

**УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ**

**ФАКУЛЬТЕТ ІНФОРМАЦІЙНО-КЕРУЮЧИХ СИСТЕМ  
ТА ТЕХНОЛОГІЙ**

**Кафедра автоматики та комп'ютерного телекерування  
рухом поїздів**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

**до виконання практичних робіт з дисципліни**

***«ІННОВАЦІЙНІ СИСТЕМИ СИГНАЛЬНОГО АВТОРЕГУЛЮВАННЯ  
ТА БЕЗПЛОТНІ ПОЇЗДИ»***

**Харків – 2024**

Методичні вказівки розглянуто та рекомендовано до друку на засіданні кафедри автоматики та комп'ютерного телекерування рухом поїздів 2 лютого 2024 року, протокол № 6.

Описано методику вивчення та аналізу принципів побудови та дії колійних датчиків і локомотивних пристроїв, призначених для управління і забезпечення безпечного руху поїзда.

Методичні вказівки призначені для здобувачів вищої освіти другого (магістерського) рівня 174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка» усіх форм здобуття освіти, що вивчають курс дисципліни «Інноваційні системи сигнального авторегулювання та безпілотні поїзди» і на інших рівнях вищої освіти та напрямках (програмах) підготовки студентів та магістрантів за рішенням лектора.

Укладачі:

доценти А. А. Прилипко,

С. О. Змій

Рецензент

доц. О.О. Сосунов

## ЗМІСТ

Вступ.....	4
Практичне заняття 1. Неперервні прилади для місцезнаходження безпілотних поїздів.....	6
Практичне заняття 2. Кодові РК змінного струму.....	11
Практичне заняття 3. Рейкові кола тональної частоти.....	14
Практичне заняття 4. Точкові прилади для місцезнаходження безпілотних поїздів.....	19
Практичне заняття 5. Система АЛСН.....	26
Практичне заняття 6. Обробка кодового сигналу від рейкового кола на локомотиві.....	33
Практичне заняття 7. Передача або зчитування інформації з рухомого складу .....	42
Практичне заняття 8. Бортові датчики визначення місцезнаходження безпілотних поїздів та комп'ютерний зір .....	51
Практичне заняття 9. Системи автоведення поїздом.....	59
Практичне заняття 10. Особливості систем автоведення на високошвидкісних залізничних магістралях.....	61
Список літератури.....	75

## Вступ

Методичні вказівки розроблено з метою виконання практичних робіт з курсу «Інноваційні системи сигнального авторегулювання та безпілотні поїзди» (ІССАБП), а також надання допомоги до виконання індивідуальних завдань з наукових досліджень при навчанні та у випускних кваліфікаційних роботах для здобувачів вищої освіти другого (магістерського) рівня всіх форм навчання спеціальності 174 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка».

Порівняно з невеликими затратами коштів засоби автоматики та телемеханіки дозволяють підвищувати пропускну та провізну здатність залізничних ліній та значно збільшити виробництво та покращити умови праці залізничників, підвищити безпеку руху поїздів. Але як відомо основні цілі та задачі залізничної автоматики та телемеханіки (ЗАТ) та управління такі: найголовніша задача – це безпечне управління транспортними процесами; при цьому ці системи повинні забезпечувати оптимальне управління процесом перевезення пасажирів та вантажів.

Передумовою розробки та впровадження систем автоматизованого управління рухом поїздів (САУРП), є необхідність підвищення продуктивності праці в умовах інтенсифікації процесів перевезень, що значно ускладнювало роботу машиніста поїзда. Напруга та втомленість – основні людські фактори, через які відбуваються аварійні ситуації. За оцінками фахівців, причиною 90 % таких подій став людський фактор [1]. З огляду на це, виникла необхідність створення систем підтримки прийняття рішень, яка б знизила рівень навантаження на машиніста.

Розвиток безпілотних технологій на залізниці розпочався досить давно, ще 1957 року, коли було створено перший експериментальний комплекс автоведення для приміських поїздів. Для розуміння різниці між рівнями автоматизації для залізничного транспорту запроваджено градацію,

визначену у стандарті МЕК-62290-1. На відміну від автомобільного транспорту, залізничний має 4 ступені автоматизації, подані в таблиці 1.

Як показує світова практика, на прикладі автомобільної галузі, першим кроком в напрямку повністю автономного автомобіля, а в нашому випадку поїзда без екіпажу, важливу роль відіграє створення систем підтримки прийняття рішень (СППР) з використанням штучного інтелекту та комп'ютерного зору, які адаптуються до умов навколишнього середовища.

Таблиця 1 – Ступені автоматизації залізничного транспорту

Ступінь автоматизації	Тип управління поїздом	Управління поїздом під час руху	Зупинка поїзду	Закриття дверей	Управління при позаштатних ситуаціях
 1	Ведення машиністом	Машиніст	Машиніст	Машиніст	Машиніст
 2	Ведення машиністом з функцією автоведення	Автоматичне	Автоматичне	Машиніст	Машиніст
 3	Автоведення без машиніста	Автоматичне	Автоматичне	Провідник	Провідник
 4	Повністю безпілотне	Автоматичне	Автоматичне	Автоматичне	Автоматичне

Перед початком практичних занять здобувач повинен ознайомитися з цими методичними вказівками, а також опрацювати відповідні розділи теоретичного курсу за підручниками, конспектами лекцій та рекомендованою основною та додатковою літературою.

## **ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 1. Неперервні прилади для місцезнаходження безпілотних поїздів**

Основними засобами, які забезпечують безпеку руху та високу пропускну здатність залізниць є датчики, які фіксують рухомаю одиницю на залізничних коліях.

Одним з таких датчиків є рейкове коло (РК). У наш час найпоширенішими в Україні є так звані класичні рейкові кола, які працюють в діапазоні частот сигнального струму 25-75 Гц. Але ці рейкові кола є недосконалими та тому в майбутньому передбачається впровадження більш перспективних систем контролю за рухомаюю одиницею. Такими наразі є тональні рейкові кола, шлейфи, точкові колійні датчики, системи глобального позиціонування за допомогою GPS-навігації, одометри в поєднанні з системою радіоблокуванням.

### **Загальні відомості та режими роботи рейкових кіл**

Рейковим колом називається електричне коло, в якому як провідник струму використовуються ходові рейкові нитки залізничної колії. Основне призначення рейкових кіл (РК) полягає в автоматичному контролі стану ділянок шляху: зайняті вони рухомим складом або вільні та справні. Крім того, РК виконують функції контролю цілості рейкових ниток та в ряді систем автоблокування служать каналами зв'язку між прохідними світлофорами. У найпростішому вигляді РК складається з таких основних елементів (рисунок 1.1): рейкової лінії (РЛ) 11, обмеженою з обох сторін ізолюючими стиками 9 для розділення електричних сигналів суміжних РК; пристроїв живлення – акумулятора 3 та випрямляча 2, розміщених в батарейному шафі 1; апаратури релейного кінця, що містить приймач – колійне реле 16, розташоване в релейному шафі 15. Апаратура живлячого та

релейного кінців в релейних шафах з'єднується з кабельними стійками 7, 13 і далі сталевими тросами 8, 12 з рейковими нитками.

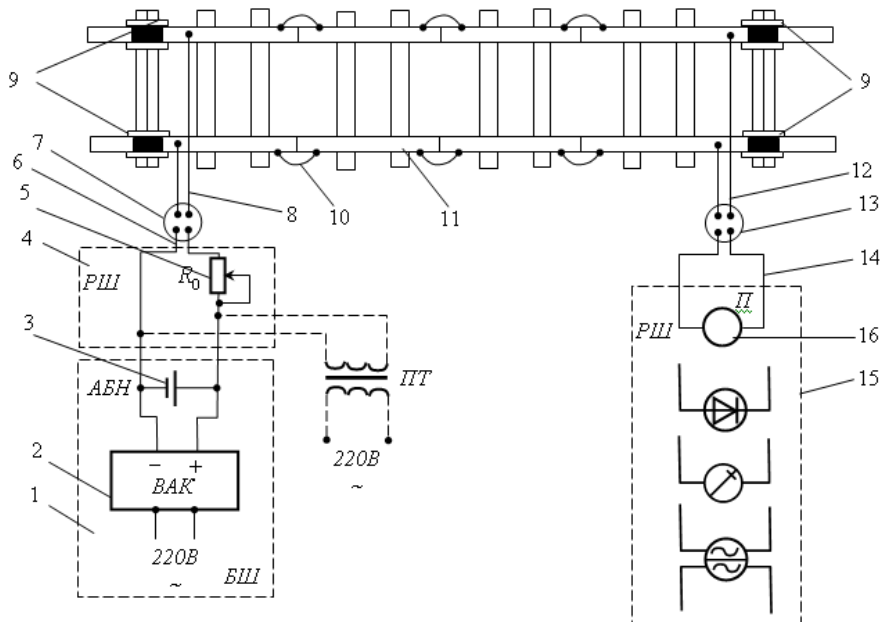


Рисунок 1.1 – Узагальнена схема рельсового кола

Рейкові кола працюють в таких режимах:

1 Нормальний режим (рисунок 1.2, а) – рейкове коло вільне від рухомого складу, колійне реле перебуває під струмом, якір реле притягається до сердечника або працює в імпульсному режимі;

2 Шунтовий режим (рисунок 1.2, б) – рейкове коло зайняте рухомим складом або на рейкове коло накладено шунт, колійне реле знеструмлене (якір реле опущений);

3 Режим автоматичної локомотивної сигналізації (АЛС) – створюється при вступі поїзда на вхідний кінець РК. У цьому режимі струм в рейках під приймальними котушками локомотива повинен бути не менше розрахункового залежно від виду тяги. При цьому режимі інформація про стан, що лежить попереду блок-ділянок на перегоні, або про стан приймально-відправних колій на станції передається на локомотив.

4 Контрольний режим (рисунок 1.2, в) – перевіряється цілісність рейкових ниток. При несприятливих умовах (злам рейки та інше) колійне реле знеструмлюється.

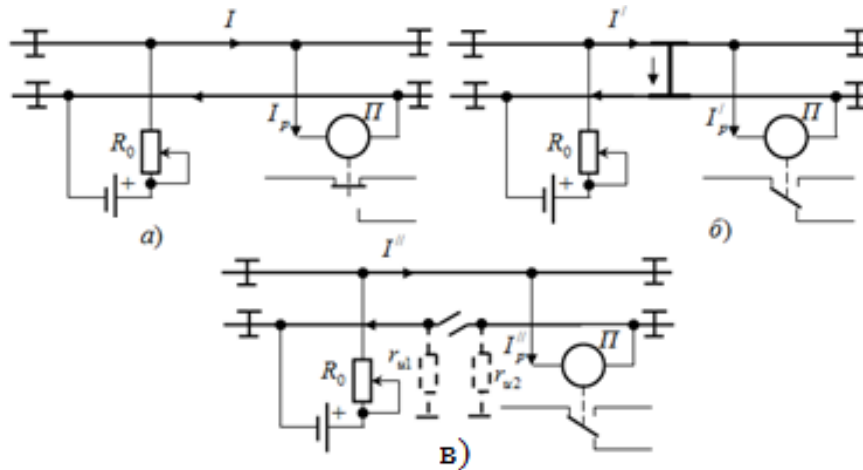


Рисунок 1.2 – Робота рейкового кола в нормальному (а), шунтовому (б) та контрольному (в) режимах

Для нормальної роботи колійного приймача необхідно правильно обрати потужність та напругу джерела живлення, з урахуванням втрати енергії на окремих ділянках РК. Якщо відомі параметри апаратури релейного кінця, то напруга  $U_k$  та  $I_k$  наприкінці РЛ можна вважати відомими величинами, а напруга  $U_n$  та  $I_n$  на початку РЛ розраховуються по відомим формулам:

$$U_n = U_k \operatorname{ch} \gamma l + I_k Z_\beta \operatorname{sh} \gamma l;$$

$$I_n = \frac{U_k}{Z_\beta} \operatorname{sh} \gamma l + I_k \operatorname{ch} \gamma l,$$

де  $l$  – довжина рейкової лінії;

$$\gamma = \sqrt{z/r_u} \quad \text{– коефіцієнт розповсюдження хвилі};$$

$$Z_\beta = \sqrt{z r_u} \quad \text{– хвильовий опір (Ом)};$$



$z$  – питомий опір рейкової петлі (Ом/км);

$r_{и}$  – питомий опір ізоляції (баласту) між рейковими нитками Ом\*км.

$U_k$  – напруга наприкінці рейкової лінії

Як бачимо з рівнянь, зміна напруги та струму в РЛ визначається її електричними параметрами: опором ізоляції  $r_{и}$  та опором рейкової петлі  $z$ . Як в будь-якій лінії зв'язку та електропередачі, в РЛ ці величини називають первинними параметрами. Особливістю РЛ є її низький опір ізоляції  $r_{и}$ .

Опір  $z_v$  хвильовий опір та  $Y$ -коефіцієнт розповсюдження хвилі називають вторинними параметрами РЛ.

При розрахунках в довідковій літературі первинні параметри представляють питомими величинами, віднесеними до одного кілометра довжини РК. Вони позначаються маленькими літерами та мають такі розмірності: ( $Z$ ) Ом/км, ( $r_{и}$ ) Ом\*км. Реальні опори ізоляції  $r_{и}$  та петлі  $z$  для конкретної довжини рейкової лінії  $l$  при відомих їх питомих значеннях визначаються по формулам, Ом:

$$R_u = \frac{r_u}{l}; \quad Z = z l.$$

Нормативні значення опору ізоляції  $r_{и}$ .

Багаторічним досвідом експлуатації встановлено, що при слабкому забрудненні поверхні та старих дерев'яних шпалах мінімальні питомі опори ізоляції при використанні різних матеріалів баласта знаходяться в таких межах:

- для щебня – 2 Ом\*км;
- для гравію – 1,5 Ом\*км;
- для піщаного – 1 Ом\*км.

Опір ізоляції залежить від стану баласту та приймає такі значення:

- при мокрому баласті – 1 Ом\*км;
- при вологому баласті – 2 Ом\*км;

- при сухому слабо промерзлому баласті –  $50 \text{ Ом} \cdot \text{Км}$ ;
- при сильно промерзлому баласті –  $50 \dots 100 \text{ Ом} \cdot \text{км}$ .

Основним типом РК, які застосовуються на перегонах з автономною тягою, є РК постійного струму з імпульсним живленням. Переваги імпульсних РК – це проста у виготовленні та як результат не велика вартість. Вони споживають малу потужність та забезпечують можливість їх резервування від акумуляторів, що особливо важливо для ділянок з ненадійним електропостачанням.

### **Контрольні запитання для самопідготовки**

- 1 Конструкція та принцип дії РК.
- 2 Що належить до первинних параметрів РЛ.
- 3 Що належить до вторинних параметрів РЛ.
- 4 Описати режими роботи РК.
- 5 Особливості роботи імпульсних РК постійного струму.
- 6 Для чого та на яких ділянках залізниць імпульсні РК постійного струму використовують?
- 7 Переваги та недоліки імпульсних РК постійного струму.

## ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 2. Кодові РК змінного струму

На перегонах при електротязі на постійному струмі встановлюють кодову РК змінного струму частотою 50 Гц (рисунок 2.1), яка служить для контролю стану блок-ділянок, забезпечуючи бездротовий зв'язок між показаннями попутних прохідних світлофорів та передачі на локомотив кодів АЛС. Основними елементами такої РК є: шляховий трансформатор ПТ; обмежувач; дросель-трансформатори ДТ-0, 6 і ДТ-0, 2; трансмітерне реле Т; кодовий колійний трансмітер КПТ; конденсатори С, які служать для компенсації реактивної складової струму та зменшення споживаної потужності від колійного трансформатора; фільтр ЗБФ-1, слугує для захисту колійного реле І від гармонік тягового струму і обмеження на ньому напруги при короткому замиканні ізолюючих стиків; імпульсне колійне реле І, яке приймає кодові сигнали з рейкової лінії; дешифратор ДШ; нейтральні реле Ж та З апаратура кодування, що складається зі схеми кодування (СК), кодового колійного трансмітера (ККТ), трансмітерного реле (Т), що має свій блок-контакт в первинному колі кодового трансформатора (КТ), вторинна обмотка якого підключена до рейкового кола через дросель трансформатор ДТ1. Трансмітер перетворює сигнальні показання колійного світлофора у відповідну комбінацію числового імпульсного коду, який складається з певного числа імпульсів та пауз різної тривалості (рисунок 2.2, таблиця 2.1).

При короткому замиканні ізолюючих стиків відбувається потрапляння в рейкове коло даної блок-дільниці кодових сигналів із суміжної блок-дільниці, що загрожує безпеці руху поїздів. Шляхом чергування трансмітерів в кожній сигнальній установці перегону досягають необхідний зсув за часом проходження кодових імпульсів в суміжних рейкових колах та захист від впливу кодових сигналів із суміжних блок дільниць.

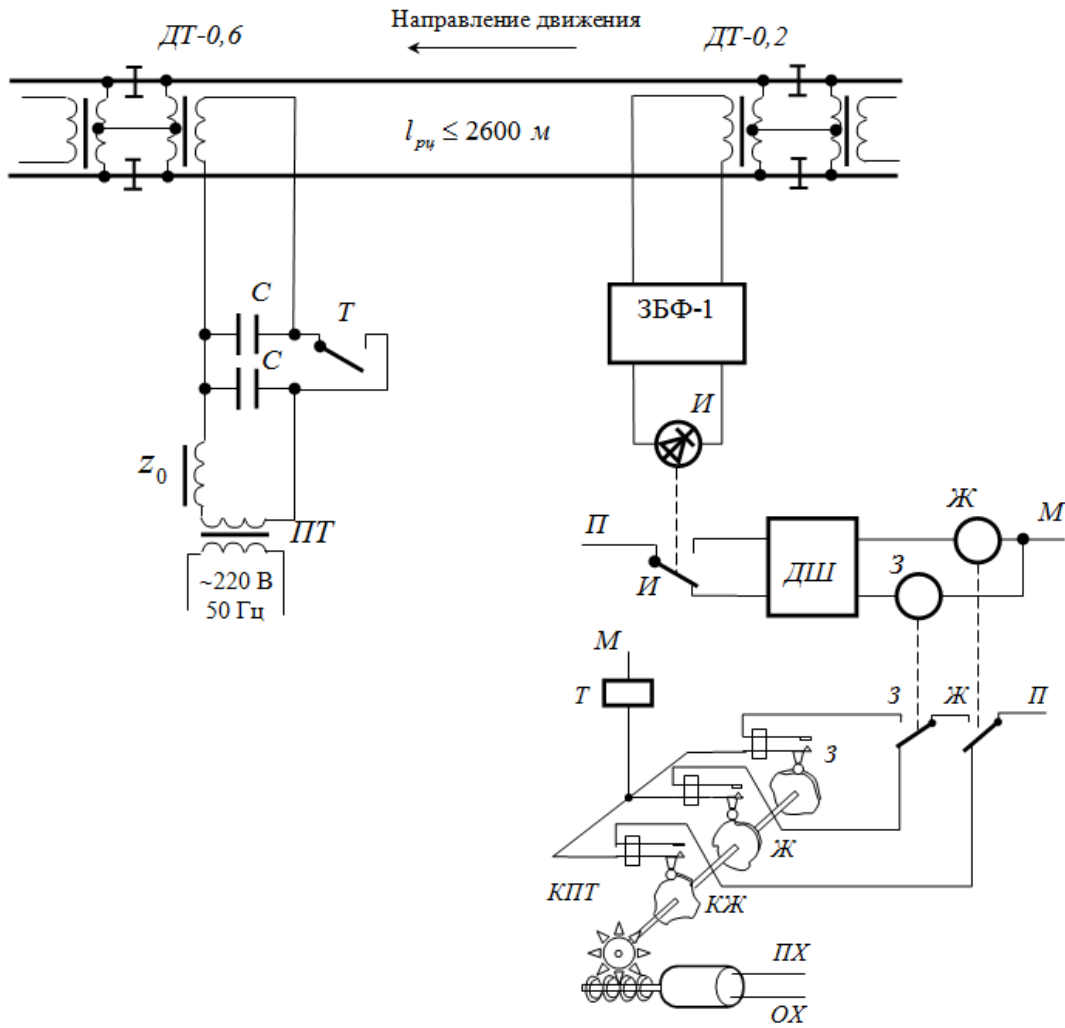


Рисунок 2.1 – Схема кодового рейкового кола змінного струму частотою 50 Гц

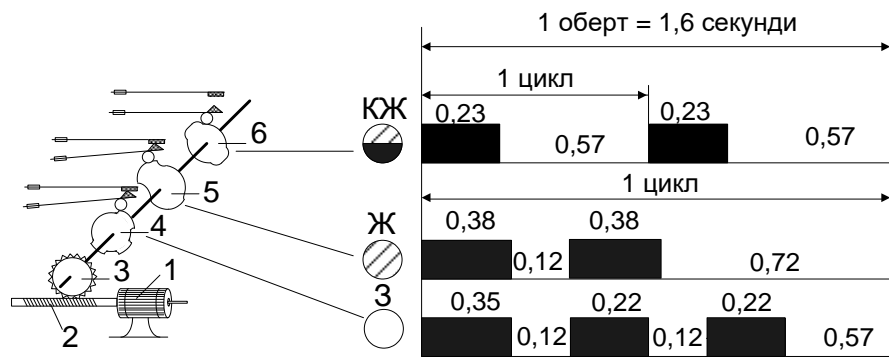
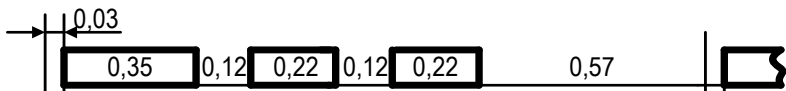

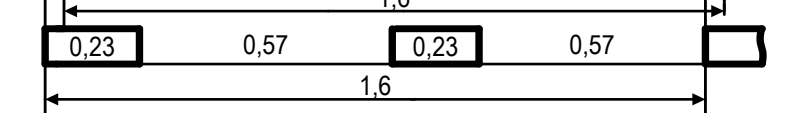
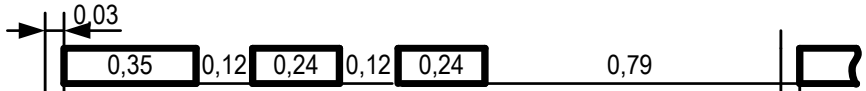

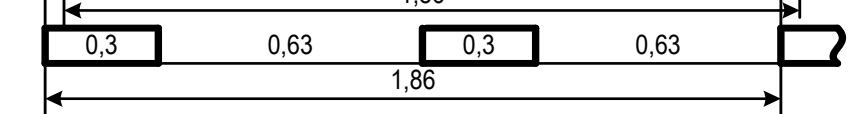
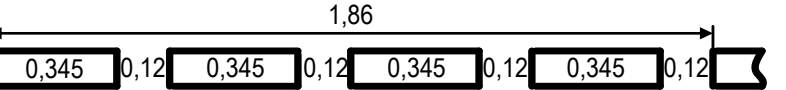
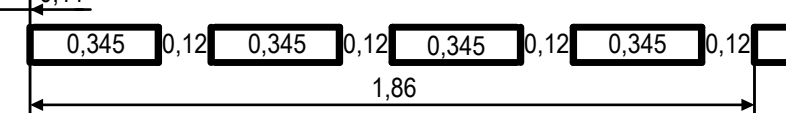
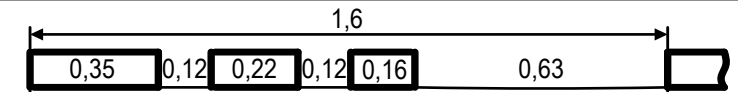




Рисунок 2.2 – Конструкція та характеристики кодового колійного трансмітера типу КПТШ-515

Таблиця 2.1 – Часові характеристики трансмітерів

Тип трансмітера	Позначення кода	Тривалість імпульсів та інтервалів
КПТШ-5 (КПТШ-515)	„З”	
	„Ж”	
	„ЧЖ”	
КПТШ-8 (КПТШ-815)	„З”	
	„Ж”	
	„ЧЖ”	
КПТШ-10 (КПТШ-1015)	„А1”	
	„А2”	
КПТШ-11 (КПТШ-1115)	„З”	
	„Ж”	
	„КЖ”	

### Контрольні запитання для самопідготовки

- 1 Де застосовують кодові РК змінного струму частотою 50 Гц.
- 2 Які функції виконують кодові рейкові кола?
- 3 Як впливає на шунтову чутливість та чутливість до пошкодження рейки режим живлення рейкового кола (безперервний та імпульсний)?
- 4 Призначення обмежувального опору на живильному кінці.
- 5 Конструкція та пристрій ЗБФ-1.

6 Призначення компенсуючих ємностей на живильному кінці РК.

7 Які основні переваги рейкових кіл змінного струму частотою 25 Гц порівняно з рейковими колами змінного струму, що працюють на інших частотах?

8 Чому як обмежувач в апаратурі живильного кінця застосовується активний, а не реактивний опір?

9 Особливості конструкції магнітопроводів дросель-трансформаторів ДТ-0,6 та ДТ- 0,2.

### **ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 3. Рейкові кола тональної частоти**

Рейковими колами тональної частоти, або тональними рейковими колами (ТРК), називають клас рейкових кіл, частота сигнального струму яких знаходиться в діапазоні тональних частот. Сигнальні струми ТРК являють собою амплітудно-модульовані сигнали, в яких несучі синусоїдальні частоти модулюються сигналами низької частоти 8 та 12 Гц. Таким чином, як відмінні ознаки сигнального струму використовуються значення несучої та частоти модуляції.

Необхідно відзначити, що ТРК та їх апаратура розвивалися досить динамічно і зазнала при цьому великі зміни як за принципом побудови та технічної реалізації, так і відносно до оптимізації їх характеристик.

На першому етапі (в системі ЧАБ) при використанні РК з ізолюючими стиками та відносно низькими частотами (125–375 Гц) дало змогу використовувати відомі методи синтезу і розрахунку рейкових кіл. Класична побудова РК (живлення на вихідному кінці РК, а приймальня апаратура – на вхідному) та використання загального сигналу для контролю стану РК і передачі інформації привели до необхідності застосування

гетеродинного приймача, суттєвого ускладнення схеми й збільшення обсягу апаратури.

Надалі в ТРК функції передачі інформації між світлофорами та на локомотив були вимкнені. Крім того, істотно змінилася структура ТРК – в системі ЦАБ вперше були застосовані РК без ізолюючих стиків з живленням двох суміжних РК від одного генератора. Така структура ТРК привела до істотного спрощення схеми, зменшення обсягу апаратури та числа жил з'єднувального кабелю. Однак відсутність ізолюючих стиків заважала розробленню нових методів для оптимізації параметрів та для розрахунку зони додаткового шунтування необмежених РК.

Захист від взаємного впливу РК здійснюється чергуванням частот генераторів та застосуванням на приймальному кінці фільтрів для поділу цих частот. Для підвищення захищеності від гармонік тягового струму та захисту від впливу РК паралельного шляху застосовується амплітудна модуляція сигнального струму з різною частотою модуляції.

Схема тонального рейкового кола з двома суміжними ТРК на станції наведена на рисунку 3.1.

В апаратурі третього покоління, що застосовується при будь-яких видах тяги та на ділянках з нормальним і зниженим опором баласту, були декілька змінені частоти, оптимізовані параметри апаратури, підвищена перешкодозахищеність приймальних пристроїв, істотно скорочено кількість апаратури й її габарити. В системі АБТ ці рейкові кола отримали найменування ТРК3 (рисунок 3.2). Найбільшим недоліком ТРК3 є відсутність чіткого фіксування меж блок ділянок [2].

Для усунення цього недоліку було вирішено створити нову систему тональної частоти четвертого типу ТРК4 з малою величиною зони додаткового шунтування (рисунок 3.3).

Апаратура першого та другого поколінь мала у своєму складі генератор амплітудно-модульованих сигналів, підсилювач, шляховий трансформатор для настройки напруги живлення ТРК залежно від її довжини та

величини мінімального питомого опору баласту, фільтр живлячого кінця. В подальшому в рейкових колах ТРК3 та ТРК4 ці блоки були об'єднані в один блок генератора (ГК), а фільтри стали виконувати нові функції.

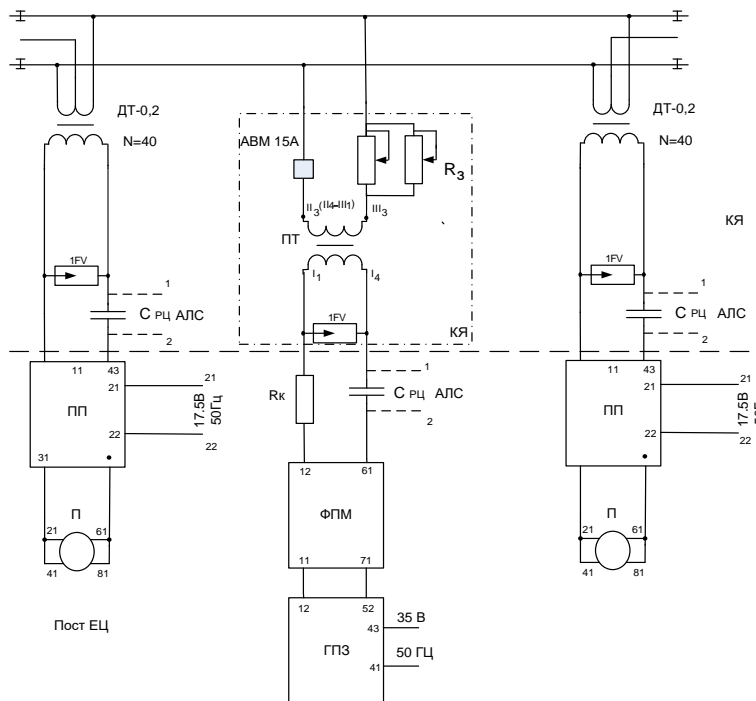


Рисунок 3.1 – Схема тонального рейкового кола на станції

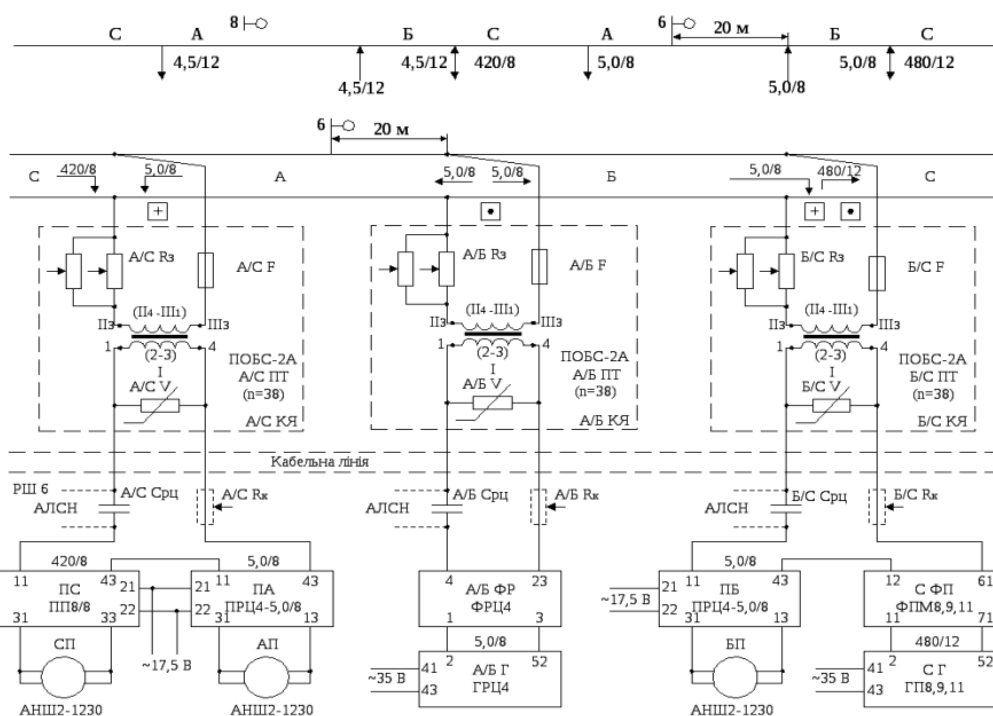


Рисунок 3.2 – Схема тонального рейкового кола на перегоні ТРК3



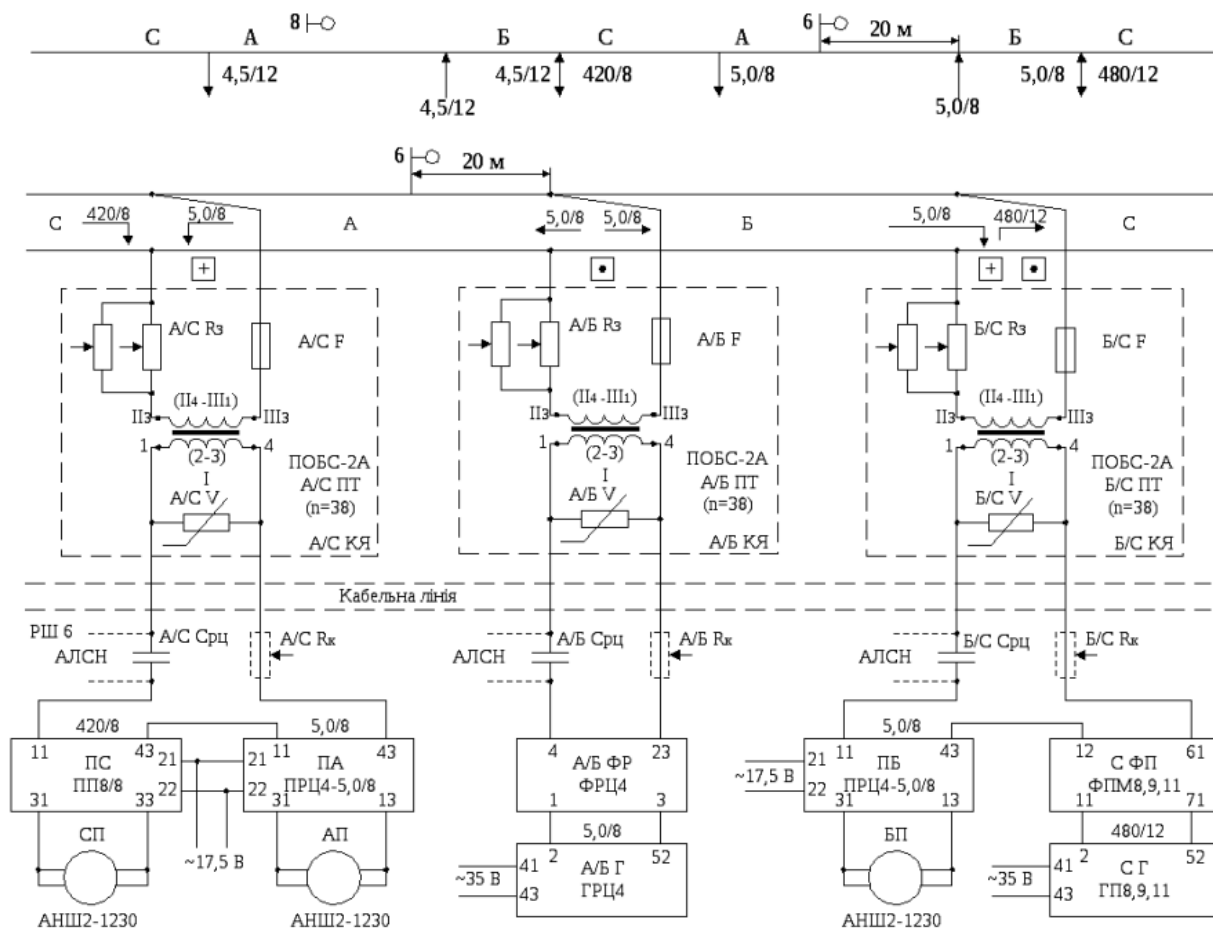


Рисунок 3.3 – Схема тонального рейкового кола на перегоні ТРК4

Розглянемо принцип дії самої системи автоблокування с тональними частотами на прикладі ТРК3. Генератор колійний ГКЗ призначений для формування та підсилення амплітудно-модульованих (АМ) сигналів у діапазоні від 420 Гц до 780 Гц. ГК формують та підсилюють АМ сигнали із 100 % маніпуляцією та синусоїдальною формою несучої частоти. Генератор містить такі функціональні вузли: вторинне джерело живлення, генератор несучих частот, генератор частот модуляції та маніпулятор, попередній підсилювач потужності, вихідний підсилювач потужності. Шляхом перебудови зовнішніх з'єднувачів генератора стає можливим використовувати весь спектр необхідних частот.

Колійні фільтри ФП виконують такі функції: захист вихідних кіл колійного генератора від впливу струмів АЛС; тягового струму та перенапруг, що виникають в РК; забезпечення необхідного по умовам роботи рейкових кіл зворотного вхідного опору апаратури живлячого кінця РЛ; гальванічне розділення вихідного кола генератора від кабелю. Фільтр складається з послідовного резонансного контуру, який підбором ємності налаштовують на відповідну частоту. Випускають два типа фільтрів: ФП8,9,11 та ФП11,14,15. Перший з них використовують при передачі сигналів з несучими частотами 420,480 або 580 Гц, а другий – 580, 720 або 780 Гц. Колійні приймачі КП призначені для прийому та дешифрування амплітудно–модульованих сигналів та керування колійним реле у відповідності з рівнем цього сигналу. При справному та вільному ТРК напруга на вході КП дорівнює напрузі надійного спрацювання.

Основні переваги ТРК.

1 ТРК можуть працювати без найвразливішого елемента РК – ізолюючих стиків. При цьому виключається необхідність встановлення дроселів трансформаторів для пропуску тягового струму та покращуються умови для його протікання.

2 Через менший вплив гармонік тягового струму на діапазон частот, що застосовуються в ТРК, дозволило підвищити перешкодозахищеність ТРК, зменшити споживання потужності та розміри фільтрів.

3 Можливість віддалити апаратуру від рейкової лінії.

4 Підвищення надійності та довговічності завдяки відмові від використання контактних реле, що працюють в імпульсному режимі.

5 Можливість роботи на ділянках зі зниженим опором баласту.

6 Можливість *живлення* двох суміжних РЦ від одного загального джерела

Недоліками ТРК є наявність зони додаткового шунтування та мала гранична довжина.

## **Контрольні запитання для самопідготовки**

- 1 Які недоліки класичних РК є передумовами до впровадження ТРК?
- 2 Які бувають типи тональних рейкових кіл?
- 3 Для чого сигнальний струм модулюють частотами 8 та 12 Гц?
- 4 Які переваги тональних рейкових кіл?
- 5 Які недоліки тональних рейкових кіл?

## **ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 4. Точкові прилади для місцезнаходження безпілотних поїздів**

Точковий колійний датчик рахунку осей (ТКД) – це колійний датчик, який використовується в пристроях рахунку або фіксації осей, що забезпечує видачу інформації про те, що через контрольовану датчиком точку (зону) пройшла окрема вісь (колесо колісної пари) рухомого складу. ТКД застосовується в багатьох системах управління рухом поїздів на залізничному транспорті і при цьому в більшості випадків є незамінним їх елементом.

Широкого поширення в системах залізничної автоматики та телемеханіки в Україні отримав ТКД – безконтактна магнітоіндукційна педаль ПБМ-56. Датчики призначені для застосування в пристроях ПОНАБ, ДИСК, ГАЦ [3,4].

Залежно від швидкості проходу колеса  $V$  ЕРС  $E$  та тривалості сигналу  $t$  змінюється таким чином (рисунок 4.1)

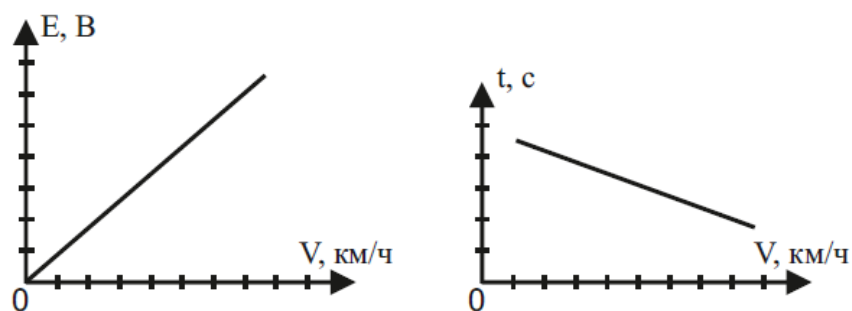


Рисунок 4.1 – Залежність ЕРС  $E$  та тривалості сигналу  $t$  від швидкості проходу колеса  $V$

$$E = W \frac{d\Phi}{dt}, \quad (4.1)$$

$$V = \frac{dx}{dt}, \quad (4.2)$$

$$E = -WV \frac{d\Phi}{dx}, \quad (4.3)$$

де  $E$  – електрорушійна сила, яка наводиться в котушці;

$\Phi$  – магнітний потік, що зчіплюється з котушкою;

$x$  – координата переміщення колеса;

$V$  – швидкість реборди колеса.

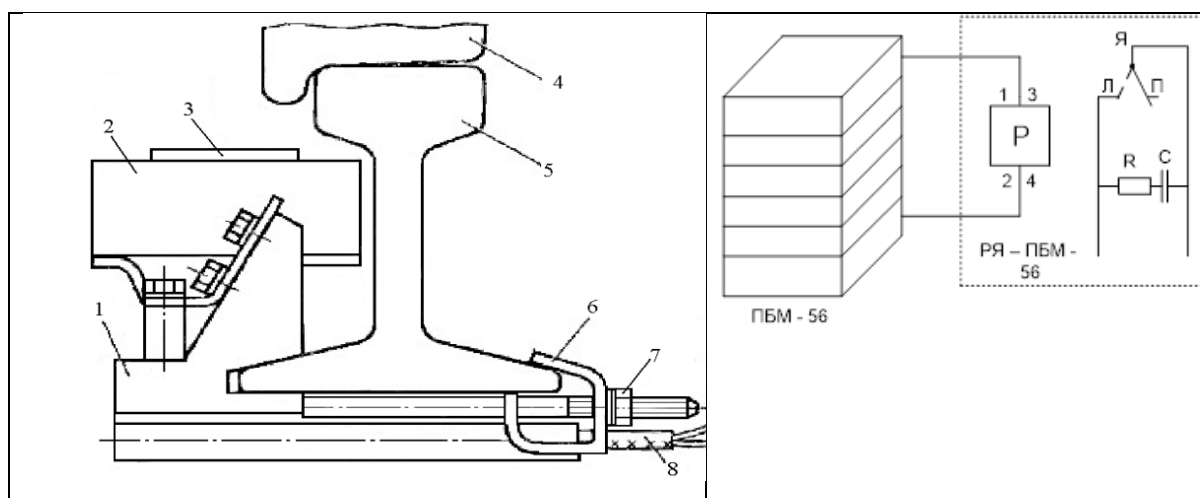


Рисунок 4.2 – Конструкція датчика ПБМ-56

Технічна характеристика датчика ПБМ-56:

- датчик встановлюється на всіх типах рейок;
- з'єднується з виконавчим елементом двома жилами кабелю, діаметром 0,9 мм, довжиною до 4 км;
- надійна робота з релейним педальним осередком забезпечується при швидкості коліс від 1,5 до 30 км/год, з електронною схемою – від 1,0 до 200 км/год;
- температура від -40 до +60 °С;
- маса 7,5 кг.

### **Датчик електронний фіксації проходу колісних пар ДЕ-96**

**ПРИЗНАЧЕННЯ.** Датчики ДЕ-96 призначені для формування імпульсу електричного струму в момент фіксації проходу колеса рухомої одиниці[3].

Датчики при відповідному підключенні призначені для застосування в пристроях ПОНАБ, ДИСК, ГАЦ взамін ПБМ 56.

**УМОВИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ.** 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 mm Hg). Механічні навантаження згідно групи МС5 РД32 ЦШ 03.07-90.

**ТЕХНІЧНІ ДАНІ.** Напруга живлення датчиків від 10 до 24 V. Струм споживання в режимі очікування від 2 до 4 mA. Струм споживання в режимі фіксації колеса рухомої одиниці від 15 до 25 mA.

Чутливість становить не менше 20 mm від поверхні датчика до реборди колеса при швидкості рухомого складу від 1 до 160 km/h.

Опір ізоляції між корпусом датчика та електричними виводами повинен бути не менше 20 MΩ при температурі 20 °С і відносній вологості 80 %.

У режимі очікування струм споживання датчика ДЕ-96 становить 2-4 мА. При проходженні колісної пари рухомої одиниці струм споживання збільшується до 15-25 мА, який фіксується.

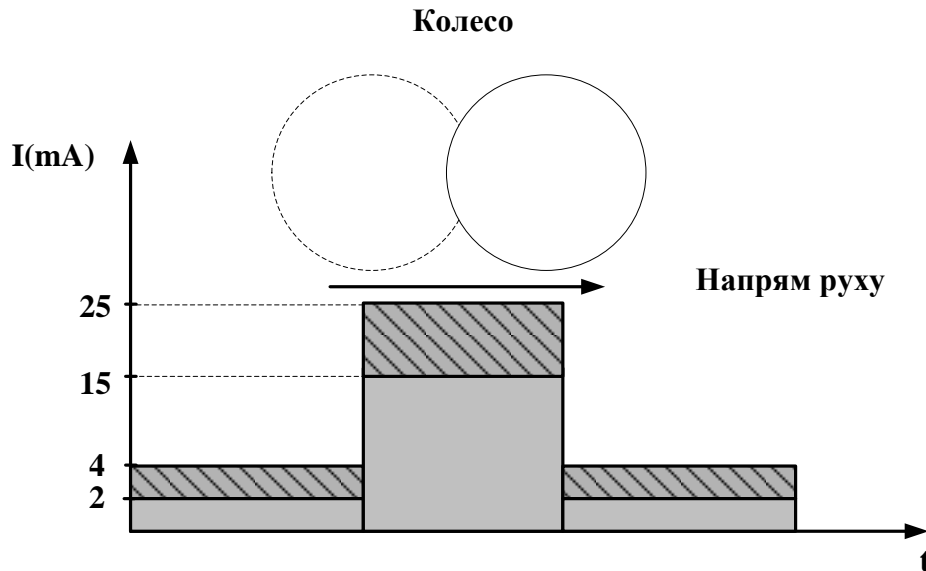


Рисунок 4.3 – Зміна електричних параметрів датчика при проходженні колеса зони спрацювання ТКД

Рівень номінальної напруги на датчиках повинен бути  $12\text{ В} \pm 1\text{ В}$ . Експлуатувати датчики дозволено при температурі навколишнього середовища від  $-40$  до  $+60$  градусів Цельсія при рівні відносної вологості до 100 % та рівні атмосферного тиску в межах 66-106,7 кПа і при механічних навантаженнях, що відповідають групі МС5 РД32 ЦШ 03.07-90.

### **Високоточні колійні датчики для визначення положення осі колеса (датчики серії ДПД)**

Колійні датчики серії ДПД розроблені для точної фіксації моменту проходження осі колеса залізничної рухомої одиниці відносно центру датчика та призначені для використання в пристроях і системах залізничної автоматики та автоматики метрополітену (рисунок 4.4).



Рисунок 4.4 – Точковий колійний датчик серії ДПД

**ПЕРЕВАГИ.** Висока стабільність визначення моменту проходу осі симетрії колеса через реперну точку датчика для всіх рухомих одиниць поїзда.

Завадозахищеність від зовнішніх електричних та магнітних полів, у тому числі нечутливість до тягових струмів і імпульсних перешкод, створюваних іскровими розрядами.

Підвищена стійкість до вібраційних та ударних навантажень на рейку.

Незалежність амплітуди вихідного сигналу та зони чутливості датчика від швидкості руху поїзда.

Велика номенклатура датчиків, що виробляються, з широким спектром функцій, реалізованих у рамках єдиного інтерфейсу. Це дозволяє розробникам систем керування вирішувати найрізноманітніші завдання контролю параметрів рухомого складу на рейках, використовуючи однотипну апаратуру узгодження і обробки сигналів цих датчиків.

Швидка та легка установка на рейку, яка не потребує різання, зварних і свердлильних робіт.

**ЗАСТОСУВАННЯ.** Визначення положення осі колеса рухомого складу щодо датчика (для синхронізації вимірювальної апаратури).

Підрахунок кількості осей рухомого складу.

Визначення параметрів рухомого складу (наявність поїзда на ділянці вимірювання, напрямок руху, швидкість, прискорення).

Взаємне положення сигналів датчика по виходах  $I_1$ ,  $I_2$  ( $U_1$ ,  $U_2$ ) при проходженні поїзда в напрямку від першого чутливого елемента до другого показано на рисунку 4.5.

Діапазон 1:  $I \geq 18$  мА, ( $U \geq 9$  В) – датчик не встановлено на рейку.

Діапазон 2:  $14$  мА  $\leq I \leq 17$  мА, ( $7$  В  $\leq U \leq 8,5$  В) – датчик встановлений на рейку відповідно до вимог монтажного креслення, колесо в зоні чутливості датчика відсутнє.

Діапазон 3:  $2$  мА  $\leq I \leq 11$  мА, ( $1$  В  $\leq U \leq 5,5$  В) – датчик встановлений на рейку відповідно до вимог монтажного креслення, колесо знаходиться в зоні чутливості датчика.

Діапазон 4:  $I \leq 1,0$  мА, ( $U \leq 2$  В) – несправність кабелю або елементів датчика.

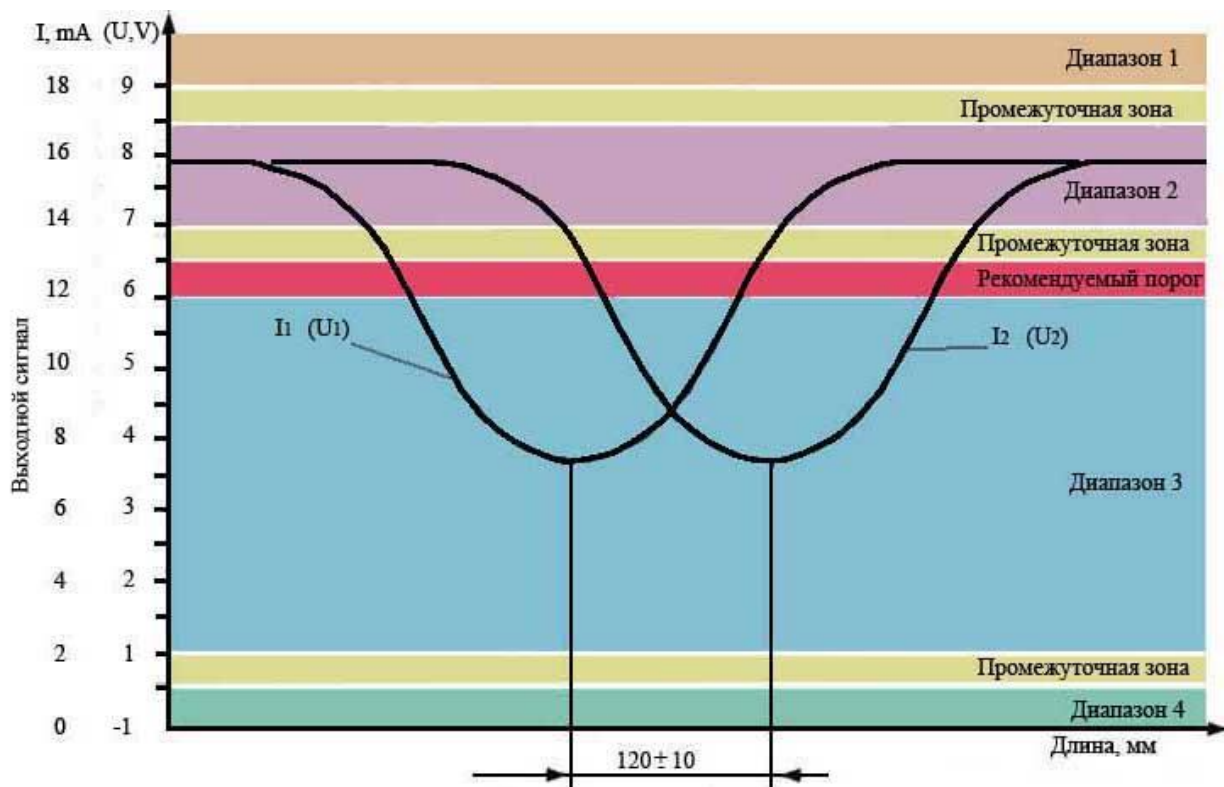


Рисунок 4.5 – Взаємне положення сигналів датчика



Особливості датчика:

- датчик реагує на момент проходження осі колеса над віссю симетрії датчика. Його реакція не залежить від швидкості поїзда (в діапазоні швидкостей від 0 до 300 км/год), діаметра колеса та відстані від поверхні датчика до поверхні кочення рейки;
- похибка фіксації моменту проходження осі колісної пари над віссю симетрії датчика не більше 10 мм;
- датчик забезпечує високоточне вимірювання швидкості проходження кожної осі поїзда та безпомилкове розпізнавання осності кожної рухомої одиниці за обчисленими міжосьовим відстаням;
- конструкція вузла кріплення датчика забезпечує надійне кріплення датчика до підшви рейки із забезпеченням розв'язки від впливу ударів та вібрацій.

### **Контрольні запитання для самопідготовки**

- 1 Які недоліки класичних РК є передумовами до впровадження ТКД?
- 2 Які системи використовують ТКД в Україні?
- 3 Який принцип дії ТКД ПБМ 56?
- 4 Яким чином працює АЛСН при застосуванні ТКД на ділянках залізниць з низьким опором баласту?
- 5 Який принцип дії ТКД ДЕ-96?
- 6 Який принцип дії ТКД ДПД?

## ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 5. Система АЛСН

Головною задачею пристроїв залізничної автоматики та телемеханіки по забезпеченню безпеки руху поїздів є створення умов, за яких виключається можливість зіткнення поїздів з перешкодою або схід поїзда з рейок при перевищенні заданої швидкості чи порушенні цілісності рейок.

Необхідно, щоб швидкість у кожній точці відповідала необхідному гальмівному шляху до перешкоди, якою може бути потяг, що їде попереду, світлофор із заборонним показанням, відкритий переїзд та інше. Також необхідно, щоб швидкість даного поїзда в кожній точці дороги була рівна або менше максимально дозвільної на даній ділянці швидкості відповідно до конструкційної швидкості вагонів, що входять до складу поїзда, а також з врахуванням постійного або тимчасового обмеження колійної швидкості.

Автоматична локомотивна сигналізація неперервного типу (АЛСН) є складовою частиною системи інтервального регулювання рухом поїздів (ІРРП). При застосуванні числової кодової системи автоблокування сигнали останньої є одночасно сигналами АЛСН. У разі застосування інших систем автоблокування їх доповнюють пристроями кодування для забезпечення роботи АЛСН. На теперішній час традиційними системами АБ та АЛСН обладнано біля 60 % перегонів залізниці України.

Система АЛСН складається з окремих підсистем, які автономно або в сукупності вирішують певні експлуатаційні завдання. Такими підсистемами є: автоматична локомотивна сигналізація (АЛС), контроль швидкості (точковий та безперервний), контроль пильності (однократний та періодичний).

Використання пристроїв АЛС покращує ряд показників систем залізничної автоматики та телемеханіки, а саме, збільшується безпека руху поїздів, поліпшуються умови праці машиніста, особливо при великих швидкостях та поганій видимості (дощ, сніг, туман), підвищується

пропускна спроможність ліній за рахунок кращих умов для виконання графіка руху поїздів при поганій видимості колійних сигналів, з'являється можливість забезпечення високих швидкостей на відповідним чином підготовлених ділянках залізниць.

За способом передачі інформації з колії на локомотив системи АЛС можуть бути точкові та неперервні. Точкову систему АЛСТ обмежено застосовують на ділянках із напівавтоматичним блокуванням на підходах до станцій. Передача інформації відбувається в окремих точках, які звичайно містяться на відстані гальмового шляху від вхідного світлофора. За допомогою приладів точкової АЛС здійснюється автоматична сигналізація, що повторює показання вхідного світлофора, а також забезпечує автоматичне гальмування перед ним, якщо машиніст загубив пильність та сам не вживає своєчасних заходів до гальмування.

У неперервній системі АЛСН сигнальні показання колійних світлофорів автоблокування передаються в кабіну машиніста неперервно при прямованні поїзда перегonom. Інформація з колії на локомотив передається по індуктивному каналу з використанням числового коду. Така система одержала назву неперервної автоматичної локомотивної сигналізації числового коду.

Система АЛСН застосовується як додатковий засіб регулювання руху поїздів на дільницях, обладнаних автоблокуванням. Необхідність такого рішення пояснюється тим, що на дільницях, які обладнані пристроями автоблокування, безпека руху залежить від здатності машиніста правильно визначати показання колійних світлофорів. В умовах поганої видимості або внаслідок хворобливого стану машиніст може втратити пильність, проїхати червоний вогонь світлофора, через що станеться аварія. Для виключення такої ситуації застосовується система АЛСН.

При цьому безпека руху забезпечується за рахунок неперервного прийому на локомотив інформації з колії про показання колійного

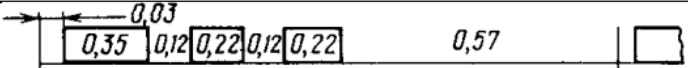
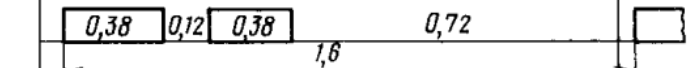
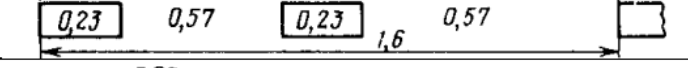
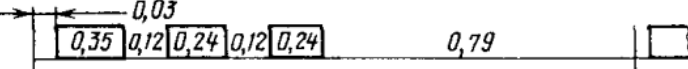
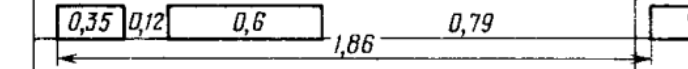
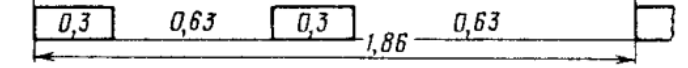
світлофора, до якого наближається поїзд, та контролю пильності машиніста в зоні зближення з перешкодою. При цьому автостоп автоматично зупиняє поїзд, якщо машиніст порушує умови безпеки.

Для забезпечення роботи АЛСН безперервно на шляху руху поїзда передбачається кодування рейкових кіл маршрутів прямування по головних коліях станцій. У маршрутах прямування по бічних коліях станції рейкові кола кодуються в тому разі, якщо по цих коліях передбачене прямування поїздів без зупинки. Звичайно в цих маршрутах використовуються стрілочні переводи з положистими марками хрестовин.

Усі пристрої, які входять до складу АЛСН можна поділити на колійні (ті, що передають кодовий сигнал) та локомотивні (ті, що сприймають кодовий сигнал). У кожного прохідного світлофора (ПС) в релейній шафі встановлюється колійна апаратура кодування, що складається зі схеми кодування (СК), кодового колійного трансмітера (ККТ), трансмітерного реле (Т), що має свій блок-контакт в первинному колі кодового трансформатора (КТ), вторинна обмотка якого підключена до рейкового кола через дросель трансформатор ДТ1 [5]. Трансмітер перетворює сигнальні показання колійного світлофора у відповідну комбінацію числового імпульсного коду, який складається з певного числа імпульсів та пауз різної тривалості (таблиця 5.1).

У склад локомотивних пристроїв АЛС (рисунок 5.1) входять приймальні котушки (ПК), фільтр (Ф), локомотивний підсилювач (УЛ) з імпульсним реле (И), блок дешифратора (ДШ), електропневматичний клапан автостопа (ЭПК), локомотивний світлофор (ЛС), локомотивний швидкостемір (СКР), рукоятка (кнопка) пильності (РБ), кнопка (ВК) для запалювання на локомотивному світлофорі білого вогню замість червоного, а також тумблер (перемикач) ДЗ для зміни інтервалу часу періодичної перевірки пильності машиніста [6].

Таблиця 5.1 – Часові характеристики числових кодів, що виробляються трансмітерами типів ККТ-5, ККТ-8 і ККТ-7, ККТ-9

Тип трансмітеру	Позначення коду	Тривалість імпульсів та інтервалів, с
ККТШ-5 ККТШ-8	З	
	Ж	
	ЧЖ	
ККТШ-7 ККТШ-9	З	
	Ж	
	ЧЖ	

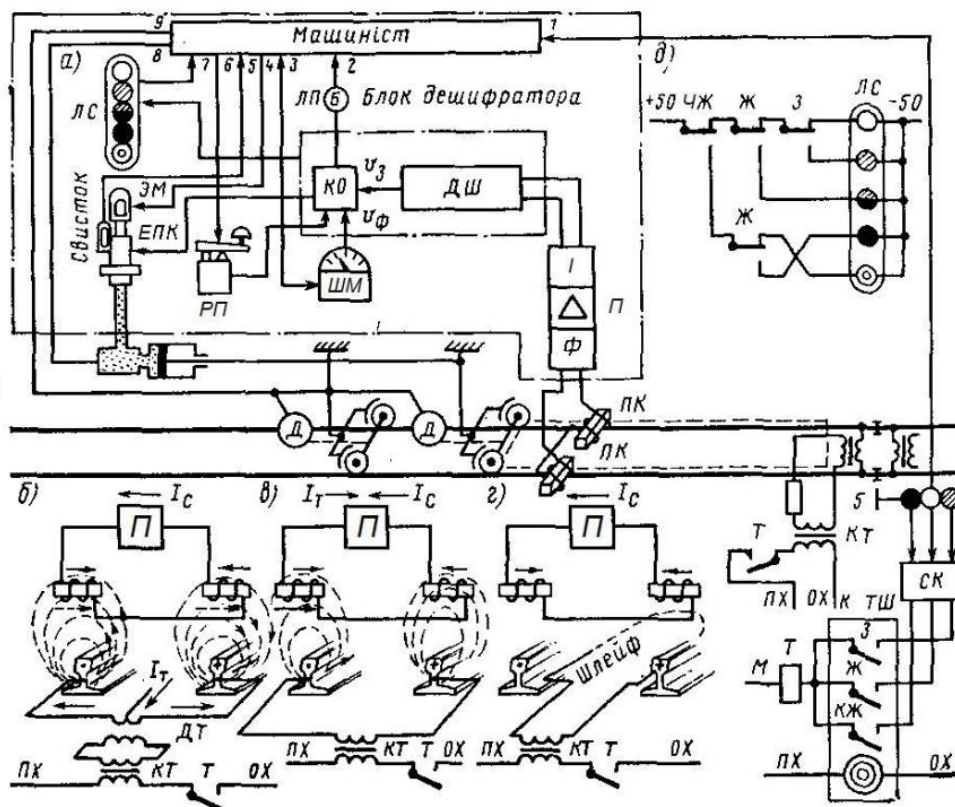


Рисунок 5.1 – Структурна схема пристроїв АЛСН числового коду

Для безперешкодного пропуску тягового струму в обхід ізолюючих стиків служать дроселі-трансформатори (ДТ), крім цього вони застосовуються і для передачі в рейкове коло кодових сигналів колійної апаратури АЛС, при цьому ДТ перешкоджають протіканню сигнального струму між суміжними блок-ділянками [7].

Колійними пристроями АЛС кодовий струм  $I_k$  по одній з рейкових ниток посилається назустріч локомотиву, замикається через його першу колісну пару та по другій рейковій нитці повертається до джерела живлення (рисунок 5.1). Протікання в рейках імпульсів змінного струму супроводжується утворенням навколо рейок змінного магнітного поля  $\Phi_k$  ( $\Phi_{кл}$  – навколо лівої рейки,  $\Phi_{кп}$  – навколо правої), яке перетинає приймальні котушки та наводить в них ЕРС ( $e_{кл}$  – в лівій котушці,  $e_{кп}$  – в правій), в якому переміщуються приймальні котушки локомотива, що підвішені перед першою колісною парою з кожного боку. Напрямок кодових струмів  $I_k$  в кожній рейці зустрічне (в лівій рейці струм направлений «до нас» і умовно позначений крапкою, а в правій – «від нас» і позначений хрестиком), тому ЕРС ( $e_{кл}$  та  $e_{кп}$ ), які індуковані цими струмами мають також зустрічний напрямок. Висота установки приймальних котушок над рівнем головки рейки складає 150–220 мм. Силкові лінії магнітного поля, перетинаючи витки ПК, наводять у них змінну ЕРС, величина якої залежить від величини кодового струму в рейках і висоти встановлення котушок. Так, при висоті розташування ПК над рівнем головки рейки 150 мм і кодовому струмі в рейках 10 А частотою 50 Гц в котушці відповідно наводиться ЕРС, величина якої становить приблизно 0,65–0,75 В.

Для додавання ЕРС обох котушок вони включаються послідовно. Дві з'єднані послідовно приймальні котушки на частоті 50 Гц повинні мати добротність 3,5-4,0 та індуктивність 14,0 Гн, ЕРС, що наводиться в розімкнутих і відключених від пульта котушках, при струмі в ланці 10 А повинна складати 1,3 В. Мінімальний кодовий струм, який може

сприйматися приймальними котушками, для різних видів тяги та роду струму становить від 1,2 А до 2,0 А [6].

Необхідно враховувати те, що по рейкових нитках одночасно з сигнальним  $I_c$  протікає і тяговий струм  $I_t$ , який, проходячи через основну обмотку ДТ, розгалужується і протікає по кожній рейковій нитці в одному напрямку. При цьому тяговий струм створює навколо кожної рейки магнітне поле, що охоплює прийомні котушки локомотива і наводить в них ЕРС ( $e_{тл}$  – в лівій котушці,  $e_{тп}$  – в правій). Напрямки цих ЕРС однакові, так як однакові напрямки тягових струмів, що їх створили. Відносно до тягового струму котушки з'єднані зустрічно, тому  $e_{тл}$  і  $e_{тп}$  взаємно знищуються і не надають заважаючий вплив на прийом сигнального струму  $I_k$ . У разі, якщо є так звана поздовжня асиметрія тягового струму (характеристики лівої рейкової нитки не збігаються з характеристиками правої), значення  $e_{тл}$  і  $e_{тп}$  наводяться в прийомних котушках різні і повна компенсація цих ЕРС не відбувається, при цьому з'являється заважаючий вплив тягового струму на пристрої АЛС, який може стати причиною збоїв в роботі цієї системи і загрозою безпеці руху поїздів [5].

Наведені в ПК ЕРС діють злагоджено и створюють кодовий струм  $I_k$ , що проходить через фільтр (Ф) на локомотивний підсилювач (ПЛ). Імпульсне реле (І) на виході підсилювача є повторювачем коду, посиляючи його в дешифратор (ДШ) як зашифроване показання сигналу. Дешифратор містить ряд реле, які об'єднані в кілька блоків. Блок лічильника (БЛ) – включає в себе реле-лічильники, які забезпечують підрахунок числа імпульсів і інтервалів між ними. Блок сигнальних реле (БСР) – включає в себе сигнальні реле «З», «Ж», «ЧЖ», які створюють відповідні кола живлення сигнальних ламп локомотивного світлофора. Блок контролю відповідності (БКВ) – забезпечує контроль за відповідністю прийнятого коду і стану сигнальних реле БСР шляхом їх порівняння. Блок відповідності періодично через 5–6 с підключає сигнальні реле до реле – лічильників, для

того, щоб на локомотивному світлофорі загорівся потрібний вогонь. Таким чином, зміна вогнів локомотивного світлофора відбувається з запізненням на 5–6 с. Цей час відповідає прийому трьох серій кодових імпульсів. Блок контролю швидкості – містить реле контролю швидкості (РКШ), що взаємодіє з локомотивним швидкостеміром. Блок пильності (БП) – здійснює контроль пильності машиніста. При зміні вогню локомотивного світлофора, наприклад із зеленого на жовтий, розривається електричне коло живлення котушки електропневматичного клапана (ЕПК) та з'являється звуковий сигнал, який звучить протягом 7–8 с. До закінчення цього часу машиніст повинен натиснути рукоятку (кнопку) пильності (РП) і тим самим відновити коло живлення котушки ЕПК та припинити звучання свистка [6].

Якщо цього не відбувається, то по закінченню 7–8 с зривається ЕПК і випускає повітря з гальмівної магістралі (ГМ), що призводить до перерозподілення тиску повітря у розподільнику повітря (РР) та сполучення запасних резервуарів (ЗР) із гальмівними циліндрами (ГЦ). В такій ситуації потяг переходить в режим екстреного гальмування.

Основними недоліками АЛСН числового коду є те, що в такій системі допустима швидкість руху поїзда визначається лише з урахуванням поточної поїзної ситуації. При цьому не враховуються постійні швидкісні обмеження, які пов'язані зі станом, профілем, радіусом кривизни та іншими особливостями ділянки колії, та тимчасові обмеження, які вводяться при проведенні різних колійних робіт. Крім цього, в системі АЛСН не забезпечується зниження допустимої швидкості залежно від маршруту руху по станції (прямо чи з відхиленням), не враховується марка хрестовин стрілочних переводів. На перегоні така система дозволяє машиністу отримати інформацію лише про вільність двох блок-ділянок попереду. Все це пов'язане з тим, що в основному застосовуються система АЛСН, в якій тільки три сигнали: коди З, Ж та КЖ. До недоліків також відносяться висока інерційність (затримка на передачу однієї команди складає 5...6 с), низька



завадостійкість, застосування застарілої елементної бази, обмежені функціональні можливості.

### Контрольні запитання для самопідготовки

- 1 Яке основне призначення системи АЛС?
- 2 Який прилад використовується як канал зв'язку між колійними та локомотивними пристроями АЛСН числового коду в Україні?
- 3 Якими сигнальними показаннями сигналізує локомотивний світлофор в АЛСН числового коду?
- 4 З яким видом тяги на залізничній ділянці застосовується АЛСН числового коду?
- 5 Які недоліки АЛСН числового коду?

### ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 6. Обробка кодового сигналу від рейкового кола на локомотиві

#### 6.1 Котушки приймальні локомотивні котушки

Котушки приймальні локомотивні КПУ призначені для експлуатації на локомотивах у складі автоматичної локомотивної сигналізації (рисунок 6.1) [8].

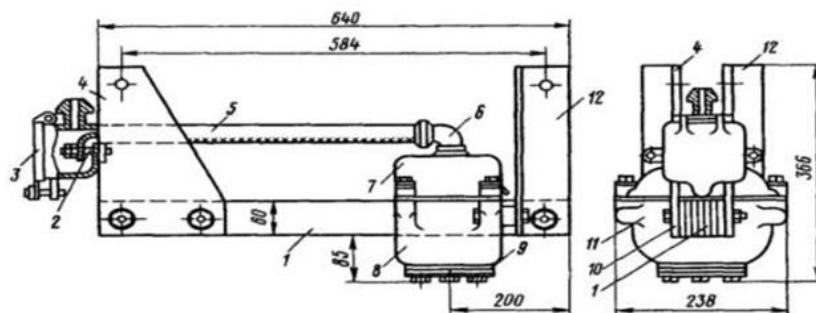


Рисунок 6.1 – Конструкція локомотивної приймальної котушки

Феромагнітне розімкнене осердя 1, що згущує магнітний потік, який утворюється струмом в рейках, набране з листів трансформаторної сталі товщиною 0,35–0,4 мм, ізольованих один від одного покриттям краскою [8]. Це зменшує втрати в осерді від вихрових струмів. Листи осердя 1 стиснуті з боків двома сталевими поздовжніми щокми 10 за допомогою наскрізних болтів, електрично ізольованих від осердя 1 та поздовжніх щок 10.

Обмотка ПК має 3125 витків мідного проводу діаметром 0,41–0,51 мм і знаходиться у алюмінієвому захисному кожуху, що розділений на верхню 7 та нижню 8 частини, ізольовані одна від одної резиною прокладкою і стягнуті між собою болтами 11, які також ізольовані від верхньої частини кожуха 7. Це запобігає утворенню із захисного кожуха 7, 8 короткозамкненого витка, що екранував би обмотку ПК від дії магнітного потоку. Обмотка у кожуху залита ізолюючим компаундом з трансформаторного масла та бітуму (через отвір у нижній частині, що закритий фланцем 9). Виводи від обмотки виконані гнучким проводом (1,4 мм<sup>2</sup>) та виведені у зовні через штуцер кожуха 6 та шланг з резинотканини 5.

ПК випускаються у кількох варіантах виконання: за призначенням (для роботи у відповідних системах АЛСН – числового коду або будь-якій багатозначній АЛС із швидкістю руху поїздів до 200 км/г); конструкцією виконання (залежно від роду локомотивної тяги); електричними параметрами (таблиця 6.1).

Електровазні котушки типу ПЭ (вони також використовуються для моторвагонного рухомого складу та паровозів) мають гарнітуру з косинок 4 та косинців 12 для підвішування ПК на рамі локомотиву та клемну коробку 3 з двоштирною клемою 2, яка кріпиться на косинку 4. Тепловозні ПК не мають косинок та косинців і закріплюються безпосередньо на колієочишувачі.

Основні параметри прийомних локомотивних котушок КПУ наведені в таблиці 6.1.

ЕРС, що наведена в обмотках котушки, яка підвішена на висоті 150 мм від нижньої грані котушки до верхньої грані головки рейки, при струмі 1 А повинна бути не менше величин, вказаних у таблиці 6.2.

Таблиця 6.1 – Основні параметри котушок КПУ

Тип котушки	Виводи	Опір постійному струму, Ом	Індуктивність на частоті 100 Гц, Гн	Добротність на частоті 100 Гц, не менше
КПУ-1	Кл-1 – Кл-3	100 – 120	6,7 – 7,5	5,0
КПУ-2	Кл1-1 – Кл1-3 Кл2-1 – Кл2-3	100 – 120	6,7 – 7,5	5,0

Вимірювання індукованої ЕРС в приймальній котушці, а також інших величин, необхідних для визначення індуктивності та добротності котушок, здійснюється на стенді.

Таблиця 6.2 – Величини ЕРС, наведеної в обмотках котушок КПУ

Тип котушки	Виводи	Частота, Гц		
		50	175	325
		Наведена ЕРС, мВ		
КПУ-1	Кл-1 – Кл-3	83	260	520
КПУ-2	Кл1-1 – Кл1-3 Кл2-1 – Кл2-3	75	200	410

Для вимірювання індукованої ЕРС в рейковому колі установлюється змінний струм 10 А частотою 50 Гц. При розімкнутому ключі SB1 відраховують показання за шкалою лампового вольтметра. Для вимірювання індуктивності та добротності котушки необхідно замкнути

ключ  $SB1$  та за допомогою магазину ємності, орієнтуючись по максимальному відхиленню стрілки лампового вольтметра, домогтися резонансу напруг. Після цього фіксують показання лампового вольтметра та магазину ємності.

Індуктивність котушки

$$L = 10,1 / C_p,$$

де  $C_p$  – резонансна ємність, мкФ;

10,1 – коефіцієнт.

Добротність котушки

$$Q = U_p / E,$$

де  $U_p$  – резонансна напруга, В;

$E$  – ЕРС, В.

Під час випробувань сторонні залізні маси не повинні перебувати ближче одного метра від випробуваної приймальної котушки.

## **6.2 Підсилювач локомотивний [8]**

В експлуатації застосовуються підсилювачі типу УК-25/50, УК-25/50М та УК-25/50М-Д. В даний час підсилювачі типу УК-25/50, УК-25/50М зняти з виробництва, а випускається тільки підсилювач УК-25/50М-Д.

Підсилювач УК-25/50М-Д призначений для підсилення кодових сигналів, що отримуються з рейкового кола прийомними локомотивними котушками, та для передачі їх на дешифратор. Застосовується на ділянках з автономною та електричною тягою на змінному та постійному струмі.

Живлення підсилювача здійснюється від джерела постійного струму номінальною напругою 50 В з допустимими відхиленнями  $\pm 10$  В.

Резонансний контур вхідного фільтра підсилювача повинен бути налаштований на резонансну частоту  $(50 \pm 1)$  Гц, при цьому граничні частота смуги пропускання каналу 50 Гц повинні бути не менше 40 Гц та не більше 60 Гц.

Чутливість підсилювача при напрузі живлення  $(50 \pm 10)$  В повинна відповідати таблиці 6.3.

Струм спрацьовування імпульсного реле ІР підсилювача не повинен бути більше 12 мА, струм відпускання повинен бути не менше 4 мА.

Струм в обмотці реле ІР підсилювача при напрузі живлення 40 В при сигналі, рівний 1,25 фактичної напруги чутливості підсилювача, не повинен бути менше  $1,5 \cdot I_{\text{ср}}$ .

Струм спрацьовування імпульсного реле ІР підсилювача не повинен бути більше 12 мА, струм відпускання повинен бути не менше 4 мА. Струм в обмотці реле ІР підсилювача при напрузі живлення 40 В при сигналі, рівний 1,25 фактичної напруги чутливості підсилювача, не повинен бути менше  $1,5 \cdot I_{\text{ср}}$ .

Таблиця 6.3 – Чутливість підсилювача залежно від частоти сигнального струму

Частота сигнального струму, Гц	Чутливість підсилювача, мВ	Примітка
25	$73,5 \pm 7$	
75	$220,5 \pm 21$	
50	$203 \pm 21$	При електротязі
	$119 \pm 14$	При автономній тязі

Струм в обмотці реле ІР підсилювача при напрузі живлення 60 В та відсутності сигналу не повинен бути більше 0,6 мА. Спотворення тривалості кодових імпульсів, виміряні на контактах реле ІР підсилювача

при напрузі живлення 50 В та сигналі, рівному 1,25 фактичної напруги чутливості  $U_{\phi}$ , а також 700 мВ та 1,4 В на частоті 50 Гц, 1,25  $U_{\phi}$ , 1,05 В, 2,1 В на частоті 75 Гц та 1,4  $U_{\phi}$ , 350 мВ, 700 мВ на частоті 25 Гц, не повинні бути більше 0,05 с.

Час відновлення нормальної чутливості підсилювача при різкому зменшенні напруги з 3,5 В до 280 мВ не повинно бути більше 1,5 с та менше 0,6 с.

### 6.3 Дешифратори

Зараз застосовуються дешифратори типів ДКСВ-1, ДКСВ-1-Д та ДКСВ-1-ДБ, причому дешифратори ДКСВ-1 зняті з виробництва [8].

Дешифратор ДКСВ-1-Д призначений для розшифровки кодових сигналів та для управління відповідно до них вогнями локомотивного світлофора та електропневматичним клапаном.

Дешифратор ДКСВ-1-ДБ призначений для спільної роботи з пристроєм контролю пильності машиніста УКБМ.

Дешифратор повинен забезпечувати:

- включення вогнів на локомотивному світлофорі відповідно до прийнятого коду;
- включення білого вогню на локомотивному світлофорі при відсутності кодів після прийому кодів З (зеленого) або Ж (жовтого);
- включення червоного вогню на локомотивному світлофорі при відсутності кодів після прийому коду ЧЖ (червоного з жовтим);
- неперервний контроль швидкості 20 км/год при червоному вогні локомотивного світлофора;
- неперервний контроль швидкості  $V_{чж}$  при червоно-жовтому вогні локомотивного світлофора;
- періодичну перевірку пильності машиніста залежно від варіанту виконання.

ДКСВ-1-Д через (30-40) с при таких показаннях локомотивного світлофора:

- червоному та швидкості менше 20 км/год;
- червоного з жовтим та швидкості менше  $V_{чж}$  ;
- жовтому та швидкості більш  $V_{жс}$  ;
- білому;

ДКСВ-1-ДБ через (20-30) с при наступних показаннях локомотивного світлофора:

- червоному та швидкості менше 20 км/год;
- червоного з жовтим та швидкості менше  $V_{чжс}$  ;
- жовтому та швидкості більше 0-10 км/год;
- білому та швидкості більше 0-10 км/год;
- і через (90-120) с при зеленому та швидкості більше 0-10 км/год;
- періодичну перевірку пильності машиніста через (70 - 90) с при білому вогні локомотивного світлофора для апаратури ДКСВ-1-Д та ДКСВ-1-ДБ;

– одноразову перевірку пильності машиніста при будь-якій зміні показань локомотивного світлофора, крім зміни на «з» (зелений);

– включення більш заборонного показання локомотивного світлофора при злипанні якорів реле дешифратора.

Живлення дешифраторів здійснюється від джерела постійного струму номінальною напругою 50 В з допустимими відхиленнями  $\pm 10$  В.

Електричні та часові характеристики реле дешифраторів повинні відповідати даним, наведеним у таблиці 6.4.

Примітки:

1 Час відпускання реле 1, ЖР та ПКР вказане при значенні з уповільнюючими контурами, включеними відповідно до приведених електричних схем.

2 Час відпускання ПКР без уповільнюючого контуру (1,1 – 1,2) с.

З Час відпускання реле КСР має бути при виконанні ДКСВ-1-Д (30-40) с при вимірі з конденсатором С6, а при виконанні ДКСВ -1-ДБ (20-30) с при вимірі з тим же конденсатором та (70 - 90) с з конденсаторами С5 та С6 при варіантах виконання ДКСВ -1-Д та ДКСВ -1-ДБ.

Таблиця 6.4 – Електричні параметри реле дешифратора

Умовне позначення на схемі	Паспорт (креслення) реле	Напруга, В		Час, с	
		спрацьовування, не більше	відпускання, не менше	спрацьовування, не більше	відпускання
1	612.60.91	24	3,4	0,07	0,25 – 0,28
1А	612.62.00-02	24	3,0	0,07	0,31 – 0,34
2	612.10.00-02	28	6,0	0,07	0,04 – 0,06
2А	612.62.00-11	24	3,0	0,07	0,29 – 0,32
3	612.10.00-05	24	5,0	0,05	0,03 – 0,05
ЖР	612.10.00-02	28	6,0	0,07	0,07 – 0,10
КЖР	612.10.00-01	32,9	5,0	0,07	0,03 – 0,06
ПКР	612.72.01	16	1,0	0,07	1,80 – 2,20
СР	613.11.19	6	0,8	0,05	5,00 – 6,00
ПСР	612.10.00-07	28	6,0	0,07	0,03 – 0,05
БР	612.62.00-01	28	3,5	0,07	0,05 – 0,15
ЗР	612.10.00-24	28	6,0	0,07	0,03 – 0,05
КСР	613.11.30	23	3,0	-	-
РБР	612.10.00-25	17	4,0	-	-

#### 6.4 Фільтр локомотивний

Локомотивний фільтр ФЛ-25/75М призначений для захисту підсилювача автоматичної локомотивної сигналізації від перешкод тягового



струму частотою 50 Гц при живленні рейкових кіл струмом частотою 25 та 75 Гц [8]. Локомотивний фільтр ФЛ-25/75М використовується з 80-х років по теперішній час на заміну ФЛ-25/75, які раніше випускалися.

Основні електричні параметри фільтру ФЛ-25/75М при підключенні на виході навантаження наведено в таблиці 6.5. Електричні параметри резонансних контурів фільтра ФЛ-25/75М наведені в таблиці 6.6.

Таблиця 6.5 – Електричні параметри фільтрів ФЛ-25/75М

Частота, Гц	Е.Р.С. у приймальних котушках, В	Напруга на виході, мВ	Ширина смуги пропускання на рівні 0,7, Гц
25	0,1	40 – 45	10 – 14
50	10,0	≤10	–
75	0,3	40 – 45	20 – 25
100	0,8	≤20	–
150	5,0	≤10	–

Таблиця 6.6 – Електричні параметри резонансних контурів фільтрів ФЛ-25/75М

Позначення контуру	Індуктивність, Гн	Ємність конденсаторів, мкФ	Резонансна частота, Гц	Напруга на контурі, В	Добротність, не менше
L2-C2	5.1±5%	C2 = 8	25±0,5	0,1	6
L3-C3	12.3±5%	C3 = 0,02	50±0,5	1,0	9
L4-C4	1.0±5%	C4 = 4,2	75±1,0	0,2	10
L5-C5,C7	14.2±5%	C5 = 3,25 C7 = 2,0	37,5±0,5	0,02	8
L6-C6	14.2±5%	C6 = 0,72	50±0,5	1,0	10

## **Контрольні запитання для самопідготовки**

1 Для чого призначені фільтри в локомотивних приймальних пристроях АЛСН?

2 Для чого осердя приймальних котушок набране з листів трансформаторної сталі (шихтоване)?

3 Які недоліки локомотивних ПК системи АЛСН?

4 Яке призначення фільтрів у вхідних локомотивних пристроях АЛСН?

5 Дайте визначення чутливості локомотивного підсилювача.

6 Яке основне призначення у підсилювачів УК схеми автоматичного регулювання підсилення?

## **ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 7. Передача або зчитування інформації з рухомого складу**

Автоматична ідентифікація рухомого складу так чи інакше пов'язана із завданням зчитування інформації безпосередньо з рухомих одиниць складу. Кодові бортові датчики (КБД) залежно від технічних рішень, що використовуються при їх побудові, поділяються на активні та пасивні. Пасивний КБД перетворює енергію зчитувального пристрою повідомлення від рухомого об'єкта відповідно до даних, що зберігаються в пам'яті КБД кодом. В активному КБД для передачі інформації від рухомого об'єкта використовується енергія самого датчика, тобто КБД мають власне вбудоване джерело живлення.

В даний час в країнах Західної Європи (Франція, Швейцарія, Польща, Іспанія) для ідентифікації транспортних засобів використовується система Dunicom – спільна розробка фірм Amtech та Alcatel. Системи, аналогічні Amtech використовуються в Китаї.

В 2002-2004 рр. на Україні у відповідності з вимогами ISO 10374 розроблено та поставлено в дослідну експлуатацію систему радіочастотної ідентифікації (УВЧ технологія із зворотним модульованим відображенням), дослідні зразки якої отримали назву САІ «Транстелекарт».

Технологія радіочастотної ідентифікації з'явилася в світ близько 20 років, тому увесь цей період формувалася темпами, що випереджають комп'ютерні технології. Особливо інтенсивно RFID удосконалювалася в останні 10-12 років. Пояснити це можна двома факторами: по-перше, розвиток мікроелектроніки дозволив реалізувати багато ідей, раніше недоступних з технологічних причин, а по-друге, з'явилися стандарти, застосування яких забезпечило сумісність технічних рішень від різних виробників.

Фізичні принципи (принаймні, для більшості частотних діапазонів) нагадують роботу трансформатора або системи зв'язаних контурів. Як відомо, якщо взяти дві котушки та розмістити їх не дуже далеко друг від друга, то вони будуть виявляти один на одного взаємний вплив (рисунок 7.1).

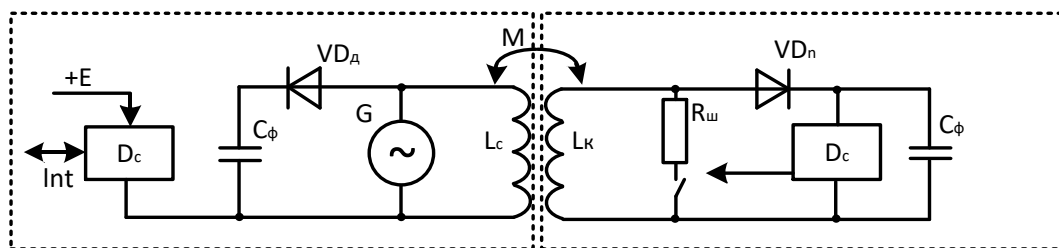


Рисунок. 7.1 – Принцип роботи пари «зчитувач-ідентифікатор»

Зчитувач містить генератор високої частоти G, який живить антену зчитувача L<sub>c</sub>. За рахунок наявності електромагнітного зв'язку M між антенною зчитувача та антенною ідентифікатора (карти) L<sub>k</sub> в останній наводиться змінна напруга, величина якого залежить від конструктивного виконання на відстані між картою та зчитувачем. Наведена напруга

використовується для живлення мікросхеми карти ДК через випрямляч, утворений діодом  $V_{дп}$  та фільтруючим конденсатором  $C_{ф}$ . Мікросхема карти ДК модулює напругу в антені ІК шляхом її шунтування резистором  $R_{ш}$ . За рахунок зв'язку антен модуляція з'являється в антені зчитувача  $L_c$ , випрямляється діодом  $V_{д}$  та надходить на мікросхему зчитувача  $D_c$ , яка дешифрує код карти та направляє його на контролер через інтерфейс  $Int$ . По такому принципу працювали перші пасивні R/O (Read Only – тільки для читання) Proximity-Карти та зчитувачі.

Потім були створені ідентифікатори, здатні не тільки передавати інформацію зчитувачу, але й одержувати її для цілей програмування (записи інформації в енергонезалежну пам'ять). З погляду основних принципів побудови RFID-системи в зчитувачу з'явився модулятор, який модулював випромінювану зчитувачем несучу, а в карті – детектор та перепрограмувальна енергонезалежна пам'ять, у яку записувалася передана зчитувачем інформація (рисунок. 7.2). Ідентифікатори (карти) при такій технології вже називаються R/W (Read Write), тобто «читання та запис».

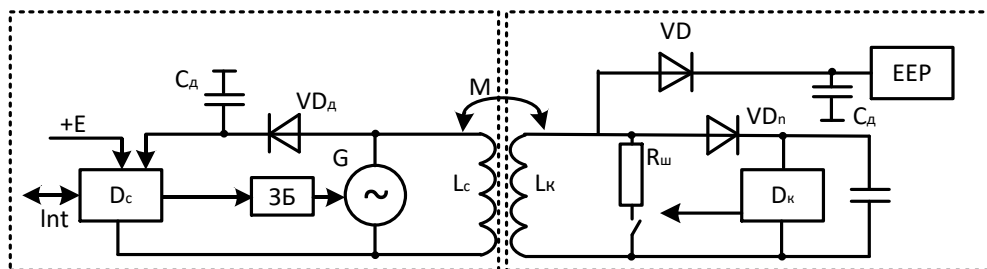


Рисунок 7.2 – Система RFID з технологією Read/Write

Перші промислові системи RFID працювали в частотному діапазоні 125 кГц. Але з ростом потреби в обсязі переданої за короткий час інформації були розроблені й більш високочастотні системи, зокрема, що функціонують у діапазоні 13,56 МГц.

Система автоматичної ідентифікації рухомого складу Укрзалізниці (САІРС-УЗ) є вітчизняною розробкою, яка є основою для вирішення задач із створення нових національних систем, розвитку керування процесом інформатизації та побудови власної корпоративної інформаційної системи. Вона дозволяє в реальному часі автоматично ідентифікувати рухомі одиниці та контейнери і оброблювати, формувати та передавати інформацію до бази даних системи керування вантажними перевезеннями АСК ВП УЗ-Є. САІРС-УЗ є багаторівневою ієрархічною структурою. Носіями інформації є КБД, що встановлюються на об'єктах ідентифікації – вагонах, контейнерах, великотоннажних контейнерах та кодуються за допомогою програмно-апаратних засобів у спеціалізованих пунктах. Такі пункти обладнуються відповідним програмним забезпеченням та засобами комунікації для обміну даними з інформаційно-статистичними центрами (ІСЦ) залізниці, формування та коригування баз даних стосовно операцій, що виконані із КБД та з обладнання вагонів датчиками. Інформація з КБД зчитується у пунктах зчитування (ПЗІ) та передається до концентраторів. Вони являють собою сервери з програмним забезпеченням, що розташовуються поблизу груп ПЗІ та передають інформацію з них до інтеграторів, які, в свою чергу, оброблюють, зберігають та видають користувачам інформацію про переміщення вагонів та локомотивів. Зв'язок ПЗІ з мережею забезпечують канали зв'язку та апаратури передачі інформації, а інші канали зв'язку та засоби забезпечують обмін даними між ІСЦ суміжних заліниць та Головного ІСЦ.

Підсистеми нижнього рівня, тобто пункти зчитування первинної інформації, що розподілені мережею заліниць, складають основу САІРС-УЗ. Принципом роботи САІ «Транстелекарт» є УВЧ технологія з використанням діапазону частот залежно від типу виконання від 840 до 900 МГц або від 902 до 928 МГц, в той же час КБД відображає інформацію за умови його опромінення в діапазоні 850–950 МГц. Завдяки цьому

зчитування інформації відбувається на великих відстанях, а швидкість поїздів може залишатися високою.

Існує декілька категорій інформації, що записується до КБД. Обов'язкова інформація є постійної та незмінною. Необов'язкова інформація може бути як постійною та незмінною, так і непостійною та змінною, і може бути записана безпосередньо на рухомій одиниці. При цьому постійна її частина не може бути змінена. Загалом постійна інформація може перезаписуватися лише у пункті кодування після зняття КБД з рухомої одиниці. У якості пам'ятного пристрою використовується енергонезалежний електрично перепрограмований запам'ятовуючий пристрій (ЕППЗП). Обов'язкова постійна інформація максимально характеризує рухому одиницю. Там містяться маси бруто та тари одиниці, її довжина, ширина й висота, номер та інші важливі дані. Передбачені резервні позиції для нумерації пункту кодування.

Принцип дії є принципом зворотного модульованого відображення. Він складається у модуляції та відображенні КБД радіохвилі, що випромінювана до нього антеною УВЧ прийомопередатчика. Радіосигнал модулюється при відображенні відповідно до ідентифікаційного коду об'єкта, що записаний до пам'яті КБД (рисунок 7.3).

УВЧ прийомопередатчик зчитує відображений сигнал, після чого відбувається його демодуляція, декодування та передача до контролера пристрою зчитування із необхідною обробкою у ньому інформації про вагони та локомотив у поїзді.

Інформація для КБД кодується у цифровій формі. Несуча хвиля модулюється за допомогою комбінації двох частот, що пов'язані гармонічно. Частота у 40 кГц є точним подвоєнням частоти у 20 кГц із похибкою до 10 %. Один період сигналу прямокутної форми із частотою 20 кГц та два періоди частотою 40 кГц складають значення біта «логічний 0». Біт «логічна 1» формується з двох періодів сигналу прямокутної форми із частотою 40 кГц та одного періоду частотою 20 кГц. За допомогою

тактових імпульсів генератора, вбудованого в інтегральну мікросхему (ІМС), формуються біти інформаційного коду (рисунок 7.4). Один біт цього коду формується чотирма імпульсами генератора ІМС, коли несуча хвиля модулюється частотами 20 та 40 кГц. Маркер кінця інформаційної послідовності займає в інформаційному слові КБД останні два біта.

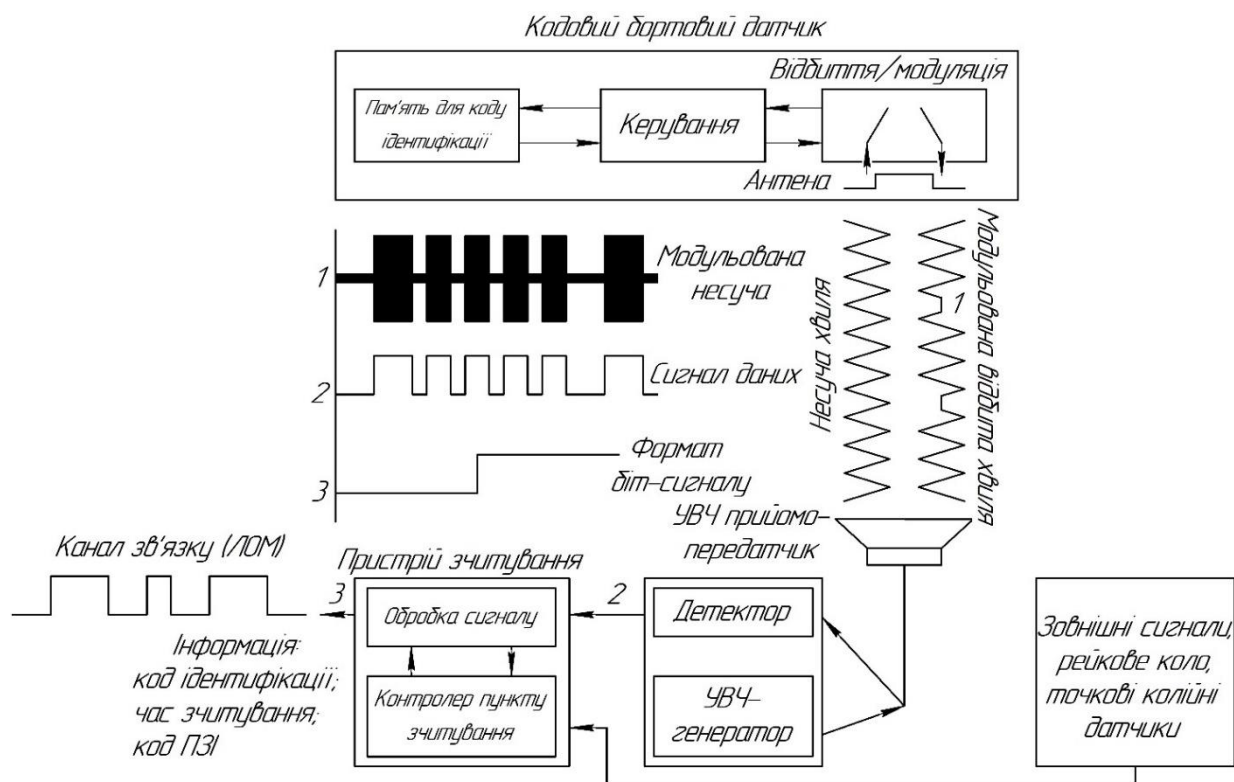


Рисунок 7.3 – Принцип дії підсистеми нижнього рівня САІ «Транстелекарт»



Рисунок 7.4 – Формування біт-інформаційного коду в КБД

## Євробалізи

Наприкінці 1990-х років фірма Siemens приступила до створення системи IPДП під назвою ZUB-200, що має розширені функціональні можливості та задовольняє більш високі вимоги з безпеки. Локомотивні пристрої цієї системи побудовані за двоканальною схемою, кожна з яких включає обчислювальний блок SIMIS-3116 з процесором 80486 із загальною паралельною шиною MES80. У цих пристроях для ув'язки з колійними датчиками та радарми (датчиками швидкості) використовується послідовна передача інформації одночасно по багатofункціональній транспортній шині MVB, бортовій інформаційній системі IBIS і послідовним інтерфейсами RS232, RS485.

Обмін інформацією з колійними пристроями здійснюється як в діапазоні тональних частот (ZUB-212), так і за допомогою «телеграм», переданих частотними каналами 850 кГц (ZUB-222) або каналам євробаліз (ZUB-242). Для цього локомотивні пристрої, крім специфічної апаратури ZUB-200, мають приймально передавальні блоки для роботи по каналу євробаліз або частотного каналу 850кГц.

Найбільш доцільним для передачі даних в цих пристроях є використання баліз (рисунки 7.5, 7.6, 7.7). З їх допомогою можлива передача інформації як з колії на локомотив, так і з локомотива колійним пристроєм. З колії на локомотив може передаватися інформація: про показання колійних світлофорів, постійні та тимчасові обмеження швидкості, маршрут руху, координати, профілі колії, а також команди керування та інші. З локомотива колійним пристроєм передається інформація: про склад поїзда, зміну поїзного статусу, режимах управління тягою і зчеплення.

Після того як МСЖД визначив Євробалізи як універсальний засіб обміну інформацією між колійними та локомотивними пристроями, виникла проблема узгодження сумісності системи ZUB-121 та євробаліз. Вирішення цього завдання було покладено на фірму Siemens, фахівцями якої була розроблена універсальна система безпеки ZUB-121/Євробалізи. У цій системі локомотивне обладнання зазнає мінімальних змін, в результаті



чого процеси керування рухом локомотиву і перевірка умов безпеки змінюються несуттєво.

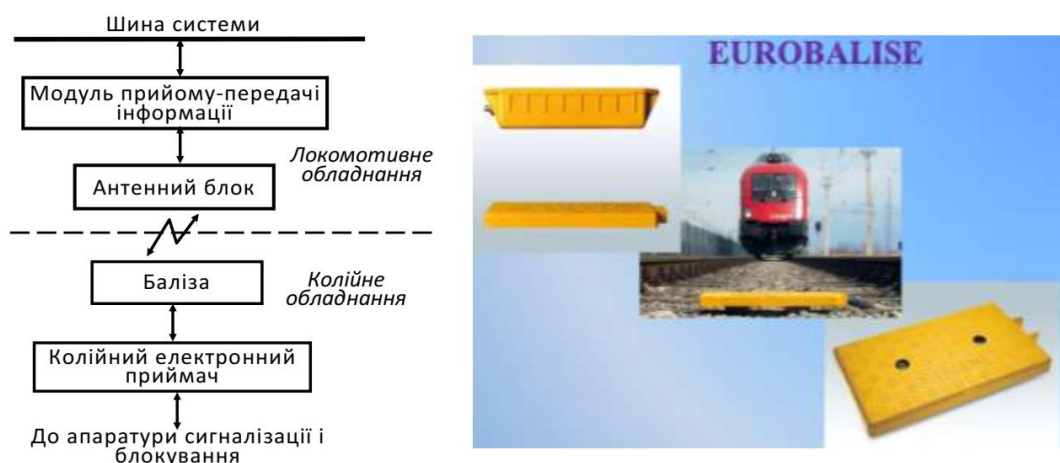


Рисунок 7.5 – Система обміну інформацією між колійним обладнанням і локомотивом з використанням баліз

Згідно з проектом ETCS інформація «телеграм», переданих на локомотив, може мати «національні» відмінності. З огляду на це, на залізницях Швейцарії тип «телеграм» не змінювався і відповідає типу «телеграм», прийнятих в системі ZUB-121. Відмінність полягає лише в способі їх передачі не за допомогою індуктивних котушок, а з використанням євробаліз.

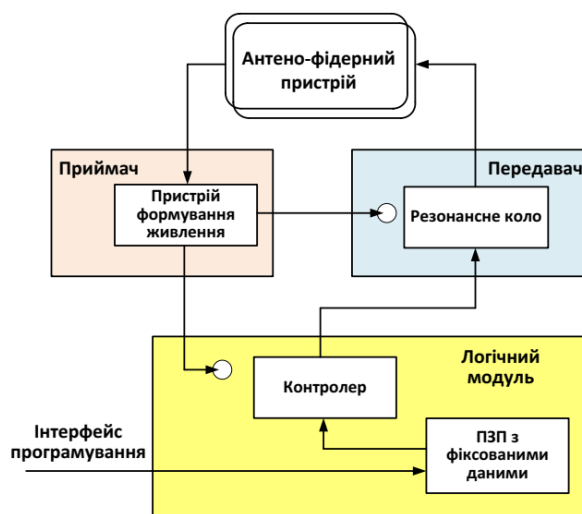


Рисунок 7.6 – Електрична блок-схема балізи

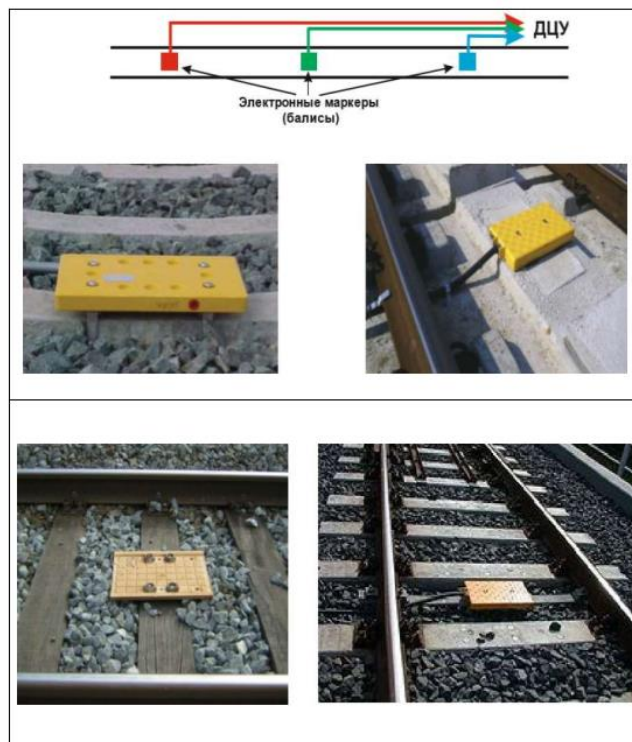


Рисунок 7.7 – Установка на коліі

### Контрольні запитання для самопідготовки

- 1 Яке призначення ідентифікації вагонів?
- 2 Яка технологія одержала найбільшого розповсюдження в системах ідентифікації вагонів?
- 3 В чому полягає принцип зворотного модульованого відображення в системі CAIPS?
- 4 Яке призначення електронних маркерів (баліз)?
- 5 На якій частоті працюють євробалізи?
- 6 Який суттєвий недолік мають євробалізи?

## **ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 8. Бортові датчики визначення місцезнаходження безпілотних поїздів та комп'ютерний зір**

Для дотримання контролю швидкості бортове обладнання використовує одометр, який дозволяє йому розрахувати положення поїзда. Розрізняють одометри двох видів: імпульсні колісні датчики шляху і швидкості (ДПС) і тахогенератори систем контролю за рухомою одиницею. Одометри в поєднанні з підсистемою радіоблокування відіграють роль системи позиціонування на високошвидкісних магістралях.

Імпульсні ДПС встановлюються на буксових вузлах колісних пар. Протягом одного обороту колеса вони генерують певну кількість імпульсів, за допомогою яких, знаючи діаметр колеса, можна розрахувати пройдений шлях. Наприклад, у вітчизняних пристроях автоматичної локомотивної сигналізації АЛС-МУ параметри руху поїзда від ДПС визначаються таким чином. Для обчислення швидкості вводиться інтервал накопичення, який обчислюється на етапі ініціалізації. Інтервал накопичення підбирається таким чином, щоб число імпульсів, що прийшли від ДПС за час цього інтервалу, дорівнювало швидкості локомотива в кілометрах на годину.

Можливість визначення координат локомотива тільки бортовим обладнанням без використання дорогих колійних пристроїв дуже приваблива. Проте істотним недоліком методу є залежність точності вимірювання пройденого шляху від зносу бандажа колісних пар локомотива. Згідно з результатами досліджень, проведених фахівцями Українського радіотехнічного інституту (м. Миколаїв), знос колеса починає позначатися на точності показань швидкостеміра вже при пробігу локомотива близько 300 км, відносна похибка вимірювань при цьому може досягати 10 %.

Для підвищення точності визначення місцеположення локомотива на підставі показань імпульсних колісних датчиків використовується метод вироблення коригувальних поправок по каліброваним реперам. Даний метод передбачає установку пасивних прийомовідповідачів вздовж залізничного полотна з рівномірним кроком від 10 до 50 км, при виявленні

яких фіксується поточне значення швидкості і пройденого шляху. При проходженні другого прийомовідповідача виробляється коригуюча поправка, при цьому алгоритм вироблення поправки враховує випадкові пропуски прийомовідповідачів і проходить через станції, якщо пропуск не перевищує 300 км шляху. Передбачувана розробниками максимальна точність визначення місця розташування локомотива становить 100 м, а точність вимірювання швидкості руху до 0,1 км/год при швидкості руху по ділянці не більше 200 км/год. Необхідно відмітити, що запропонований алгоритм не має підтвердження своєї точності та потребує відпрацювання.

Для переходу до повністю безпілотного ведення поїздів, ефективної та безпечної експлуатації автоматизованого залізничного транспорту необхідно, щоб можливості його технічного оснащення перевершували можливості машиністів. Це і викликало застосування в системах автоматизованого управління рухом поїздів (САУРП) таких приладів, як лідари, радари та відеокамери.

Одним із показових проєктів САУРП є безпілотні трамваї компанії Siemens, яка представила свій проєкт у вересні 2018 року на виставці Innotrans. Цей трамвай експлуатується в Потсдамі.

Усі три типи датчиків мають свої сильні сторони. Поєднання їх різних точок зору, забезпечує надійну основу для прийняття рішень (рисунки 8.1) [9].

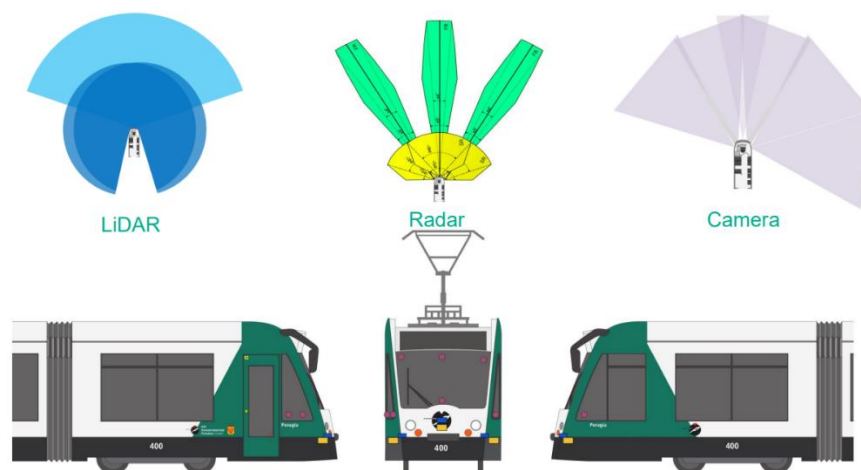


Рисунок 8.1 – Налаштування датчиків

Інформація, отримана від сенсорів, дає змогу оцінювати та приймати рішення в таких ситуаціях:

Наближення до сигналу:

1 Датчики зчитують навколишнє середовище:

- a) Сигнал попереду;
- b) Статус: «Стоп» або «Підготовка до зупинки»;
- c) Власна швидкість і відстань до сигналу.

2 Алгоритми оцінюють і роблять висновок:

- a) «Помірне гальмування до повної зупинки»;
- b) «Почніть знову рухатися, коли сигнал перемкнеться, щоб поїхати».

3 Приводи виконують правильні дії:

- a) Знизьте швидкість до нуля або прискоріться та продовжуйте рух.

Наближення до станції:

1 Датчики зчитують навколишнє середовище:

- a) Станція попереду;
- b) Люди стоять занадто близько до краю платформи;
- c) Власна швидкість і відстань до людей.

2 Алгоритми оцінюють і роблять висновок:

- a) «Сигнал попередження» - якщо реакції немає, то «Загальмуйте і зупиніться перед виявленим об'єктом».

3 Приводи виконують правильні дії:

- a) Увімкніть попереджувальний дзвінок, а потім зменшить швидкість до нуля.

Перетин з транспортними засобами:

1 Датчики зчитують навколишнє середовище:

- a) Рухомий об'єкт на колії;
- b) Поточна швидкість автомобіля та трамвая;
- c) Відстань до автомобіля.

- 2 Алгоритми оцінюють і роблять висновок:
  - a) Дзвінок, щоб попередити? Гальмо? Готові зупинитися?
- 3 Приводи виконують правильні дії:
  - a) Відрегулюйте швидкість до нуля.

Перехід пішоходів:

- 1 Датчики зчитують навколишнє середовище:
  - a) Рухомий об'єкт на колії;
  - b) Поточна швидкість пішоходів і трамвая;
  - c) Відстань до пішоходів.
- 2 Алгоритми оцінюють і роблять висновок:
  - a) Дзвінок, щоб попередити? Гальмо? Готові зупинитися?
- 3 Приводи виконують правильні дії:
  - a) Відрегулюйте швидкість до нуля.

Cognitive Rail Pilot – система допомоги машиністу на базі штучного інтелекту (далі ШІ) розроблена компанією Cognitive Technologies [9]. Дана система дає змогу за допомогою технологій комп'ютерного зору, міліметрової радіолокації та ШІ (рисунок 8.2) розпізнавати потенційно небезпечні об'єкти на залізниці (інший рухомий склад, стрілки, колії, людей, світлофори).

Система Main Line System поєднує в собі чутливі датчики зображення зі штучним інтелектом і технологіями глибокого навчання для виявлення та класифікації перешкод на коліях та поблизу них у заздалегідь визначеній зоні (рисунок 8.3). Вона генерує візуальні та акустичні сповіщення в реальному часі як для машиніста, так і для командно-контрольного центру оператора. Дані, які збираються та аналізуються, є основою для додаткових функцій Rail Vision, включаючи навігацію на основі зображень, прогнозне обслуговування та картографування ГІС.

Система Main Line System забезпечує:

- система раннього попередження, асистент машиніста;
- автоматичне виявлення та класифікація перешкод;

- виявляє перешкоди на відстані до 2 км/1,2 милі;
- робота в суворих погодних умовах;
- можливість масштабування;
- інтегрується з існуючими підсистемами.

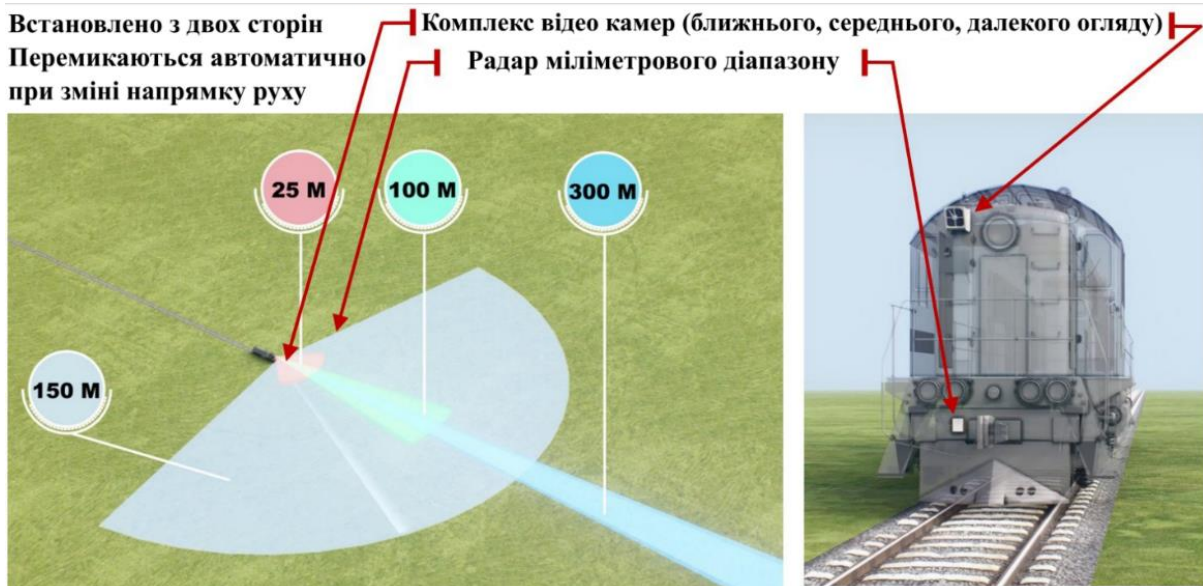


Рисунок 8.2 – Склад системи Cognitive Rail Pilot:

1 – блок відеокамер з електронною системою контролю та підтримки клімату та трьох осьовою системою гасіння вібрацій;  
2 – спеціалізований радар міліметрового діапазону високої роздільної здатності; 3 – високопродуктивний блок обчислень в індустріальному виконанні



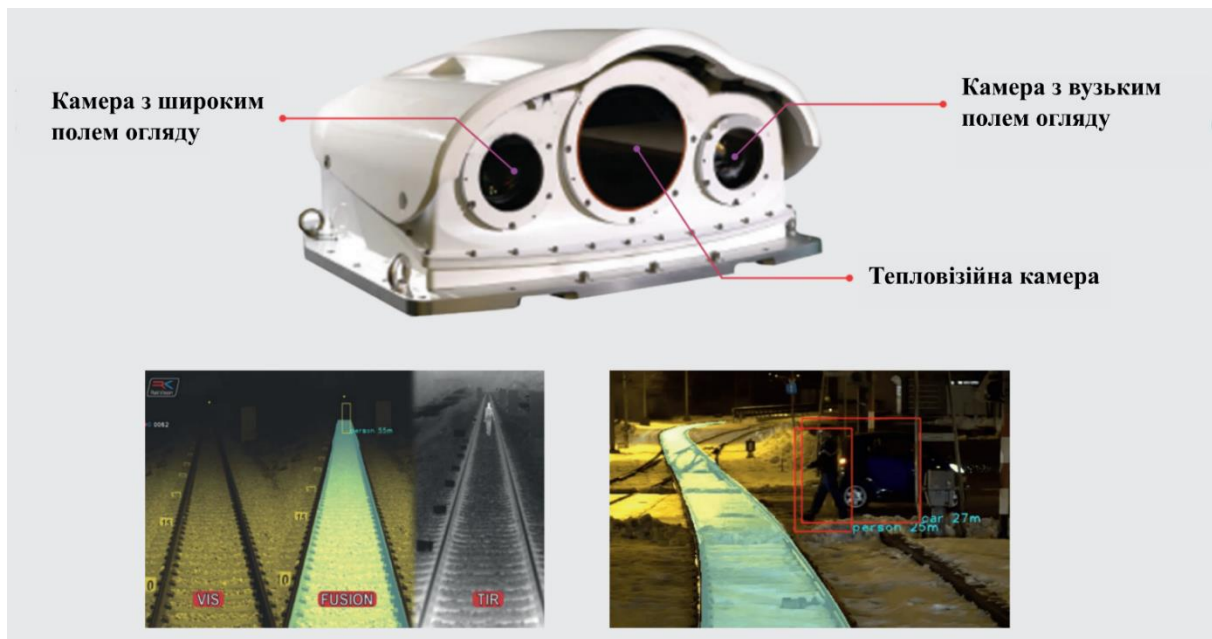


Рисунок 8.3 – Main Line System

Основні характеристики Main Line System подано в таблиці 8.1.

Таблиця 8.1 – Основні характеристики системи Main Line System

Тип інтерфейсу	Характеристика	Цифри та деталі
1	2	3
Механічний	Розмірно-сенсорний блок (SU)	600x670x332 мм
	Блок обчислення розміру (CU)	690x362x505 мм
Температура	Робоча температура	-20° до +55°С
Електричний	Вхідна напруга	72 VDC (адаптація до платформи)
	Потужність	< 800
	Монітор	HDMI
	Аудіо	Вбудовано у відео
Зв'язок	Мережа	Ethernet
		CAN
		3G, LTE



Продовження таблиці 8.1

1	2	3
Дальність виявлення	Шляхошукач	До 900 м
	Положення стрілки	До 300 м
	Людина	До 1500 м
	Транспортний засіб	До 2000 м
	Кінець рейки	До 600 м
Стандарти	Умови навколишнього середовища	EN 50155, EN 61373, EN 60529
	Стандарт безпеки	EN 50126, EN 50657
	Протипожежний захист	EN 45545
	Електромагнітна сумісність	EN 50121
	10-95 % RH, без конденсації	Відповідає вимогам

Камера – це основний та єдиний сенсор, що надає інформацію, за допомогою якої можна розрізняти кольори, визначати показання світлофора або виконувати розпізнавання знаків. Зображення з камер піддаються глибокому опрацюванню та інтерпретації отриманих даних за допомогою нейромереж, які класифікують об'єкти (людина, автомобіль, рухомий склад, стрілки, рейки і т. д.) [9].

Камери дешевші від лідарів та радарів, але основним недоліком їх є залежність від погодних умов (зростання помилок при поганій якості зображення, недостатній освітленості, відблиски та засвіти), у зв'язку з чим виникає потреба в інших джерелах даних. Також камери є досить крихким виробом, не здатні працювати при низьких та високих температурах без додаткового захисту та погано захищені від зовнішніх фізичних впливів, однак такий недолік нівелюється встановленням їх у спеціальні захисні блоки.

Лідари – знаходяться на другому місці за розповсюдженістю після камер. Даний пристрій висвітлює об'єкт (поверхню) коротким світловим

імпульсом та вимірює час, за який сигнал повертається до джерела. В результаті формується хмара точок, на основі яких будується тривимірне зображення простору (аж до 360°) навколо пристрою в реальному часі. Лідар можна використовувати в будь-якому освітленні. Затребуваність їх застосування у системах комп'ютерного зору на залізничному транспорті обумовлена гарною відображаючою здатністю інфраструктури і рухомого складу, що дозволяє детектувати перешкоди на віддаленості до 150 м.

Також компанія Bosch Engineering GmbH розробила для залізничного транспорту нову систему попередження про небезпеку зіткнення. Система складається з радару та відеокамери для фіксації автомобілів, автобусів, залізничних транспортних засобів і статичних перешкод. «Використання системи дає змогу попереджати машиністів про виникнення небезпечних ситуацій на рейках і сприяє запобіганню аварій, – повідомляє Бернхард Бір, Президент Bosch Engineering GmbH. – Це значно підвищує безпеку пасажирів і водіїв під час руху». З початку 2014 транспортні компанії Ганновера і Франкфурта проводять в реальних умовах випробування трамваїв, оснащених такою системою. Дані випробування дозволять Bosch Engineering провести подальше вдосконалення системи і завершити процес її підготовки до запуску в серійне виробництво в 2015 році.

### **Контрольні запитання для самопідготовки**

- 1 Яке призначення одометрів?
- 2 Які є типи одометрів?
- 3 Яка функція одометрів в системі ETCS?
- 4 Яка основна причина похибки одометра, який працює на поїзді?
- 5 Які прилади вносять коригувальні поправки в роботу одометра?
- 6 Які переваги та недоліки застосування відеокамер, лідарів та локаторів на залізниці?

## **ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 9. Системи автоведення поїздом**

### **Призначення систем автоведення поїздів**

Системи автоведення приміських електропоїздів, поїздів вантажного і пасажирського руху призначені для автоматизованого управління рухомим складом з дотриманням норм безпеки руху відповідно до заданого часу ходу (або графіком) на основі вибору енергетично раціонального режиму руху.

Системи автоведення відносяться до автономних систем автоведення, тобто своє місцезнаходження і необхідні режими руху система визначає самостійно.

Системи автоведення полегшують працю машиніста, сприяють підвищенню продуктивності праці, дозволяють економно витратити електроенергію та вести облік її витрати. Підвищується безпека руху за рахунок автоматичного виконання швидкісного режиму руху за сигналами світлофорів з урахуванням постійних і тимчасових обмежень швидкості, а також за рахунок зменшення стомлюваності машиніста. Система контролює правильність роботи функціональних вузлів апаратури, здійснюючи при цьому функцію самодіагностики. До складу систем автоведення входить реєстратор параметрів руху (РПДА).

Системи автоведення виконують такі функції:

- визначають фактичні параметри руху поїзда і виводять їх на екран дисплея;
- ведуть розрахунок рекомендованих параметрів руху поїзда і керуючих впливів в реальному часі;
- керують тягою і гальмуванням;
- здійснюють візуальний і звуковий діалог з машиністом;
- здійснюють запис реєстрованих параметрів на картридж (через підсистему РПДА);
- проводять тестування апаратури автоведення, тягового обладнання рухомого складу та здійснюють контроль справності апаратури.

## **Можливості системи автоведення**

Система автоведення забезпечує підтримку заданої швидкості та безперервно розраховує її оптимальне значення в умовах поїзної обстановки, яка постійно змінюється, мінімізуючи витрати електроенергії і жорстко дотримуючись розкладу (для пасажирського руху) або перегінного часу ходу (для вантажного руху).

Дисплей системи інформує машиніста про поточні параметри проходження:

- координата, швидкість і час;
- профіль колії;
- сигнал локомотивного світлофора;
- поточне і наступні обмеження швидкості;
- найближчі станції і колійні об'єкти;
- інформація про виконання розкладу руху.

За бажанням машиніст може вивести на екран додаткову інформацію, наприклад, тиск в гальмівній магістралі, список всіх обмежень швидкості, значення струмів, перегін між пунктами зупинок та інше. Зміни в налаштуваннях системи і введення даних перед початком руху проводяться зчитуванням їх з картриджа або через відповідне меню за допомогою клавіатури. Робота з меню системи автоведення за складністю не перевищує роботу з меню мобільного телефону.

Тести роботи апаратури системи автоведення та електровоза (електропоїзда) також проводяться через меню. Діагностика в обов'язковому порядку проводиться перед початком роботи системи автоведення. У деяких системах реалізована функція самодіагностики апаратури в процесі руху [11].

## **Контрольні запитання для самопідготовки**

1 Яке призначення системи автоведення?

- 2 Що забезпечує система автоведення поїзду?
- 3 Як проводяться зміни в налаштуваннях системи та введення даних перед початком руху?
- 4 В чому полягає діагностика системи автоведення?
- 5 Які є поточні параметри проходження шляху та як вони відображаються?

### **ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 10. Особливості систем автоведення на високошвидкісних залізничних магістралях**

ВШМ – як правило, виділена (спеціалізована) високошвидкісна залізнична лінія, на якій по всій її довжині або на окремих ділянках переміщуються пасажирські поїзди зі швидкостями понад 200 км/год.

Сьогодні високошвидкісний залізничний транспорт є системою (англ. High-speedrail system), що включає як комплекс технічних компонентів (інфраструктури, рухомого складу, систем управління та ін.), так і обов'язковий набір організаційних рішень щодо фінансування, безпеки, економічних, комерційних, організаційних, соціальних аспектів цього виду транспорту, з обліку природних умов і людського фактора.

Високошвидкісний поїзд (рисунок 10.1) по визначенню міжнародного союзу залізниць (UIC) – це потяг, сконструйований на основі передових технологій таким чином, щоб гарантувати безпечний та безперервний рух:

- зі швидкістю не менше 250 км/г на спеціально побудованих лініях (ВШМ), забезпечуючи швидкість понад 300 км/г за відповідних умов;
- зі швидкістю близько 200 км/г на модернізованих існуючих лініях;
- з максимально можливою швидкістю на інших лініях.

Конструкційна швидкість високошвидкісних поїздів повинна бути принаймні на 10 % вище за швидкість комерційної експлуатації.



Рисунок 10.1 – Високошвидкісний поїзд

### **ERTMS (European Rail Traffic Management System).**

7 основних цілей при створенні цієї системи звучать так:

- 1 Інтероперабельність.
- 2 Безпека.
- 3 Ємність.
- 4 Доступність.
- 5 Економічна ефективність.
- 6 Мінімум бортового обладнання.
- 7 Відкритий ринок.

Міжнародний союз залізниць виділяє чотири типи систем високошвидкісного сполучення (рисунок 10.2):

Система ERTMS має дві підсистеми:

– напільна (колійна) підсистема, яка включає в себе сигнали, систему розпізнавання та управління, диспетчерські пульти керування та систему передачі даних між ними;

– бортова (локомотивна) підсистема, що включає всі елементи, які знаходяться на борту поїзда.

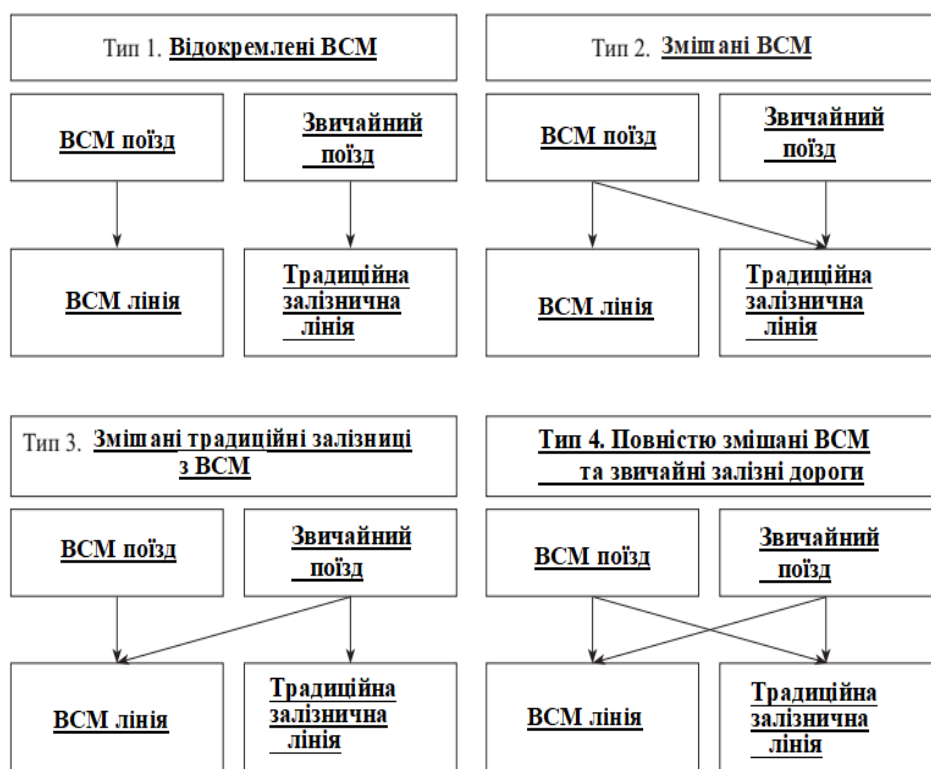


Рисунок 10.2. – Класифікація ліній високошвидкісного руху

Система ERTMS має дві підсистеми:

– напільна (колійна) підсистема, яка включає в себе сигнали, систему розпізнавання і управління, диспетчерські пульти керування і систему передачі даних між ними;

– бортова (локомотивна) підсистема, що включає всі елементи, які знаходяться на борту поїзда.

Донедавна вважалося, що тільки колійна підсистема – це система сигналізації. Бортові системи з'явилися лише разом з системою ATP (Automatique Train Protection), що вимагає на борту складного обладнання: датчики зчитування міток і блок обробки. Обладнання може втручатися в рух поїзда в деяких випадках (перевищення допустимої швидкості, недостатнє гальмування, проїзд сигналу). Якщо проводити паралелі зі звичайною сигналізацією, включаючи сигналізацію в кабіні, можна сказати, що відкриття сигналу в ERTMS замінено дозволом маневру, виведеним на інтерфейс машиніста за допомогою вказівки граничної дозволеної

швидкості і/або вказівки щодо режиму ведення поїзда, режими нормальний, ведення в межах видимості, маневровий рух та інше).

Оскільки система поширюється не тільки всією Європою, але розроблялася як Європейська, було необхідно визначити єдину термінологію з урахуванням особливостей кожної країни Європи, наприклад:

- визначення маневрового ходу різняться в різних країнах;
- режим ведення поїзда під відповідальність машиніста застосовується тільки на деяких мережах, і було необхідно відтворити цей режим руху.

Режими ходу ERTMS:

- номінальний режим (full supervision або FS), який відповідає нормальному ходу;
- маневровий режим (Shunting або SH), відповідний маневровому ходу;
- режим в межах видимості (On Sight або OS), відповідний ходу в межах видимості.

До цих найпоширеніших режимів можна додати особливі режими:

- під відповідальність персоналу (Staff Responsible або SR);
- очікування (Stand By або SB);
- екстреного гальмування (Reversing або RV);
- екстреної зупинки (Train Trip);
- неактивний (Unfitted), що вказує, що ERTMS не працює;
- допоміжний (Non Leading, який вказує, що ведення поїзда здійснюється з іншої кабіни).

Ці вказівки режиму у вигляді символів виводяться на інтерфейс і можуть бути різних кольорів (червоний, жовтий, зелений) залежно від терміну їх застосування – негайного або планованого. Відкриття будь-якого



сигналу на сигнальній системі означає дозвіл почати рух, можливо рух з дотриманням деяких умов, які уточнюються видом самого сигналу.

В системі ERTMS, в якій згодом можна буде повністю відмовитися від бічної колійної сигналізації, дозволи передаються не за допомогою сигналу, а за допомогою повідомлення, що видається системою, який оброблюється потім бортовою системою та передається на Інтерфейс Людина/Машина у вигляді вказівок, що дозволяють поїзду рух у вигляді обмеження допустимої швидкості і режиму ведення поїзда.

Коли працює система типу «Automatic Train Protection», в разі зупинки або уповільнення поняття гранично допустимої швидкості доповнюється поняттям швидкості, контрольованої системою, яка і є гранично допустимою швидкістю на даний момент.

В системі ERTMS існує кілька визначень, що стосуються швидкості:

1 *Гранично допустима швидкість при уповільненні.* Ця швидкість відповідає швидкості, розрахованої системою: це не гранично допустима швидкість, що враховує особливості інфраструктури і стан поїзда, але гранично допустима безпечна швидкість, запропонована системою, швидкість уповільнення та як правило, не вказується машиністу (крім систем сигналізації LZB або ERTMS).

2 *Реальна швидкість* – реальна (фактична) поточна швидкість поїзда. Вона вказується при будь-якому типі сигналізації на покажчику швидкості. На інтерфейсі типу ERTMS, покажчик показує три швидкості, необхідних для ведення поїзда: гранично допустима швидкість, реальна швидкість і цільова швидкість.

3 *Цільова швидкість* – швидкість, яку поїзд повинен буде досягти у деякій точці. Вона може дорівнювати нулю, якщо потрібно зупинка в деякій точці колії:

– в класичній колійній сигналізації це вказівка системи відповідає вказівкою, що видається виконавчим сигналом у разі уповільнення або попереджувальним сигналом в разі зупинки;

– в сигналізації TVM це вказівка відповідає авансовому сигналу швидкості, показаному чорним шрифтом на білому фоні, постійним або переривчастим сигналом, в залежності від наступної вказівки;

– в ERTMS або LZB цільова швидкість виводиться на інтерфейс, на той же індикатор, що і гранично допустима швидкість (швидкість лінії або запропонована в разі уповільнення), реальна швидкість та цільова швидкість.

Різні дослідження, проведені з ERTMS, показали необхідність трьох рівнів ERTMS:

– рівень 1 призначений для нинішніх ліній, оснащених бічною колійною сигналізацією, функціональні можливості яких можна порівняти з можливостями систем, де передача інформації здійснюється через радіомаяки (наприклад, KVB у Франції),

– рівень 2 призначений для споруджуваних ліній, з системами передачі порівнянними з TVM або LZB, рівень 2 також може застосовуватися додатково до нині існуючої сигналізації,

– рівень 3, що дозволяє забезпечити максимальну продуктивність лінії, і не має традиційних колійних пристроїв.

Відмінності між цими трьома рівнями стосуються:

1 Способу передачі інформації (Eurobalise для рівня 1, GSM-R для рівнів 2 і 3).

2 Способом визначення місця розташування – РК або лічильником осей для рівня 1 і 2 або самими поїздами на рівні 3.

Виявлення поїздів з використанням РК дуже бажано, так як РК одночасно визначають злам рейок, допускається також використання лічильників осей. На рівні 3 або в разі використання лічильників осей, передбачено розміщення спеціальних РК з оптимізацією на виявлення пошкодження рейкової лінії.

## **ERTMS рівня 1**

У тому, що стосується колійного обладнання, рівень 1 близький до більшості систем, що використовують радіомаяки, які експлуатуються в Європі. Впровадження рівня 1 не вимагає значних модифікацій сучасних стрілочних переводів та існуючих сигналів. Рівень 1, проте, може дозволити скасування частини колійної сигналізації або всю сигналізацію цілком. Єдина вимога – це забезпечення виявлення поїздів. Під час створення перших специфікацій ERTMS, для виявлення поїздів служили РК. Пізніше було прийнято рішення про використання лічильників осей, оскільки в специфікаціях ERTMS ніщо не суперечило використанню цієї технології. Рівень 1 являє собою уніфікацію систем, використовуваних в даний момент в Європі.

Система передачі даних на землю для рівня 1 ERTMS, називається системою передачі «Євромаяк». Ця система складається з:

- кодера, який служить інтерфейсом між сигналом і маяком. Кодер називається LEU – Лінійний Електронний Пристрій (Lineside Electronic Unit) і складається з двох частин: 1) частина, пов'язана з маяком, і стандартна для всієї Європи; 2) частина, пов'язана з сигналом і адаптована для кожної мережі;

- маяка, розташованого на колії, який має 2 уніфікованих інтерфейси для забезпечення обміну: 1) між маяком і LEU; 2) між маяком і приймачем поїзда. Євромаяк включає в себе також обладнання ВТМ для зчитування маяків, встановлених на кожному поїзді і включених до бортового обладнання.

Принцип функціонування рівня 1 такий. Вказівки сигналу перетворюються LEU в дозвіл на рух або маневр, якщо присутня вказівка режиму, або окремий наказ, відповідний єдиному в ERTMS кодованому повідомленню. Ці вказівки потім передаються через маяки бортовому

обладнанню поїзда, де вони обробляються і виводяться на Інтерфейс машиніста.

На рівні ERTMS 1 передбачено, що для колії світлофорна сигналізація збережеться, управління нею повинно здійснюватися існуючим обладнанням. Ця рекомендація зроблена не з технічних причин, крім випадків обмеження, описаних нижче, але з метою зробити перехід не таким швидкоплинним та болючим для машиністів, які мають усталену практику використання сигналізації.

Накладення двох індикацій, як правило, узгоджених між собою (показання колійного сигналу та сигналізації в кабіні машиніста), тим не менше, має проблемні моменти. У разі неузгодженості індикацій, (наприклад через дефект Євромаяків) виникає фундаментальне питання – що повинен враховувати машиніст: індикацію НМІ; індикацію сигналу колійного світлофора; найбільш обмежуючу індикацію з цих двох?

Поки точної і задовільної відповіді на це питання дано не було. При будь-якому з цих варіантів контроль швидкості буде залежний від індикації НМІ.

Необхідно відзначити, що деякі мережі вирішили зберегти тільки ту частину, яка стосується контролю швидкості і навіть прибрати інтерфейс НМІ, не використовуючи сигналізацію в кабіні машиніста. В даний час є дуже мало інформації, що дозволяє судити про вигоду таких заходів.

Можна припустити, що таке рішення абсолютно не відповідає філософії ERTMS, яка ставить за мету повного скасування колійних сигналів, віддаючи пріоритет сигналізації в кабіні, доступної будь-якому машиністу.

У ERTMS рівня 1 здійснюється точкова передача інформації та зобов'язує поїзд стояти в тому місці, де бортова антена (BTM) може отримувати сигнали з БАЛІС.

Якщо поїзд зупинився в положенні, коли антена та маяк не збігаються, при відсутності колійної сигналізації неможливо передати дозвіл на початок маневру. Це одна з причин, по якій для рівня 1 зберігається колійна сигналізація.

Два рішення можуть дозволити полегшити або скасувати колійну сигналізацію:

- колійна сигналізація повинна перетворитися в прості покажчики з одним світловим сигналом, який повинен дозволити машиністу наїзд на маяк, де йому будуть передані вказівки; ця сигналізація достатня на рівні 1 і можна, таким чином, усунути інші сигнали;

- заміна маяка петлею, що передає ту ж інформацію, що маяк, але прокладену протягом декількох метрів, в поєднанні з відміткою зупинки голови поїзда, так щоб антена ВТМ гарантовано знаходилася над петлею.

Навіть в разі полегшення або скасування колійної сигналізації, позначки небезпечних точок (точок ЕОА- End of Authority, «Кінець повноважень»), проїжджати які не можна в разі зупинки, залишається обов'язковою. У цьому випадку йдеться не про сигналізацію зі змінним значенням сигналів (закритий або відкритий сигнал), а про вказівки місця, схожих на кілометрові позначки чи постійні покажчики швидкості. Це скоріше позначки, а не сигнали. Ніяка інша передача інформації неможлива, крім точкової передачі під час проїзду над маяком. Це обмеження викликає проблеми на лініях з високою щільністю руху.

Під час впровадження системи KVB у Франції було помічено, що зменшується пропускна спроможність ліній паризького регіону. Причини були дуже скоро встановлені:

- до введення KVB, коли машиніст упізнавав попереджувальний сигнал, він знижував швидкість так, щоб зупинитися у виконавчого сигналу зупинки, у разі відкриття сигналу, машиніст знижував уповільнення або навіть прискорював поїзд;

– після введення системи KVB такі дії машиніста волали перемикання системи на себе, так як для системи крива гальмування повинна була дотримуватися аж до зупинки, оскільки система не інформувала про те, що сигнал знову відкритий. Рішення полягало в установці проміжного маяка системи KVB, який повторює індикацію сигналу та звільняє поїзд від дотримання кривої гальмування;

– цей захід було запроваджено в ERTMS шляхом створення проміжних маяків між авансовим (проміжним) сигналом і маяком сигналу зупинки в межах видимості сигналу зупинки.

## **ERTMS рівня 2**

Основне нововведення порівняно з ERTMS рівня 1 та порівняно з більшістю існуючих систем – це новий спосіб передачі інформації. Прогрес в області радіопередачі дозволив швидкий розвиток мобільної телефонії. До цього радіо не розглядалося як надійний засіб передачі команд безпеки, за винятком голосових депеш, які потребують підтвердження та звірки. Надійність і поширеність мобільної телефонії (GSM) дозволило розглянути використання цього каналу, за умови розробки версії, цілком призначені для залізничних потреб – GSM-R.

У порівнянні з методом передачі за допомогою радіомаяка, передача радіоканалом дозволяє використовувати її в будь-який момент часу, таким чином, стає можливим скасувати всю колійну сигналізацію, за винятком відміток небезпечних точок, перетинати які не можна при сигналі, що вимагає зупинку.

Всі дані, що стосуються сигналізації, зібрані в керуючому центрі, званому RBC (Радіо Блок Центр), функції якого – передавати індикацію і інформацію різним поїздам, що рухаються в зоні його дії. Для передачі використовується радіозв'язок GSM-R.

GSM-R – це один із суміжних стандартів GSM загального користування, в основі якого лежать такі самі технічні рішення. До стандарту GSM додані специфічні функції, так щоб він відповідав потребам залізничного транспорту:

- груповий виклик і групова передача;
- прискорене з'єднання;
- управління властивостями мережі;
- передача специфічних даних, необхідних для залізничної сигналізації.

Важливо відзначити, що всі компоненти системи GSM-R оснащені шифрувальним програмним забезпеченням «Euroradio», з метою перешкоджання спотворень повідомлень як навмисних, так і випадкових.

Команди, еквівалентні відкриттю або закриттю сигналу, що надходять зі стрілочного переводу, передаються в RBC і він:

- здійснює перетворення цієї індикації в дозвіл на маневр, якщо є вказівка режиму або спеціальних вказівок, згідно з єдиним кодом ERTMS (кодоване повідомлення);
- передає вказівки поїзду.

ERTMS рівня 2 може таким чином, функціонувати з електричними централізаціями, які вже встановлені і використовують класичний спосіб виявлення поїзда: РК або лічильники осей. Можна відзначити, що багато сучасних систем електричної централізації (МПЦ) мають систему комп'ютерного блокування (SEI), які полегшують підключення інтерфейсу RBC.

У ERTMS рівня 2 колійна сигналізація більше не потрібна, керування сигналізацією в кабіні здійснюється нині діючим обладнанням, відкриття або закриття сигналу буде замінено передачею індикації або наказу в кабіну. Таке зникнення класичної сигналізації не обов'язково, можна зберегти

паралельне функціонування ERTMS рівня 2 і іншої системи сигналізації, будь то бічна колійна (KVB) або в кабіні (TVM або ERTMS рівня 1).

У разі паралельного використання з напільною сигналізацією, з ергономічних міркувань необхідно буде відключити використання сигналів, для того, щоб машиніст не отримував суперечливої інформації. Щоб поїзд міг визначити своє місцезнаходження якомога точніше, і забезпечити коректне функціонування контролю швидкості, встановлюються маяки підлаштування, необхідні для роботи одометра бортової системи. Тому на колії встановлюють Євромаяки з однією функцією – уточнення роботи одометра.

Колійне обладнання рівня 2 складається, таким чином, з таких елементів: RBC і відповідного телекомунікаційного обладнання (радіоантени); Євромаяки.

Хоча вся сигналізація виводиться в кабіну, залишається необхідним робити позначки про небезпечні місця (EOA – End Of Authority), коли сигналізація в кабіні наказує зупинку. Ці позначки зазвичай відповідають сигналу зупинки колійної сигналізації і є, як правило, відправною або кінцевою точкою маршруту.

Вони зазвичай виконані у вигляді постійної світлоповертаючої кокарди прямокутної форми. На ній зображена жовта стрілка в білій облямівці на блакитному фоні. Вістря стрілки показує колію, якій адресована відмітка. Ці позначки пронумеровані, також як і бічні сигнали звичайної сигналізації. Колійники відносять їх до сигналів, хоча вони постійні і не мають іншої індикації.

Ці позначки доповнені іншими панно, що вказують перехід між системами:

- напільна сигналізація > сигналізація в кабіні (або навпаки);
- сигналізація в кабіні, відмінна від ERTMS > сигналізація ERTMS.



### ERTMS рівня 3

ERTMS рівня 3 призначається для самостійного напільного використання, без інших систем сигналізації, виняток становить лише перехідний період. Мета сигналізації даного рівня – забезпечення максимального завантаження лінії, при цьому система використовує технологію рухомих блок-ділянок (рисунок 10.3) [11].

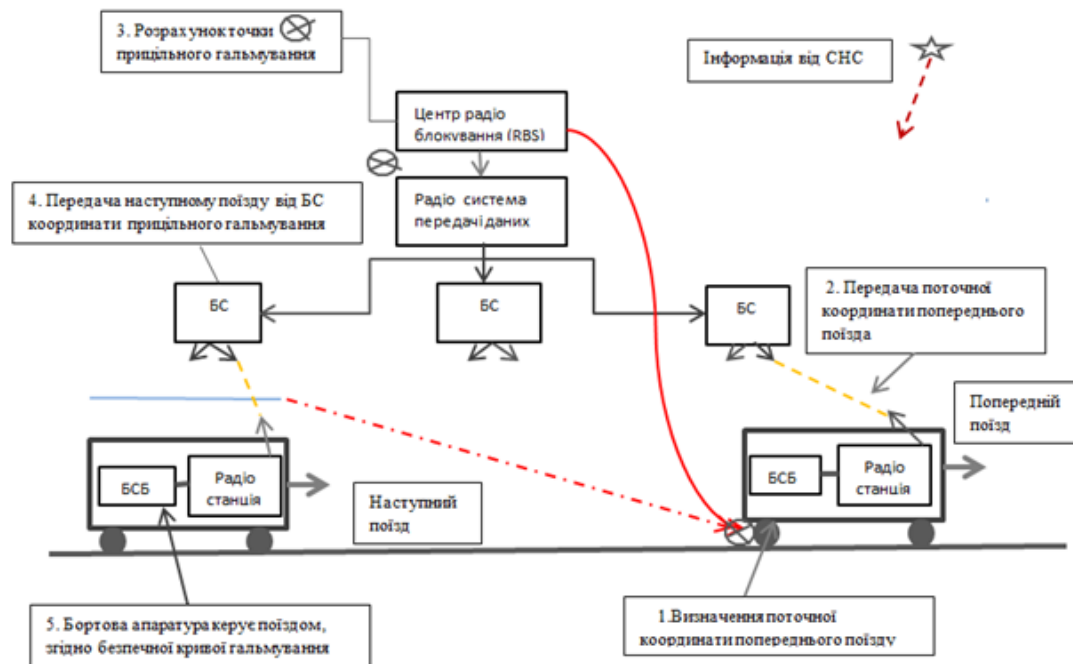


Рисунок 10.3. – Координатна система інтервального регулювання з використанням технології рухомих блок-ділянок

Локалізація поїзда виконується самими потягами (звукове колесо, GSM, супутникова навігація). Передача інформації здійснюється тільки по радіо GSM-R. Безпека повністю покладена на RBC, який знаходиться на зв'язку з установками диспетчерів, і які видають дозволи на початок руху. (МА – Mouvement Authority) на нерухомих або рухомих блоках, залежно від інформації про місцезнаходження поїзду (локалізації), переданої самими потягами. Ця інформація еквівалентна інформації по заняттю поїздами блоків або зон.

ERTMS рівня 3 змушує постійно контролювати цілісність поїзда.

Оскільки система виявлення поїзда за допомогою РК або лічильника осей відсутня, немає гарантії того, що поїзд зберіг цілісність свого складу. Така перевірка рухомого складу на цілісність, або ручне блокування є одним з фундаментальних понять залізничної безпеки (будь-яка регламентація блокування наказує оператору, перед звільненням колії, перевірити «цілісність» поїзда). Тому необхідно, щоб на борту поїзда знаходився компонент, що визначає і гарантує «цілісність» поїзда, при цьому настільки ж надійний, як і РК або лічильники осей.

Якщо в елементі неподільного рухомого складу таку гарантію легко отримати, то для звичайного поїзда зі змінним складом ця задача не є такою легкою. Крім колійних систем виявлення (РК або лічильник осей), які можуть бути відсутніми в ERTMS рівня 3, інше колійне обладнання буде ідентично ERTMS рівня 2.

РК для виявлення дефектних рейок також можуть бути встановлені, але вони не є обов'язковим елементом системи. Прихильники системи ERTMS рівня 3 розглядають її як універсальну систему, яка при довгостроковому плануванні може бути адаптована для всіх залізничних ліній, включаючи найбільш завантажені.

### **Контрольні запитання для самопідготовки**

1 Які типи систем високошвидкісного сполучення виділяє Міжнародний союз залізниць та в чому їх різниця?

2 Скільки рівнів технічної реалізації передбачає Концепція побудови Єдиної європейської системи керування рухом поїздів?

3 За рахунок чого в європейській системі ERTMS/ETCS, ERTMS/GSM-R досягається висока пропускна спроможність на високошвидкісних лініях?

4 Що по суті являє собою ETCS рівня 1?

5 Що по суті являє собою ETCS рівня 2?

6 Що по суті являє собою ETCS рівня 3?

## Список літератури

- 1 Мусієнко О. І. Аналіз стану безпеки руху на залізницях України у 2010 році. Державна адміністрація залізничного транспорту України. Київ. 2011. 53 с.
- 2 Математичне моделювання в розподілених інформаційно-керуючих системах залізничного транспорту: монографія / С. В. Лістровий, С. В. Панченко, В. І. Мойсеєнко, В. М. Бутенко. Харків: ФОП Бровін О.В., 2017. 220 с.
- 3 Мороз В. П. Методичні вказівки до виконання лабораторних занять, самостійної роботи, курсового та дипломного проектування з дисциплін «Технічні засоби автоматизації» та «Колійні датчики» «Дослідження систем лічення осей» / В. П. Мороз, С. О. Змій. Харків: УкрДУЗТ, 2019. 24 с.
- 4 Відмовостійкий колійний індуктивний датчик: Пат. 127127 Україна, МПК В61L1/08, В61L25/00, G08G7/00 / Бабаєв М. М., Ананьєва О. М., Прилипко А. А., Змій С. О., Мороз В. П., Куценко М. Ю., Щєбликіна О. В., Панченко В. В. Заявник і патентовласник: Український державний університет залізничного транспорту, Харків; за реєстр. 11.05.2023, бюл. №19/2023.
- 5 Кошевий С. В., Каменєв О. Ю. Розрахунок і дослідження електромагнітних процесів у пристроях інтервального регулювання руху поїздів на перегонах. Завдання і методичні вказівки до практичних занять та виконання розрахунково-графічної роботи з дисципліни «Системи автоматики на перегонах». Харків: УкрДУЗТ, 2015. 43 с.
- 6 Гололобова О. О. Моделювання індуктивного сполучення локомотивних пристроїв автоматичної локомотивної сигналізації неперервного типу з рейковим колом. *Електромагнітна сумісність та*

*безпека на залізничному транспорті*. Дніпропетровськ: ДНУЗТ, 2019. Вип. 17. С. 99-108.

7 G. Theeg, S Vlasenko, Railway Signalling and Interlocking. International Compendium. Hamburg, Eurail-press Publ., 448 (2009)G.

8 Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Системи автоматики на перегонах», «Приймальні локомотивні пристрої автоматичної локомотивної сигналізації» / С. В. Кошевий, О. А. Абакумов, М. В. Ушаков. Харків: УкрДАЗТ, 2012. 50 с.

9 Розвиток безпілотних технологій на залізничному транспорті. URL: <https://habr.com/en/articles/502202/> (Дата звернення: 11.04.2024).

10 Технології Bosch для підвищення безпеки міського руху. URL: <https://ua.motofocus.eu/news/7140,thnolog-bosch-dlya-pdvishtnnya-bzprki-msyкого-ruhu> (Дата звернення: 11.04.2024).

11 Мойсеєнко В. І., Курцев М. С., Лазарєв О. В. Технології та технічні засоби систем керування рухом поїздів: навч. посіб. Харків: УкрДУЗТ, 2020. 97 с.

# МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання практичних робіт з дисципліни

*«ІННОВАЦІЙНІ СИСТЕМИ СИГНАЛЬНОГО АВТОРЕГУЛЮВАННЯ ТА  
БЕЗПЛОТНІ ПОЇЗДИ»*

Відповідальний за випуск Прилипко А. А.

---

Підписано до друку 24.04.2024 р.

Умовн. друк. арк. 4,75. Тираж . Замовлення № .

Видавець та виготовлювач Український державний університет  
залізничного транспорту,  
61050, Харків-50, майдан Фейєрбаха,7.

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 6100 від 21.03.2018 р.