

УДК 656.259.12

**ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЙКОВИХ КІЛ ТОНАЛЬНОЇ ЧАСТОТИ ЯК ТОЧКОВИХ ДАТЧИКІВ ДЛЯ СИСТЕМ ПЕРЕЇЗНОЇ СИГНАЛІЗАЦІЇ**

**П.О. Ордін, канд. техн. наук О.О. Удовіков**

**ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЛЬСОВЫХ ЦЕПЕЙ ТОНАЛЬНОЙ ЧАСТОТЫ КАК ТОЧЕЧНЫХ ДАТЧИКОВ ДЛЯ СИСТЕМ ПЕРЕЕЗДНОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ**

**П.А. Ордин, канд. техн. наук А.А. Удовиков**

**STUDY OF TONE FREQUENCY RAIL CIRCUITS AS POINT SENSORS FOR CROSSING SIGNALING SYSTEMS**

**P.O. Ordin, cand. of techn. science O.O. Udovikov**

*У статті наведено дослідження тональних рейкових кіл як точкових колійних датчиків для контролю рухомого складу. Здійснено аналіз вимірювальних сигналів, розраховано їхні оптимальні параметри. Виконано математичне моделювання процесу контролю рухомого складу для різних умов застосування точкових колійних датчиків у системах автоматичної переїзної сигналізації.*

**Ключові слова:** переїзна сигналізація, тональне рейкове коло.

*В статті представлено дослідження тональних рельсових цепей як точечных путевых датчиков для контроля подвижного состава. Выполнен анализ измерительных сигналов, рассчитаны их оптимальные параметры. Выполнено математическое моделирование процесса контроля подвижного состава для различных условий применения точечных путевых датчиков в системах автоматической переездной сигнализации.*

**Ключевые слова:** переездная сигнализация, тональная рельсовая цепь.

*In this article a voice-frequency rail circuit as point travel sensor is presented for monitoring of rolling stock. The analysis of the application of different types of point position encoders for control conditions of rolling stock in the automatic crossing signals. Most suitable for this purpose are track circuits tone limited zone bypass. Mathematical modeling of the processes of measurement input impedance short track circuit and optimum amplitude and frequency parameters of the sensor, to effectively control the passage through the crossing of mobile units. The obtained results allow to develop technical solutions that enhance the efficiency of the systems of automatic crossing signals. Privacy functioning railway crossings is one of the most urgent tasks. The basic element of security systems crossings are sensors control of rolling stock. This article gives an analysis of different types of point of travel sensors to monitor conditions of rolling stock in the automatic crossing signals. Most suitable for this purpose are track circuits tone limited zone bypass. Mathematical modeling of the processes of measurement input impedance short track circuit and optimum amplitude and frequency parameters of the sensor, to effectively control the passage of the mobile unit through the crossing. The obtained results allow to develop technical solutions that enhance the efficiency of the systems of automatic crossing signals.*

**Keywords:** crossing signalling, voice-frequency rail circuit.

**Вступ.** Невід'ємною частиною систем переїзної сигналізації є колійні датчики, які фіксують проходження рухомого складу і забезпечують керування роботою світлофорів і шлагбаумів. На даний час найбільш перспективним вважається застосування точкових колійних датчиків (ТКД), оскільки при цьому підсистема контролю рухомого

складу відокремлена від діючих рейкових кіл автоблокування.

**Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими та практичними завданнями.** Як датчики на залізничних переїздах можуть застосовуватися механоконтактні, магніто-

контактні, індуктивні, індукційні та резистивні точкові датчики [1].

Механоконтактні точкові колійні датчики (педалі) видають електричний сигнал при спрацюванні контактів їх вихідних елементів у результаті дії колеса на пружинно-важельний механізм датчика. У магнітоконтактних датчиках феромагнітна маса колеса впливає через магнітне поле джерела енергії на релейну вставку, яка виробляє електричний сигнал при спрацюванні контактів. В індуктивних датчиках принцип дії полягає у зміні індуктивності (коефіцієнта самоіндукції) первинного перетворювача в результаті зміни магнітного опору її магнітного кола. Індукційні колійні датчики використовують генераторні первинні перетворювачі, засновані на явищі електромагнітної індукції. Сигнал проходження колеса через зону дії датчика виробляється при впливі феромагнітних мас колеса на зв'язуюче постійне або змінне магнітне поле, у результаті чого змінюється величина магнітного потоку, з'єданого з електричними контурами первинного перетворювача, викликаючи появу індуктованих е.р.с., яка і є сигналом.

Принцип дії резистивних датчиків полягає у зміні зв'язуючої величини (магнітної, електромагнітної, тиску та ін.) активного опору електричного кола перетворювача. Джерело зв'язуючої енергії й первинний перетворювач об'єднані й виконані у вигляді автогенераторного резонансного коливального контуру, що випромінює височастотне магнітне поле.

Загальним недоліком перерахованих датчиків є необхідність їх незбійного механічного закріплення на рейках у певній орієнтації, від чого залежить працездатність системи в цілому. Тому здається доцільним використовувати у якості таких датчиків короткі рейкові кола тональної частоти [2].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** При організації ділянок наближення та віддалення зазвичай використовують рейкові кола діючого автоблокування, якщо ж на ділянці немає автоблокування, то рейкові кола встановлюють окремо для переїзду. При цьому спеціального розділення рейкових кіл для отримання розрахункової ділянки наближення до переїзду не передбачається. У разі невідповідності меж блок-ділянки з межами ділянки наближення сповіщення подається від межі блок-ділянки, на

якій розташовується ділянка наближення, а компенсація розрахованої довжини порівняно з існуючою здійснюється схемою керування. Для вимикання сигналізації після прослідування поїздом переїзду передбачається поділ рейкових кіл встановленням ізолюючих стиків біля переїзду.

Недоліком описаного вище способу є наявність ізолюючих стиків і можливість відмови при їх «сході» та необхідність втручання в організацію існуючих рейкових кіл.

ТКД, використовувані в системах огороження переїздів, виконують такі функції: подача пускових команд у виконавчі схеми на закриття і відкриття переїзду при підході або віддаленні поїзда; контроль напрямку руху; подача стартостопних сигналів у пристрої вимірювання часу (швидкості) наближення поїзда до переїзду; подача сигналів лічильника осей у пристроях контролю зайнятості ділянок наближення/віддалення.

Недоліки застосування ТКД для контролю ділянок наближення/віддалення витікають з самої природи ТКД – вони контролюють наявність або відсутність рухомої одиниці тільки в одній точці; при виході з ладу датчика система перестає функціонувати, можливе помилкове спрацювання або неспрацювання датчика, що може призвести до трагічних наслідків. Недоліки описаних вище способів контролю рухомого складу усуваються при застосуванні рейкових кіл тональної частоти.

Колійними колами накладання називають особливі види безстиківих РК тональної частоти, які можуть накладатися на різні кола постійного або змінного струму, не порушуючи їхньої нормальної роботи. Такі РК використовуються в якості додаткових колійних датчиків для формування інформації про наближення поїздів до переїздів.

Як і в загальних безстиківих колах, у колах накладання може використовуватися гальванічний або індуктивний зв'язок приймальної апаратури з рейковою лінією.

Розрізняють РК накладання з ємнісною компенсацією індуктивної складової рейкового контуру (1-2 кГц) і без ємнісної компенсації (5-40 кГц). Ємнісна складова в РК довжиною більше 500 метрів зменшує загасання кола, яке збільшиться при збільшенні довжини лінії та частоти сигнального струму. Кола без ємнісної

компенсації використовуються в якості точкових датчиків і мають малу довжину (зона дії приблизно 50 м).

Основна апаратура кіл накладання складається з генераторів ПГК1 і приймачів ППК1 камертонного типу, кожен з яких має чотири модифікації відповідно для частот 1562.66, 1672.29, 1831.25 й 2014.33 Гц, а також блок обминання ізолюючих стиків БОС-1.

**Визначення мети і завдання досліджень.** Описані варіанти РК накладання призначені для контролю відносно довгих ділянок колії, порядку десятків метрів. Тому для контролю більш коротких зон, які відповідають довжині вагонного візка, необхідно змінити схему підключення апаратури до рейок.

Мета дослідження – з'ясувати можливість застосування височастотних

тональних РК з короткою зоною шунтування і визначити їхні електричні параметри.

**Основна частина дослідження.**

Розглянемо варіант побудови ТКД, принцип дії якого побудовано на контролі вхідного опору рейкової лінії. Ширина зони контролю в цьому випадку буде залежати від частоти вимірювального сигналу, питомого опору ізоляції, а також від співвідношення опору вагонного шунта і вихідного опору джерела сигналу.

Для дослідження вказаних залежностей складемо схему заміщення (рис. 1), у якій:  $R_{ш}$  – опір шунта,  $x$  – відстань колісної пари від джерела живлення,  $PЛ$  – чотириполосник рейкової лінії з параметрами  $A, B, C, D$ , які залежать від  $x$ ;  $Z_{вх}$  – вхідний опір рейкової лінії,  $E_r$  – електрорушійна сила джерела живлення,  $Z_v$  – хвильовий опір рейкової лінії,  $Z_r$  – вихідний опір джерела живлення.

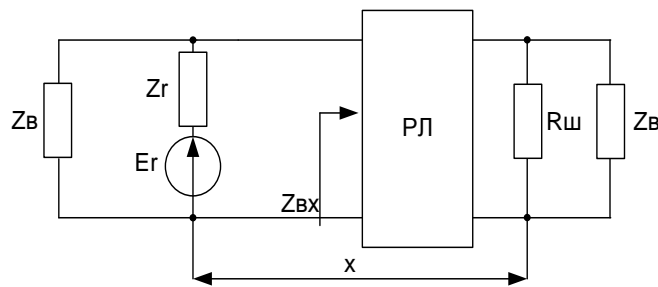


Рис. 1

Загальну матрицю даної схеми можна записати як

$$[A] = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ \frac{1}{Z_v} & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} A(x) & B(x) \\ C(x) & D(x) \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ \frac{1}{R_{ш}} & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ \frac{1}{Z_v} & 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

Вхідний опір такої схеми відносно точок підключення генератора розраховується як  $Z_{вх} = A_0/C_0$  [3].

Залежності вхідного опору від координати накладання вагонного шунта при частоті живлення 50 кГц наведені на рис. 2. З наведених результатів випливає, що для крайніх умов роботи РК (питомий опір ізоляції відповідно 0,5 та 50 Ом/км) довжина зон шунтування суттєво відрізняється, що

унеможливує використання даної схеми як "точкового" датчика.

Для усунення цього недоліку пропонується підключити до місць приєднання генератора резонансний шунтуючий контур LC (рис. 3), який обмежує зону розповсюдження сигналу. Загальна матриця такої схеми має вигляд

$$[A] = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ \frac{1}{Z_B} & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ j\omega L + \frac{1}{j\omega C} & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} A(x) & B(x) \\ C(x) & D(x) \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ \frac{1}{R_{ш}} & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ \frac{1}{Z_B} & 1 \end{bmatrix} \quad (2)$$

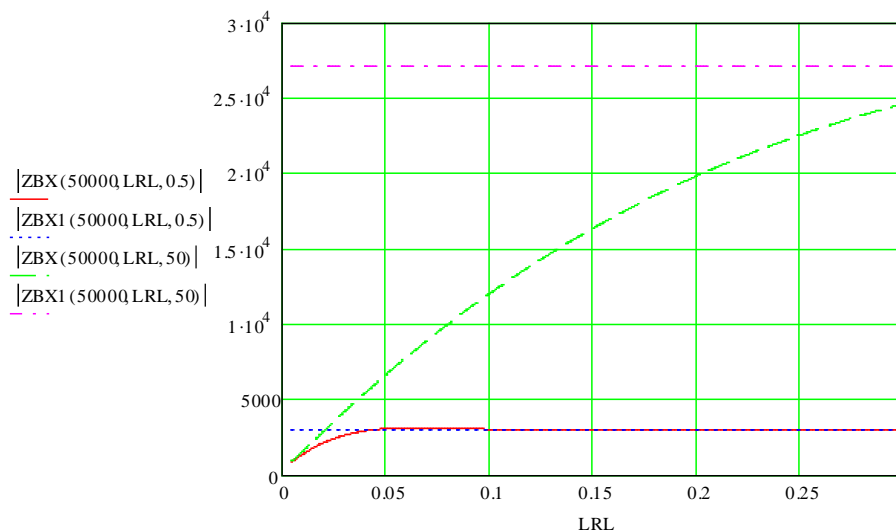


Рис. 2

Залежності вхідного опору від координати накладення вагонного шунта при частоті живлення 50 кГц наведені на рис. 4. З наведених результатів випливає, що для

крайніх умов роботи довжини зон шунтування практично не відрізняються і становлять не більше 3 м, що відповідає поставленим вимогам.

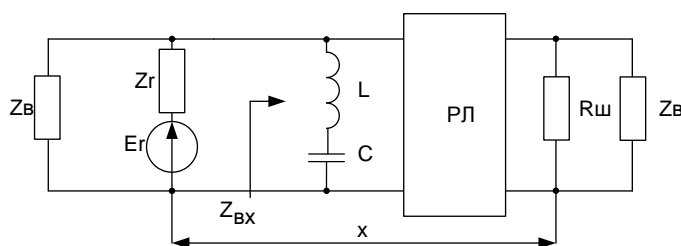


Рис. 3

**Висновки з дослідження і перспективи, подальший розвиток у даному напрямку.** За допомогою математичного моделювання процесу вимірювання вхідного опору рейкової лінії встановлено залежності цього опору від ординати поїздного шунта для різних частот і запропоновано схему вимірювань з

використанням резонансного шунту, яка дозволяє отримати коротку довжину зони шунтування. Подальші дослідження мають на меті встановлення практичних значень електричних параметрів вимірювальної апаратури.

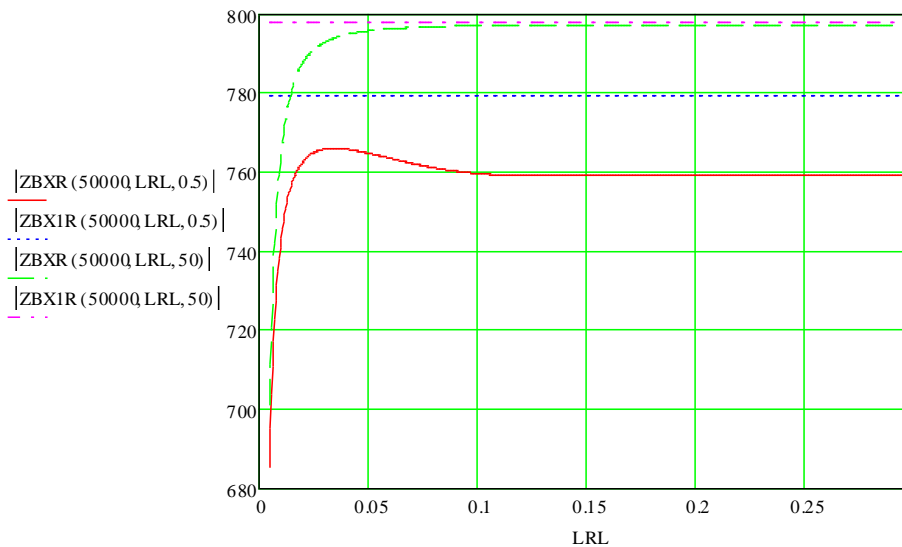


Рис. 4

**Список використаних джерел**

1. Бухгольц, В.П. Путьевые датчики контроля подвижного состава на рельсовом транспорте [Текст] / В.П. Бухгольц, Г.А. Красовский, А.Э. Штанке. – М.: Транспорт, 1976. – 280 с.
2. Путьевая блокировка и авторегулировка [Текст] / под ред. Н.Ф. Котляренко. – М.: Транспорт, 1983. – 296 с.
3. Бессонов, Л.А. Теоретические основы электротехники: Электрические цепи [Текст] / Л.А. Бессонов. – 9-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. школа, 1996. – 612 с.
4. Аркатов, В.С. Рельсовые цепи магистральных железных дорог [Текст]: справочник / В.С. Аркатов, Н.Ф. Котляренко, Т.М. Лебедева. – М.: Транспорт, 1993. – 262 с.
5. Сороко, В.И. Аппаратура железнодорожной автоматики и телемеханики [Текст]: справочник / В.И. Сороко, Б.А. Разумовский. – М.: Транспорт, 1982. – 526 с.
6. Сороко, В.И. Аппаратура железнодорожной автоматики и телемеханики [Текст]: справочник / В.И. Сороко, В.С. Милуков. – М.: Маршрут, 2002. – 634 с.
7. Дмитриев, В.С. Новые системы автоблокировки [Текст] / В.С. Дмитриев, В.А. Минин. – М.: Транспорт, 1981. – 216 с.
8. Дмитриев, В.С. Системы автоблокировки с рельсовыми цепями тональной частоты [Текст] / В.С. Дмитриев, В.А. Минин. – М.: Транспорт, 1992. – 182 с.
9. Дмитренко, И.Е. Измерение и диагностирование в системах железнодорожной автоматики, телемеханики и связи [Текст] / И.Е. Дмитренко, В.В. Сапожников, Д.В. Дьяков. – М.: Маршрут, 1994. – 260 с.
10. Кулик, П.Д. Тональные рельсовые цепи в системах ЖАТ: построение, регулировка, обслуживание, поиск и устранение неисправностей, повышение эксплуатационной надежности [Текст]: учеб. пособие / П.Д. Кулик, Н.С. Ивакин, А.А. Удовиков. – К.: Издательский дом «Мануфактура», 2004. – 282 с.

Рецензент д-р техн. наук, профессор В.І. Мойсеєнко

Ордин Павло Олександрович, слухач групи МЗ-АТЗ-АКСУРП-12 ІППК УкрДАЗТ. E-mail: paha1988@yandex.ru.  
Удовіков Олександр Олександрович, канд. техн. наук, доцент кафедри автоматики та комп'ютерних систем телекерування, УкрДАЗТ, E-mail: eio@ukr.net.

Ordin Pavlo Oleksanrovych, Student of group MZ-ATZ-AKSURP IPPK UkrDAZT. E-mail: paha1988@yandex.ru.  
Udovikov Oleksandr Oleksanrovych, Cand. science, docent, department AT, Ukrainian State Academy of Railway Transport, E-mail: eio@ukr.net