

ВИЗНАЧЕННЯ СТРУМУ АВТОМАТИЧНОЇ ЛОКОМОТИВНОЇ СИГНАЛІЗАЦІЇ ПРИ ЦЕНТРАЛІЗОВАНОМУ РОЗМІЩЕННІ АПАРАТУРИ АВТОБЛОКУВАННЯ

Запропонована математична модель та метод дистанційного визначення струму автоматичної локомотивної сигналізації, що спрощує та дозволяє автоматизувати процес його визначення при централізованому розміщенні апаратури автоматичного блокування.

Ключові слова: автоблокування, рейкове коло, локомотивна сигналізація, кодовий струм

Вступ

Реалізація завдань щодо автоматичного регулювання рухом вимагає проводити дублювання сигналу, що сприймає машиніст локомотиву. При цьому автоматична локомотивна сигналізація (АЛС) є невід'ємною складовою автоблокування. Контроль кодового сигналу АЛС полягає у визначенні амплітуди кодового струму та його часових параметрів. Цей процес вимагає проводити вказані визначення на колії, що унеможлиблює їх визначення при автоматизації вимірів, або потребує значних вкладень. Окрім цього, вказана періодичність проведення вимірів порозуміє контроль струму АЛС 1 раз на квартал (може бути збільшена до 1 разу на рік).

Мета роботи

Метою роботи є розробка математичної моделі електричних процесів в тональному рейковому колі (ТРК) без ізолюючих стиків (ІС) з методом визначення кодового струму при централізованому розміщенні апаратури, а також перевірка запропонованих теоретичних розробок.

Математична модель та метод визначення струму АЛС

Для розв'язання поставленої задачі щодо визначення кодового струму локомотивної сиг-

налізації необхідно розробити математичну модель та методику визначення та провести аналіз впливу параметрів, що не приймають нормативні значення.

Суть методу полягає в тому, що подача кодів АЛС у рейкову лінію здійснюється при занятті рухомою одиницею даного рейкового кола [1, 2]. Однак, на перегоні при відсутності ІС фіксація зайнятості рейкового кола (РК) відбувається при фактичній вільності ділянки колії, що обумовлено наявністю зони додаткового шунтування. Таким чином, кодування поїзда здійснюється в момент вільності колії в районі релейного або живильного кінця (залежно від напрямку руху на перегоні), і сигнал АЛС частково (протягом проходження рухомою одиницею дільниці зони додаткового шунтування – ЗДШ) встигає сприйнятися на живильному або релейному кінці відповідно [2].

Для розробки методу автоматизованого визначення кодового струму необхідно розробити математичну модель, що враховує залежності електричних параметрів в РК. Бажано визначають їх шляхом проведення нескладних автоматизованих вимірів напруги на станції при центральному розміщенні апаратури, що в подальшому дозволить спростити процес вимірювання кодового струму.

Суть математичної моделі пояснює схема проходження кодів АЛС на колію до локомотива, що приведена на рисунку 1.

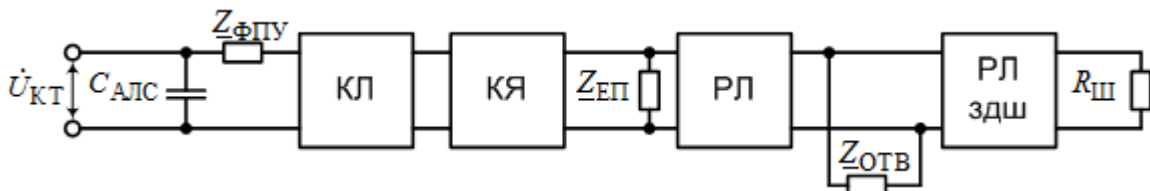


Рис. 1. Траса передачі кодового сигналу при вступі поїзда на зону додаткового шунтування

На рис. 1 показано: КЛ, КЯ, РЛ, РЛздш - чотириполюсники кабельної лінії (КЛ), колійного ящика (КЯ), рейкової лінії контрольованої дільниці

(РЛ) та зони додаткового шунтування (РЛздш) відповідно; $Z_{ФПУ}$ - опір фільтра ФПУ для сигналу

із частотою кодового струму; $Z_{\text{ЕП}}$ - еквівалентний опір, що враховує відсутність ІС на живильному кінці; $Z_{\text{ОТВ}}$ - опір релейного кінця.

Згідно рис. 1 кодування організоване з боку живильного кінця, вступає поїзд спочатку на релейний кінець РК. Завдяки тому, що на опорі $Z_{\text{ОТВ}}$ відгалужується частина струму, з'являється напруга на релейному кінці, схема заміщення якого показана на рис. 2.

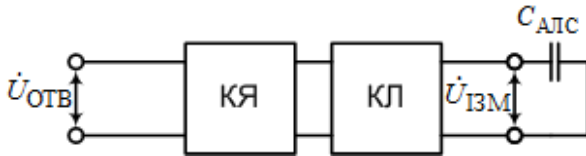


Рис. 2. Схема заміщення опору $Z_{\text{ОТВ}}$

На рис. 2 показано: $U_{\text{ОТВ}}$ - напруга, що падає на $Z_{\text{ОТВ}}$; $U_{\text{ІЗМ}}$ - напруга, яку можна виміряти для виділення частоти кодового струму й визначення величини струму АЛС у рейковій лінії. Опір колійного приймача (КП) не приведений у зв'язку з тим, що на даній частоті він дорівнюватиме нулю, що обумовлено входним контуром, що настроєний на резонанс струмів [3, 4] на нерезонансній частоті. Згідно рис.1 та 2, напругу $U_{\text{ОТВ}}$ можна визначити як

$$\begin{cases} U_{\text{ОТВ}} = A_{\text{РЛЗдш}} \cdot I_{\text{ш}} \cdot R_{\text{ш}} + B_{\text{РЛЗдш}} \cdot I_{\text{ш}}; \\ U_{\text{ОТВ}} = A_{\text{ОТВ}} \cdot U_{\text{ІЗМ}} + B_{\text{ОТВ}} \cdot \frac{U_{\text{ІЗМ}}}{Z_{\text{с}}}, \end{cases} \quad (1)$$

де $A_{\text{РЛЗдш}}$ і $B_{\text{РЛЗдш}}$ - коефіцієнти 4-полюсника ЗДШ; $A_{\text{ОТВ}}$ і $B_{\text{ОТВ}}$ - коефіцієнти 4-полюсника КЯ й КЛ релейні кінці РК; $I_{\text{ш}}$ і $R_{\text{ш}}$ - струм АЛС і опір шунта (нормативні значення 2.0 А при електротязі постійного струму та 0.06 Ом відповідно); $Z_{\text{с}} = \frac{1}{j \cdot \omega \cdot C_{\text{АЛС}}}$ - повний опір конденсатора АЛС; $U_{\text{ІЗМ}}$ - напруга, за допомогою якого непрямым шляхом визначається величина кодового струму.

Після прирівнювання прямих частин вищевказаної системи визначають шукану залежність знаючи напругу $U_{\text{ІЗМ}}$ для визначення струму АЛС. Остаточню струм автоматичної локомотивної сигналізації визначають з формули

$$I_{\text{ш}} = U_{\text{ІЗМ}} \cdot k_{\text{ТКТ}}, \quad (2)$$

де $k_{\text{ТКТ}}$ - коефіцієнт передачі кодового струму, що визначається таким чином:

$$k_{\text{ТКТ}} = \frac{A_{\text{ОТВ}} + B_{\text{ОТВ}} \cdot j \cdot \omega \cdot C_{\text{АЛС}}}{A_{\text{РЛЗдш}} \cdot R_{\text{ш}} + B_{\text{РЛЗдш}}}, \quad (3)$$

де ω - частота кодового струму; $C_{\text{АЛС}}$ - ємність АЛС.

Виходячи з формули (2), на станції необхідно контролювати напругу $U_{\text{ІЗМ}}$, що спрощує процес визначення за рахунок раціонального розташування вимірних пристроїв на посту електричної централізації.

На основі встановленої в математичній моделі (формули (2) та (3)) залежності розроблений метод визначення кодового струму, що викладений далі:

1) визначають постійні складові, що входять до складу математичної моделі у вигляді коефіцієнту передачі струму $k_{\text{ТКТ}}$;

2) при попередньому зайнятті рейкового кола проводять вимір напруги $U_{\text{ІЗМ}}$ на релейному кінці рейкового кола (при кодуванні з живильного кінця) або живильному (при подачі кодового струму з релейного кінця);

3) визначають кодовий струм згідно залежностей в математичній моделі.

На даний спосіб визначення отриманий патент України [5].

У зв'язку з тим, що на результати вимірів електричних напруг $U_{\text{ІЗМ}}$ та на визначення кодового струму впливають зона додаткового шунтування та відхилення опору шунта від нормативного значення, необхідно додатково визначити вплив, що пов'язаний саме з телеметричним характером вимірів струму локомотивної сигналізації відносно його ж вимірів при поточному обслуговуванні [6].

Похибка при телеметричних вимірах кодового струму

На параметри в рейковому колі, в тому числі і на зону додаткового шунтування, істотно впливає опір ізоляції баласту. Але при його автоматизованому визначенні цей вплив суттєво знижується за рахунок невеликої похибки дистанційного визначення (до 8 %) при використанні автоматизованих визначень згідно способу, що приведений в [7]. В свою чергу, відхилення поїзного шунта від нормативного негативно вплине на результат визначення кодового струму. Ступінь впливу при відхиленні даного значення можливо оцінити за допомогою формули (2) при відомому співвідношенні $A_{\text{РЛЗдш}}$ та $B_{\text{РЛЗдш}}$, що виходить з формули визначення відносної похибки вимірювання:

$$\Delta_I = \frac{j_{\text{Ш}}^{\Phi} - j_{\text{Ш}}^{\text{P}}}{j_{\text{Ш}}^{\Phi}} \cdot 100\% = \frac{R_{\text{H}} - R_{\Phi}}{R_{\text{H}} - \frac{B_{\text{PЛЗдш}}}{A_{\text{PЛЗдш}}}} \cdot 100\% \quad (4)$$

де Δ_I - відносна похибка визначення кодового струму; $j_{\text{Ш}}^{\Phi}$ та $j_{\text{Ш}}^{\text{P}}$ - струм локомотивної сигналізації при фактичному та розрахунковому (нормативному) значенні шунтового опору; R_{H} та R_{Φ} - нормативний та фактичний опір шунта.

Для розрахункового рейкового кола ЧЗП [2] при довжині 300 м, напрузі кодового трансформатора 66,0 В та його ж потужності 6,4 ВА похибка визначення складає 4,2 відсотка на кожні 0,01 Ом відхилення фактичного опору шунта.

Практичне визначення похибки автоматизованого визначення

Істотним недоліком виміру кодового струму за технологією обслуговування є накладання нормативного шунта безпосередньо в місці підключення апаратури вхідного кінця для рухомого складу [6], тому що фактична зайнятість тонального рейкового кола без ізолюючих стиків наступить під час вступу рухомого складу на зону додаткового шунтування рейкової лінії. Окрім цього, необхідно враховувати роботу системи послідовного зайняття, що ускладнює проведення вимірів за рахунок включення кодування РК при фактичному занятті попередніх рейкових кіл.

Для обґрунтування положень розробленої методики визначення кодового струму за математичною моделлю (формула (3)):

1) проведений ряд вимірів для визначення кодового струму за технологією обслуговування. Безпосереднє визначення кодового струму проводилось при накладанні нормативного шунта опором 0,06 Ом (процес вимірювання детально описаний в [5]);

2) проведений ряд вимірів електричної напруги $\dot{U}_{\text{ІЗМ}}$ (згідно математичної моделі) з мінімальною часовою відстанню, після чого визначений кодовий струм за методом автоматизованого визначення, що вказаний вище. Опір ізоляції баласту визначений за допомогою відомого способу з [7];

3) при проведених 25 вимірах визначені математичне сподівання та середньоквадратичне відхилення (теоретична похибка вимірів кодового струму вказана вище);

4) похибку проведених вимірювань визначити як відсоткову відносну різницю між середніми значеннями для вимірів, вказаних в п. 1, 2.

Результати визначення кодового струму зображені на рис. 3.

На рис. 3 позначені криві позначкою «x» відповідають результатам визначення модулю кодового струму за технологією обслуговування, а позначкою «o» - за автоматизованими визначеннями напруги $\dot{U}_{\text{ІЗМ}}$.

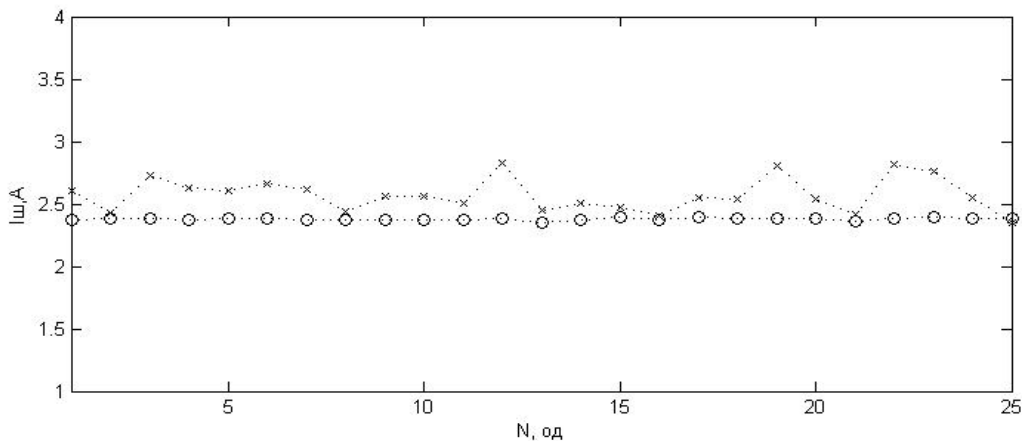


Рис. 3. Результати визначення кодового струму

Для розрахункового рейкового кола ЧЗП, наприклад, модуль коефіцієнта $k_{\text{ТКТ}}$ складе 47,3, а модуль математичного очікування напруги $\dot{U}_{\text{ІЗМ}}$ на вимірному приладі повинен бути не менше значення 43мВ (на частоті – 50 Гц). При вимірі даної напруги необхідно врахувати, що вимірювана напруга на конденсаторі АЛС з'явиться тільки при спрацьо-

вуванні кодово-включаючого (КВ) реле даного рейкового кола, тому що при кодуванні попередньої ділянки із цього ж конденсатора вироблялася посылка напруги високого рівня [4]. Якщо не врахувати вищесказане, то відбудеться перенавантаження в сприймаючому блоці виміру системи контролю.

У результаті практичного використання даної методики отримані такі результати: математичне сподівання кодового струму за технологією обслуговування на шунті складає 2,58 А, при цьому для вимірювальної напруги сподівання становить 51 мВ, а для дистанційно визначеного кодового струму математичне сподівання складає 2,38 А; при вимірах середньо квадратичні відхилення складають відповідно 0,14 А та 0,017 А. Остаточна похибка дистанційного визначення кодового струму складає 7,5 %.

Висновки

В результаті використання автоматизованого визначення кодового струму при централізованому розміщенні апаратури значно скорочується час на обслуговування пристроїв автоматики, полегшуються умови роботи обслуговуючого персоналу за рахунок відсутності на колії – місці підвищеної небезпеки. Однак це відбувається за рахунок похибки вимірювання в 7,5 %. Зменшення похибки вимірювання кодового струму потребує подальшого дослідження.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Аркатов В. С. Рельсовые цепи магистральных железных дорог. [Текст] / В. С. Аркатов, А. И. Баженов, Н. Ф. Котляренко. – М.: Транспорт, 1992. – 384 с.

2. Регулювальні таблиці. П-0022.08-АТР.2И1 [Текст] / ТОВ НВО “Трансавтоматика”.- Д, 2008. – 7 с.

3. Кулик П. Д. Практичний посібник з технічного утримання апаратури тональних рейкових кіл ЦШ0041 [Текст] / П. Д. Кулик, О. О. Удовіков, В. І. Басов. – К., 2006. – 236 с.

4. Методичні вказівки з експлуатації тональних рейкових кіл ЦШ 0034 [Текст]. Головне управління автоматики, телемеханіки та зв'язку. – К. : Вид. дім «Мануфактура», 2004. – 48 с.

5. Пат. 50742 Україна МПК В61L 25/00. Спосіб вимірювання параметрів кодового струму в рейкових колах без ізолюючих стиків [Текст] / Гаврилюк В. І., Романцев І. О.; заявник та патентовласник Дніпропетр. нац. ун-т заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – заявлено 04.12.2009; опубліковано 25.06.2010, Бюл. № 12.

6. Інструкція з технічного обслуговування пристроїв сигналізації, централізації та блокування: ЦШ 0060 [Текст]. – К.: Укрзалізниця, 2009. – 111 с.

7. Пат. 50740 Україна МПК В61L 25/00. Спосіб вимірювання первинних параметрів рейкової лінії [Текст] / Гаврилюк В. І., Романцев І. О.; заявник та патентовласник Дніпропетр. нац. ун-т заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – заявлено 04.12.2009; опубліковано 25.06.2010, Бюл. № 12.

Надійшла до редколегії 30.03.2012.
Прийнята до друку 09.04.2012.

И. О. РОМАНЦЕВ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТОКА АВТОМАТИЧЕСКОЙ ЛОКОМОТИВНОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ ПРИ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОМ РАЗМЕЩЕНИИ АППАРАТУРЫ АВТОБЛОКИРОВКИ

Предложена математическая модель и метод дистанционного определения тока автоматической локомотивной сигнализации, что упрощает и позволяет автоматизировать процесс его определения при централизованном размещении аппаратуры автоматической блокировки.

Ключевые слова: автоблокировка, рельсовая цепь, локомотивная сигнализация, кодовый ток

I. O. ROMANTSEV

DEFINITION OF CODED CURRENT OF AUTOMATED LOKOMOTIVE SIGNALIZATION WITHIN CENTRAL LOCATION OF AUTOMATED BLOCKING SYSTEM

The mathematic model and telemeasuring method of definition of automated locomotive signalization current is offered, that simplifies and allows to automatize the process of his determination, at the centralized placing of apparatus of the automatic blocking.

Keywords: automated blocking, railway circuit, locomotive signalization, coded current