором (верхнім чи нижнім); межі кускових функцій (що обраховуються для отриманих точок даних); межі ділянок, на які суб'єктивно розділили умовно-ідеальну криву.

$f_{\text{реал.}}(x)$ – значення кускової функції реальної (тобто аналізованої), яке відповідає межам обрахованим в даний момент a та b .

$f_{\text{кор.}}(x)$ – значення кускової функції для коридору (спочатку обраховується верхня, потім нижня межа коридору), яке відповідає межам обрахованим в даний момент a та b .

Якщо отримана площа входить в суб'єктивно визначений діапазон, то виноситься рішення про належність (чи неналежність) даної аналізованої кривої до того чи іншого виду несправності.

3.4 Принцип роботи системи АЛСН при ідентифікації коду

В роботі пропонується створити підсистему моніторингу та вимірювання, яка дозволяє запобігати та виявляти несправності автоматичної перевірки

параметри кодів АЛСН в режимі реального часу та даватиме можливість попередити й ідентифікувати пошкодження методом порівняння еталонного сигналу з тим, що потрапляє через рейкове коло на локомотив. Ця підсистема може бути використана як один із компонентів системи діагностики та моніторингу станцій та пристроїв автоматики на станції та перегоні. Така система виконуватиме такі функції [11]:

- вимірювання параметрів кодової комбінації, що подається в рейки
- автоматична реєстрація пошкоджень
- передача інформації про можливу відмову черговому на станцію або змінному інженеру дистанції
- інформування машиніста про можливий збій в системі АЛСН.

При створенні підсистеми особливу увагу приділяю вибору методу автоматичного порівняння еталонних кодів АЛСН та фактичних, які передаються на локомотив.

Використання цього принципу для порівняння еталонного сигналу з реальним має недоліки, такі як вибір порогового значення, робочого моменту та вибір форми сигналу для порівняння.

Порівнявши ряд досліджень було вирішено порівнювати сигнали саме по формі, використовуючи «огиначаючу» криву. В такому випадку найкраще зберігається початковий вид сигналу та в меншій мірі відчувається вплив завад.

Додатково до вище сказаних переваг, цей метод є одним з найпростіших. Так як для отримання «огиначаючої» кривої достатньо скористатися методом детектування.

Для практичної реалізації вище запропонованих методів було використано програмне середовище MATLAB. MATLAB — мова, інструментарій із вбудованими математичними функціями, що дозволяють досліджувати різні підходи і отримувати рішення швидше, ніж з використанням електронних таблиць або традиційних мов програмування, таких як C/C++ чи Java. MATLAB являє собою основу, всього сімейства продуктів MathWorks і є головним

інструментом для вирішення широкого спектра наукових і прикладних задач, у таких областях як: моделювання об'єктів і розробка систем управління, проектування комунікаційних систем, обробка сигналів та зображень, вимірювання сигналів і тестування, фінансове моделювання, обчислювальна біологія та ін..

Ядро MATLAB дозволяє максимально просто працювати з матрицями реальних, комплексних і аналітичних типів даних і зі структурами даних і таблицями пошуку [12].

MATLAB містить вбудовані функції лінійної алгебри (LAPACK, BLAS), швидкого перетворення Фур'є (FFTW), функції для роботи з многочленами, функції базової статистики та чисельного рішення диференціальних рівнянь; розширені математичні бібліотеки для Intel MKL.

За допомогою вбудованих функцій та відносної простоти програми були побудовані ідеальні кодові посилка, які стали еталонами (рис. 3.2).

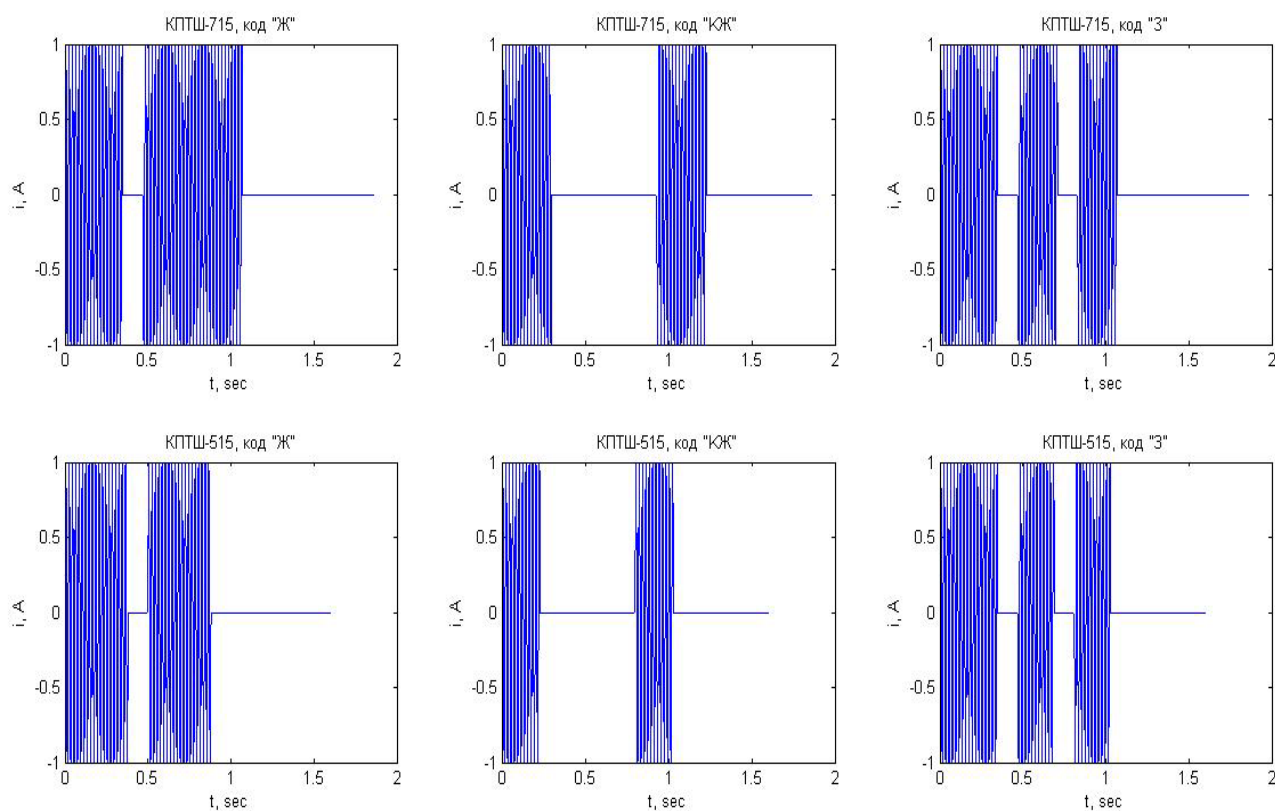


Рисунок 3.2 – Ідеальні коди для різних КПТШ

Для створення ідеального коду, наприклад коду Ж для КПТШ-715, потрібно було задати початкові дані. Такі як тривалість сигналу, частота, мінімальна амплітуда, часові границі імпульсів та пауз, та інші. Нижче наведено фрагмент коду.

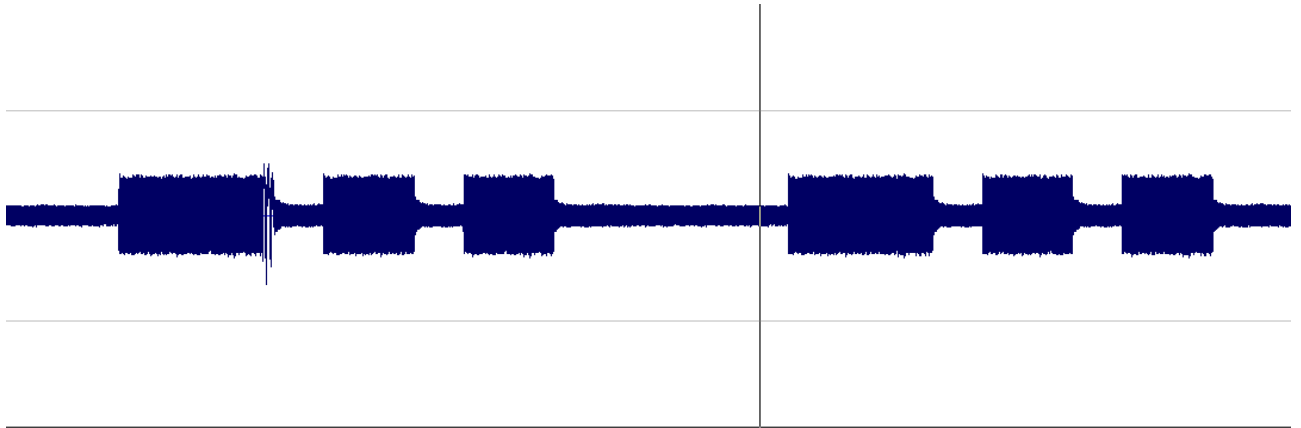


Рисунок 3.3 – Фрагмент реального коду 3

```

3 -   tLo = 0;
4 -   tHi_515 = 1.6;
5 -   tHi_715 = 1.86;
6
7 -   Fs = 100e3;
8 -   Ts = 1 / Fs;
9
10 -  t_515 = tLo : Ts : tHi_515;
11 -  t_715 = tLo : Ts : tHi_715;
12
13   %%построение синусоиды
14 -  I0 = 2;
15 -  f0 = 50;
16 -  phi0 = 0;
17 -  i0_515 = I0 * sin( 2 * pi * f0 * t_515 + phi0 );
18 -  i0_715 = I0 * sin( 2 * pi * f0 * t_715 + phi0 );
19
20   %временные интервалы_715G
21 -  t1_715G = 0.35;
22 -  t2_715G = t1_715G + 0.12;
23 -  t3_715G = t2_715G + 0.6;

```

Рисунок 3.4 – Створення ідеальних, еталонних кодових посилок

Передача сигналів АЛС відбувається у специфічних, властивій тільки їй умовах. По-перше, сигнал з кожного рейкового ланцюга передається тільки від власного джерела і його рівень в рейках по мірі руху поїзда безперервно

зростає. По-друге, перехід локомотива з одного рейкового ланцюга на інший супроводжується короткочасною перервою в прийомі сигналів з колії і різким зменшенням сигнального струму в рейках. До того ж, рейкові ланцюги, що зв'язують рухомий локомотив з передавачем сигналів, одночасно використовують як у системі автоблокування, так і на електрифікованих залізницях для пропуску тягового струму. Отже, існує велика кількість можливих впливів на прийом сигналів АЛС.

3.5 Висновок до третього розділу

Використання запропонованої системи на основі вищезазначених елементів дозволить значно підвищити ефективність системи АЛСН за рахунок ефективнішої боротьби з перешкодами, скорочення часу розпізнавання коду та різкого скорочення часу на обслуговування та усунення несправностей системи. Під час використання системи рекомендується вперше використовувати її як резервну систему поряд із класичною системою, щоб забезпечити її ефективність. Крім того, використання такої системи дозволить фіксувати всі дії машиніста під час руху поїзда і використовувати дані для аналізу точності його роботи.

ЗАГАЛЬНИЙ ВИСНОВОК ДО РОБОТИ

Виконавши дану роботу можна зробити висновок що при виконанні вирішені наступні задачі:

1. Виконано аналіз роботи існуючих систем АЛС з метою виявлення переваг та недоліків їх використання;
- 2 Виконано аналіз особливостей роботи систем АЛС в системах автоблокування з тональними рейковими колами;
3. Створена математична модель рейкової лінії як каналу передачі даних для аналізу її завадостійкості та пропускної спроможності
4. Розроблено спосіб автоматичної обробки сигналів АЛСН для ідентифікації кодових посилок що поступають на локомотив.

Загалом запропоновані рішення дозволять значно підвищити правильність ідентифікації кодових посилок що надходять на локомотив та створити базу для аналізу причин збоїв кодування та помилок машиніста під час руху поїзда.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Казаков А.А., Казаков В.А., Бубнов В.Д. Системы интервального регулирования движения поездов, М.: Транспорт, 1986 г., 399 с.
2. Виноградова В.Ю. Перегонные системы автоматики: Учеб. для техникумов и колледжей ж.-д. транспорта [Текст] / В.Ю. Виноградова, В.А. Воронин, Е. А. Казаков и др. – М.: Маршрут, 2005. – 292 с.
3. Бойник А.Б Системы интервального регулирования движения поездов на перегонах: Учебное пособие [Текст] / А.Б. Бойник, С.В. Кошевой, С.В. Панченко и др.– Харьков: УкрГАЗТ, 2005. – 256с.
4. Гончаров К.В. Методы защиты тональных рельсовых цепей от влияния импульсных помех. Наука и прогресс транспорта [Текст] / К. В. Гончаров // Вестник Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта. Днепр: ДНУЖТ, 2012. № 41. С.191-196.
5. Кулик П.Д., Ивакин В.С., Удовиков А.А. Тональные рельсовые цепи в системах ЖАТ: постороение, регулировка, обслуживание, поиск и устранение неисправностей, повышение эксплуатационной надежности [Текст] / П.Д. Кулик, В.С. Ивакин, А.А. Удовиков //Киев: Издательский дом «Мануфактура», 2004. 288 с.
6. Системы автоматики и телемеханики на железных дорогах мира: учеб. [Текст]: пособие для студентов вузов железнодорожного транспорта / Андерс Э., Берндт Т., Довгий И. и др -.Москва: Интекст, 2010. 496 с.
7. Бардина Г.Д., Беленький Н.М., Ким Д.В., Мейстрик Р.К. О методике оценки качества рельсовых цепей, подверженным опасным влияниям // Исследование эксплуатационной надежности устройств автоматики, телемеханики и связи на железнодорожном транспорте. Сборник научных трудов. – Ташкент. – 1983. - С.55-58.
8. Анохов І.В., Бадьор М.П., Гаврилюк В.І., Сиченко В.Г. Про електромагнітну сумісність електрифікованих ліній постійного струму // Залізничний транспорт України. – 2000. –№ 2. – С. 10-12.

9. Порядок технічного обслуговування пристроїв сигналізації, централізації та блокування : СТП 13-005:2020: Затв. Гол. упр. зв'язку, енергетики та обчислювальної техніки М-ва транспорту України 18.06.2020. – Київ, 2020. – 120с.
10. Інструкція про порядок користування автоматичною локомотивною сигналізацією безперервного типу (АЛС) і пристроями контролю пильності машиніста на залізницях України: ЦТ-ЦШЕОТ-0027: Затв. Наказом Міністерства транспорту України 27.01.2000. - Київ, 2000. - 30с.
11. Сероштанов С.С. Методы и алгоритмы диагностирования технического состояния тональных рельсовых цепей [Электронный ресурс] / С.С. Сероштанов; ОмГУПС. – С., 2006. – Режим доступа: <https://www.dissercat.com/content/metody-i-algoritmy-dagnostirovaniya-tekhnicheskogo-sostoyaniya-tonalnykh-relsovykh-tsepei>
12. Казаков А.А., Казаков Е.А. Автоблокировка, локомотивная сигнализация и автостопы: Учебник для техникумов ж-д транспорта. 7-е изд. перераб. и доп. М.: Транспорт, 1980. — 360 с.