

УДК.621.391:681.518

АНАНЬЄВА О.М. к.т.н. (УкрДАЗТ);
СОТНИК В.О., інженер (Південна залізниця);
СОБОЛЄВ Ю.В., д.т.н., професор (УкрДАЗТ).

Математична модель вхідного сигнального струму локомотивного приймача числових кодів АЛСН

Постановка задачі

Подальше удосконалення систем автоматичної локомотивної сигналізації (АЛСН) дозволить підвищити безпеку руху поїздів та надійність роботи засобів залізничної автоматики. Вирішення поставленої задачі можливо шляхом формування сукупності даних про умови їхньої експлуатації в процесі проходження рухомого складу по перегону.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

У роботах [1-3] розглянуто математичні моделі каналу передачі сигналів числових кодів АЛСН. Подальші дослідження у цьому напрямку потребують встановлення параметрів поширення струму сигналів АЛСН у перерізі локомотивного приймача при статичному положенні поїзду.

Мета дослідження

Метою роботи є вирішення наукової задачі побудови математичної моделі вхідного сигнального струму локомотивного приймача числових кодів АЛСН.

Основна частина

1. Модель поодинокі гармоніки струму крізь переріз приймання за відсутності завод.

У роботі [3] було побудовано схему заміщення блок-ділянки, що враховує рух

поїзда. Надамо їй більш компактного вигляду, який дозволить безпосередньо перейти до побудови моделі струму, а саме, замінимо навантаження ЧПГК єдиним опором $Z_{III'}(t_N)$, що заданий формулою (5) [3]. Результуючу схему наведено на рисунку 1.

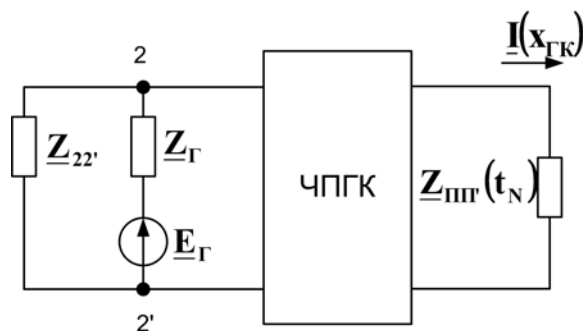


Рисунок 1. - Схема заміщення блок-ділянки, що враховує рух поїзда

Базовим виразом для моделювання струму є наведений в [1] вираз (22), в якому слід замінити x на $x_{ГК}$, а з урахуванням можливої скінченності величини $Z_{22'}$ замінити $Z_{BX \text{ РЛ}}$ на $Z_{BX \text{ РЛ}^*}$:

$$\underline{I}(x_{ГК}, t_N) = \frac{E_G}{Z_G + Z_{BX \text{ РЛ}^*}(t_N)} \times \left\{ ch[\gamma x_{ГК}(t_N)] - \frac{Z_{BX \text{ РЛ}^*}(t_N)}{Z_B} \cdot sh[\gamma x_{ГК}(t_N)] \right\}, (1)$$

$$Z_{BX \text{ РЛ}^*}(t_N) = Z_{BX \text{ РЛ}}(t_N) \cdot Z_{22'} / [Z_{BX \text{ РЛ}}(t_N) + Z_{22'}]; (2)$$

$$Z_{BX \text{ РЛ}}(t_N) = \frac{A(t_N) \cdot Z_{III'}(t_N) + B(t_N)}{C(t_N) \cdot Z_{III'}(t_N) + D(t_N)}. (3)$$

Відмітимо, що при $Z_{22'} = \infty$ вираз (1) є зв'язком між вхідною ЕРС ЧПГК та його вихідним струмом $\underline{I}(x_{ГК}, t_N)$ і тому праву частину цього виразу можна записати як $\underline{E}_Г / \underline{Z}_{ПРИВ}(t_N)$, де $\underline{Z}_{ПРИВ}$ – приведений опір ЧПГК. В цьому випадку вираз (1) зведеться до відомого за структурою [4]

$$\underline{I}(x_{ГК}, t_N) = \underline{E}_Г / \underline{Z}_{ПРИВ}(t_N), \quad (4)$$

де

$$\underline{Z}_{ПРИВ}(t_N) = \underline{A}(t_N) \cdot \underline{Z}_{ПМП}(t_N) + \underline{D}(t_N) \cdot \underline{Z}_Г + \underline{C}(t_N) \cdot \underline{Z}_Г \underline{Z}_{ПМП}(t_N) + \underline{B}(t_N). \quad (5)$$

Однак в (4) та (5), на відміну від [4], враховано залежність членів формули від моменту t_N вступу чергової колісної пари на блок-ділянку.

Отже, маємо

$$\underline{I}(x_{ГК}, t_N) = I(x_{ГК}, t_N) \cdot e^{j\phi_I(x_{ГК}, t_N)}, \quad (6)$$

де перший співмножник є діючим значенням струму в перерізі приймання, а показник експоненти – початковою фазою цього струму.

Тоді миттєве значення даного струму виглядає як

$$i(t, x_{ГК}, t_N) = \sqrt{2} \cdot I(x_{ГК}, t_N) \cdot \sin[2\pi ft + \phi_I(x_{ГК}, t_N)] \quad (7)$$

Порівнюючи (6) та (4) можна констатувати, що останнє з вказаних співвідношень забезпечує однозначний розрахунок діючого значення та початкової фази в перерізі приймання.

2. Параметри поодинокій гармоніки струму сигналів АЛСН у перерізі локомотивного приймача при статичному положенні поїзду

Оцінимо здатність розробленого та викладеного апарату точно моделювати поодинокую гармоніку за нерухомого по-

ложення шунта (тобто – сукупності колісних пар поїзда). Нехай спочатку шунт є поодинокую парою з опором $Z_{Ш} = 0,06$ Ом. Для подальших розрахунків скористаємось формулами (24) та (31) з [1]. Відповідно до (24) знайдемо, що $Z_{ВХ\ 33'} = (0,5 \cdot 10^{-3} \cdot e^{j52^\circ} + 0,06)$ Ом. Далі, величина $2(R_p + j\omega L_p) = Z_p$, яка входить до (31), також була оцінена в розділі 1 і було отримано $Z_p = 0,01 \cdot e^{j52^\circ}$ Ом. Як результат цих розрахунків, формула (31) дає нам, що

$$\underline{Z}_{ПМП}(t_N) = \text{const} = \underline{Z}_{ПМП} = (1,05 \cdot 10^{-2} \cdot e^{j52^\circ} + 0,06) \text{ Ом.} \quad (8)$$

Змінюючи другий доданок, можна вводити до розрахунку інші величини опору шунта.

З огляду на сталість $\underline{Z}_{ПМП}$ зникає залежність від t_N в (7).

Перейшовши до схеми заміщення блок-ділянки, наведеної на рис. 1, приймемо, що ізолюючий стик ІС2 ідеальний і тому $Z_{22'} = \infty$ (величина цього опору не є принциповою для подальших розрахунків, оскільки воно не залежить від позиції та динаміки шунта). В цьому випадку для моделювання можна використати вирази (4) і (5). Положення поїзда в досліджуваному випадку задається величиною $x_{ГК}$, а фактором, вплив якого досліджується, є припущення про кусково-сталу апроксимацію часової залежності А-параметрів ЧПГК. Тому залежність (5) $\underline{Z}_{ПРИВ}(t_N)$ слід замінити на залежність $\underline{Z}_{ПРИВ}(x_{ГК})$, внаслідок чого вираз (4) набуде вигляду

$$\underline{I}(x_{ГК}) = \underline{E}_Г / \underline{Z}_{ПРИВ}(x_{ГК}), \quad (9)$$

де $\underline{Z}_{ПРИВ}(x_{ГК})$ розраховується за формулою (5) при опорі $\underline{Z}_{ПМП}$; визначеному співвідношенням (8) і при заміні аргументів усіх А-параметрів ЧПГК на $x_{ГК}$.

Далі, задавшись інтервалом Δx , на якому ми будемо вважати А-параметри сталими (подібно до того, як це було зроблено в [3]), знайдемо величину відносної похибки $\delta_I(x_{ГК})$ модельного розрахунку діючого значення струму $I(x_{ГК})$ та величину $\Delta\phi_I(x_{ГК})$ абсолютної похибки модельного розрахунку його початкової фази:

$$\delta_I(x_{ГК}) = \left| \frac{I(x_{ГК} - \Delta x) - I(x_{ГК})}{I(x_{ГК})} \right|, (10)$$

$$\Delta\phi_I(x_{ГК}) = \phi_I(x_{ГК} - \Delta x) - \phi_I(x_{ГК}). (11)$$

Величину $x_{ГК}$ вважатимемо такою, що знаходиться в межах від Δx до 1 км. Прийемо також, що діюче значення ЕРС складає 100 В при початковій фазі 0^0 . Параметри рейкової лінії (РЛ) беремо такими, що дорівнюють нормативним на частоті 25 Гц [5], величина ж опору генератора $Z_{Г} = 0,25 \cdot e^{j20^0}$ Ом [6].

Результати моделювання наведені на рисунку 2 та рисунку 3.

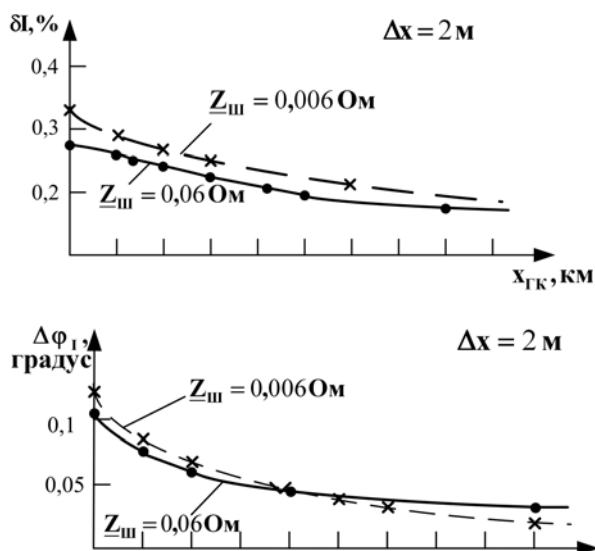


Рисунок 2. - Відносна похибка модельного розрахунку діючого значення струму сигналів АЛСН та величина абсолютної похибки модельного розрахунку його початкової фази при $\Delta x = 2 \text{ м}$

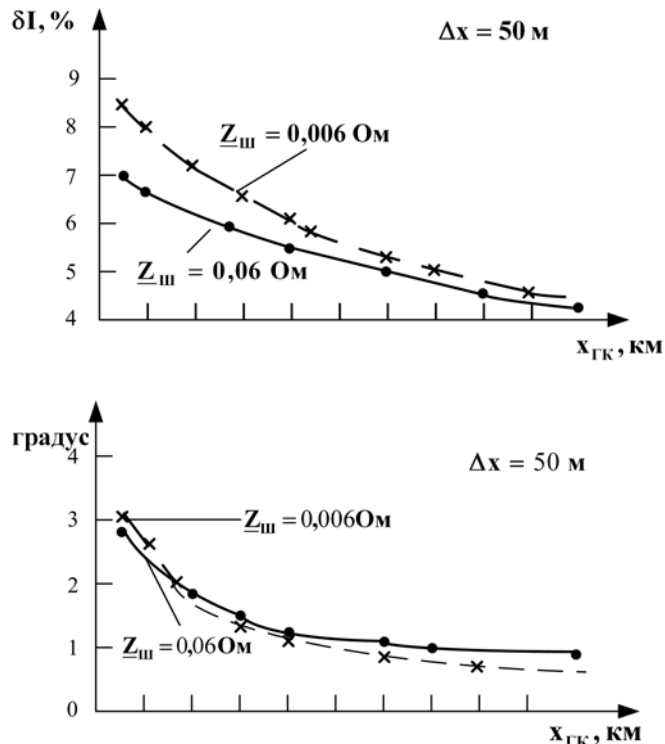


Рисунок 3. - Відносна похибка модельного розрахунку діючого значення струму сигналів АЛСН та величина абсолютної похибки модельного розрахунку його початкової фази при $\Delta x = 50 \text{ м}$

Бачимо, що навіть при $\Delta x = 50 \text{ м}$ відносна похибка модельного розрахунку діючого значення струму складає менш ніж 10% в широкому діапазоні величин опору шунта. Похибка розрахунку початкової фази не перевищує трьох градусів. Якщо ж Δx має величину 2 м, яка є близькою до міжосьових відстаней реального рухомого складу, то δI не перевищує 0,4%, а $\Delta\phi_I$ не перевищує $0,12^0$.

Висновки

У результаті побудови математичної моделі вхідного сигналу локомотивного приймача числових кодів АЛСН встановлено, що величина Δx порядку 2 м забезпечує високу точність моделювання процесу формування поодинокі гармоніки в перерізі приймання. Слід очікувати, що

такі величини Δx забезпечать і високу точність моделювання сигнального імпульсу в перерізі приймання. Крім того, можна зробити висновок, що спрощений опис А-параметрів ЧПК кусково-сталими функціями координати $x_{ГК}$ (або часу) при Δx порядку 2 м цілком виправданий і, як витікає, математична модель ЧПК може бути одномасштабною в часі, а саме: її параметри досить змінювати з часом с дискретом, який дорівнює інтервалу між вступом колісних пар на блок-ділянку, тобто з тим самим часовим дискретом, з яким змінюється в часі узагальнений опір навантаження рейкової лінії.

Список літератури

1. Соболев, Ю.В. Математична модель каналу передачі сигналів числового коду АЛСН [Текст] / Ю.В. Соболев, М.Г. Давиденко, О.М. Ананьєва, В.О. Сотник: зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2010. – Вип. 119. – С. 78-88.
2. Ананьєва, О.М. Динамічна модель каналу передачі сигналів АЛСН [Текст] / О.М. Ананьєва : зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2011. – Вип. 121. – С. 120-132.
3. Ананьєва, О.М. Математична модель блок-ділянки рейкового кола як формувача струму в перерізі приймання сигналів АЛСН [Текст] / О.М. Ананьєва, М.Г. Давиденко: зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2011. – Вип. 122. – С. 43-51.
4. Каллер, М.Я. Теория линейных электрических цепей железнодорожной автоматики, телемеханики и связи [Текст] / М.Я. Каллер, Ю.В. Соболев, А.Г. Богданов. – М.: Транспорт, 1987. – 336 с.

5. Кулик, П.Д. Тональные рельсовые цепи в системах ЖАТ: построение, регулировка, обслуживание, поиск и устранение неисправностей, повышение эксплуатационной надежности [Текст] / П.Д. Кулик, В.С. Ивакин, А.А. Удовиков. – К.: Изд. дом «Мануфактура», 2004. – 288 с.

6. Аркатов, В.С. Рельсовые цепи. Анализ работы и техническое обслуживание [Текст] / В.С. Аркатов, Ю.А. Кравцов, В.М. Степенский. – М.: Транспорт, 1990. – 296 с.

Анотації:

Ключові слова: математична модель, схема заміщення, гармоніка струму, числовий код, похибка, шунт, блок-ділянка.

Розроблена математична модель вхідного сигнального струму локомотивного приймача числових кодів АЛСН. Проведена оцінка параметрів одиночної гармоніки струму в рейках при статичному положенні поїзда. Отримані величини відносної похибки розрахунків діючого значення сигнального струму й абсолютної похибки розрахунків його початкової фази.

Разработана математическая модель входного сигнального тока локомотивного приемника числовых кодов АЛСН. Проведена оценка параметров одиночной гармоники тока в рельсах при статическом положении поезда. Получены величины относительной погрешности расчетов действующего значения сигнального тока и абсолютной погрешности расчетов его начальной фазы.

The mathematical model of an entrance alarm current of the locomotive receiver of numerical codes АЛСН is developed. The estimation of parameters of a single harmonic of a current in rails is spent at static position of a train. Sizes of a relative error of calculations of operating value of an alarm current and an absolute error of calculations of its initial phase are received.