

УДК 656.259.1

Бабаєв М. М., д.т.н., проф. (УкрДАЗТ)

Зубко А. П., к.т.н. (Укрзалізниця)

Прилипко А.А., к.т.н., доц. (УкрДАЗТ)

ТЕХНІЧНА ДІАГНОСТИКА СУЧАСНИХ ПЕРВИННИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ТОЧКОВИХ КОЛІЙНИХ ДАТЧИКІВ

Вступ. Відомо, що сучасні точкові датчики контролю проходження колісних пар рельсового рухомого складу (ТКД) розробляються з урахуванням діагностики їх елементів під час експлуатації [1,2]. Технічна діагностика ТКД сьогодні є актуальна як для підвищення надійності так і ефективності роботи систем залізничної автоматики (ЗА), а також для зменшення часу знаходження електромеханіка в зоні підвищеної небезпеки. Тобто замість існуючого періодичного контролю та профілактики доцільно обслуговувати ТКД по фактичному стану. Це означає що ремонтні роботи при цьому проводяться тільки тоді, коли в цьому виникає реальна необхідність. Якщо ж інформація, яка приходить від первинного перетворювача, обробляється за допомогою комп'ютера, то це дає змогу проведення функціональної діагностики його чутливого елемента.

Постановка проблеми. Насамперед труднощі виникають при визначенні працездатності первинних перетворювачів ТКД. Як в Україні, так і за кордоном розробляються та знаходять практичне застосування чуттєві елементи у вигляді котушки індуктивності з осердям. У найбільш застосовуваному на даний час лічильнику осей ZP43 фірми SIEMENS [1], первинний перетворювач складається з передавача й приймача, виконаних у вигляді котушок індуктивності з осердям, та розташованих по різні сторони рейки. Також високочастотні модулятори [3] та багато інших [4,5] мають котушку з осердям, як елемент первинного перетворювача. Тому нагальним є розробка математичної моделі діагностування таких ТКД.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Найбільш відомі методи технічного діагностування елементів ТКД застосовуються в таких рахункових пристроях як ZP 43 [1], RSR 180 [2], які є складовою частиною в мікропроцесорних системах контролю вільності ділянок колії AzS 600,

Az LM, відповідно. В системі AzS 600 в колійному ящику для вимірювання параметрів рельсового датчика передбачені з'єднувачі, за допомогою яких здійснюється тестове діагностування. В робочому стані враховується математична обробка вихідної інформації, яка містить в собі обчислення спектральних характеристик та кореляційних функцій, цифрову обробку сигналу. Тобто проводиться функціональна діагностика. Якщо розглянути роботи [3,4,5] то в них також аналізуються чуттєві елементи первинних перетворювачів які мають котушки з осердям, але питанням діагностики в них увага не приділяється.

Мета роботи. Розробка математичної моделі діагностування ТКД у якого чутливий елемент виконаний у вигляді котушки індуктивності з осердям.

Виклад основного матеріалу. Для діагностики ТКД доцільно використати одну із реалізацій синтезу нелінійних перетворювачів. Першим кроком для створення електричного кола індуктивного ТКД, згідно джерела [6], доцільно перетворювач представити у вигляді функціональної схеми (рисунок 1).

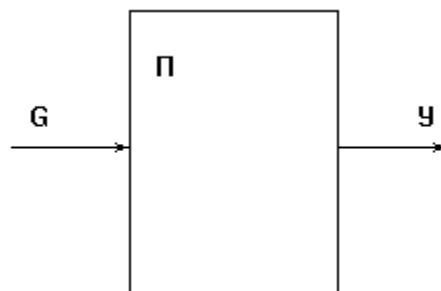


Рисунок 1 - Функціональна схема нелінійного перетворювача

На рисунку застосовуються наступні позначення П - перетворювач, G - функція впливу, Y - функція реакції.

Другим кроком є вибір функцій G и Y. На вхід перетворювача будемо подавати синусоїдну напругу. Для прикладу розглянемо крайній випадок з промисловою частотою та максимальною напругою.

$$G = U(t) = 220 \sin \omega t . \quad (1)$$

На виході, зважаючи на вимоги діагностики, потрібно отримати сигнал іншої форми, наприклад трикутної.

$$Y = i(t) = \frac{8I_{\max}}{\pi^2} (\sin \omega t - 1/9 \sin 3\omega t + 1/25 \sin 5\omega t - 1/49 \sin 7\omega t + \dots). \quad (2)$$

Після цього перевіряються вимоги реалізуємості перетворювача. Так як функція впливу та реакції G и Y - технічно реалізуємі, то для реалізації перетворювача необхідно, щоб Π містив як лінійні так і нелінійні елементи $\Pi \in \{НЭ, ЛЭ\}$. В результаті цих передумов, а також враховуючи, що між чуттєвим елементом та реєстратором можливо використання електричного кола з довільними за величиною та характером елементами, представимо електричне коло перетворювача як показано на рисунку 2.

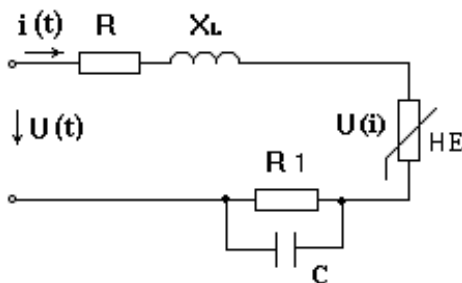


Рисунок 2 - Електричне коло перетворювача

На рисунку застосовуються наступні позначення L, C, R_1, R - лінійні елементи кола, HE - нелінійний елемент.

Опір навантаження, елементи лінійної частини обирається довільним образом, наприклад $R=50$ Ом, $R_1 = 80$ Ом, $L = 50$ мГн, $C = 70$ мкФ. Максимальний електричний струм – за номінальними параметрами складових ТКД $I_{\max}=1$ А.

Враховуючи попередні умови, визначається опір лінійної частини електричного кола (3) в комплексній формі, з урахуванням операторів Фур'є:

$$Z(jk\omega) = R + j \cdot k \cdot \omega \cdot L + \frac{R_1 \cdot (-j / k \cdot \omega \cdot C)}{R_1 - j / k \cdot \omega \cdot C}. \quad (3)$$

Якщо підставити параметри електричного кола, одержимо (4) наступні значення опорів гармонік:

$$z_1 = 72 \cdot e^{-j15^\circ}; \quad z_3 = 61,9 \cdot e^{j31,6^\circ}; \quad z_5 = 86 \cdot e^{j53,8^\circ}; \quad z_7 = 115 \cdot e^{-j15^\circ}, \quad (4)$$

після цього знаходимо напругу на нелінійному елементі (5) за формулою:

$$U(jkw) = F(jkw) - Z(jkw) \cdot I(jkw) \forall k \in \{1,2,3,\dots\}, \quad (5)$$

підставляючи відповідні значення одержимо:

$$U(t) = 77,9 \sin(\omega t + 117,9^\circ) + 44,07 \sin(3\omega t + 31,6^\circ) + 32,5 \sin(5\omega t - 26,2^\circ) + 8,66 \sin(7\omega t + 64^\circ). \quad (6)$$

Знаючи, що технічна реалізація нелінійного елемента з такою характеристикою практично не можлива, то підбирається характеристика існуючого елемента. Найбільш близькою за формою до отриманої залежності (рисунок-3) є характеристика котушки індуктивності із сердечником.

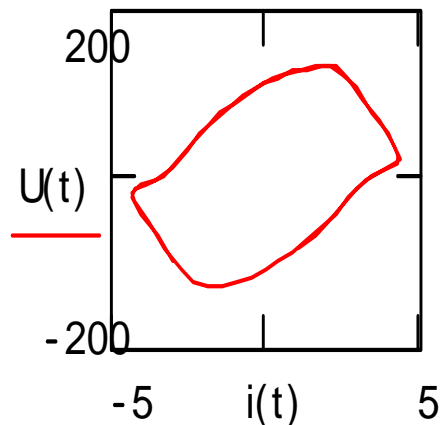


Рисунок 3 - Функція U(i)

Як відомо, параметри котушки вибираються по функції потокоцеплення, то запишемо цю формулу (7) за допомогою попередніх функцій у наступному вигляді:

$$\psi(t) = 0,248 \sin(\omega t + 27,9^\circ) + 0,047 \sin(3\omega t - 58,4^\circ) + 0,021 \sin(5\omega t - 216,2^\circ) + 0,006 \sin(7\omega t - 25,9^\circ). \quad (7)$$

Як і слід було сподіватися, через довільний вибір лінійної частини перетворювача, характеристика не має реалізації (рисунок 4).

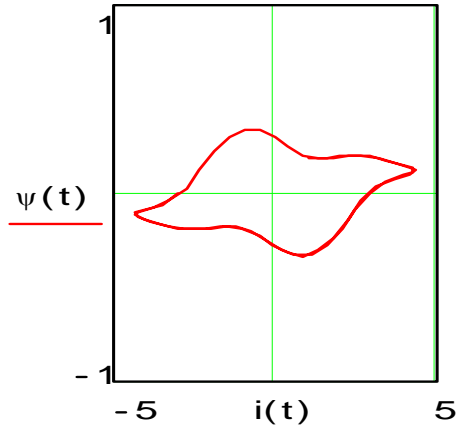


Рисунок 4 - Функція $\psi(i)$

Підбираючи параметри лінійних елементів методом сканування, одержуємо функцію потягосцеплення, яка реалізується:

$$\psi(t) = 0.384 \sin(\omega t - 20,21^\circ) + 0,013 \sin(3\omega t - 88,2^\circ) + 0,006(\sin(5\omega t - 234,9^\circ) + 0,002 \sin(7\omega t - 38,3^\circ)). \quad (8)$$

Графічний вид функції показаний на рисунку 5.

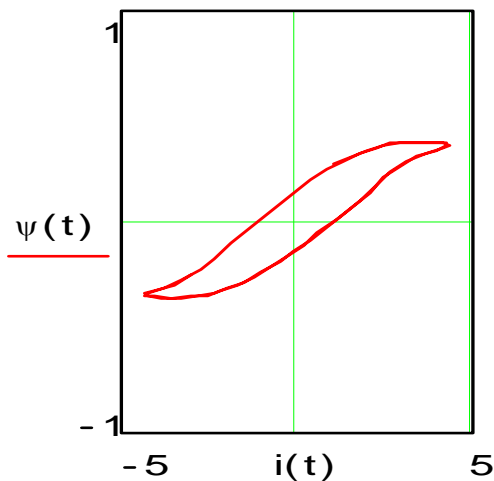


Рисунок 5 - Функція $\psi(i)$

При цьому значення лінійних елементів у колі дорівнює:

$$R= 25,4 \text{ Ом}; R_1=80,6 \text{ Ом}; L= 18,2 \text{ мГн}; C=62,6 \text{ мкФ}.$$

Якщо використовується персональний комп'ютер для відображення відгуку на тестові сигнали, то необхідно приймати їх в цифровому вигляді.

Згідно [7] спектр одиночного імпульсного сигналу $V(t)$ представляється інтегралом Фур'є:

$$V(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} v(t)e^{-\omega t} dt. \quad (9)$$

Для імпульсів складної форми, наприклад трикутної, виробляється лінійно апроксимуюче перетворення. За умови, що імпульс заданий на відріжку $t=t_0\dots t_N$, аргумент представляється формулою

$$v(t) = [v_0 + q_0(t - t_0)]D_0 + \sum_{n=1}^{N-1} (q_n - q_n)(t - t_n)D_n, \quad (10)$$

де $q_n = (v_{n+1} - v_n)/(t_{n+1} - t_n); n=0..N-1$;

t_n - точка відліку $v_n=v(t_n)$;

N – кількість інтервалів розбивки імпульсу шириною t_0-t_N ;

D_n - $[\text{sign}(t-t_n)-\text{sign}(t-t_{N})]/2$ – функція, що виділяє.

При цьому спектр одиночного імпульсу є суцільним. Для спектра представленого у вигляді $V(\omega) = a(\omega) - ib(\omega)$ після підстановки 10 в інтеграл Фур'є отримаємо такий вигляд:

$$a(\omega) = -v_0 \frac{\sin \omega t_0}{\omega} - q_0 \frac{\cos \omega t_N}{\omega^2} + v_N \frac{\sin \omega t_N}{\omega} + q_{N-1} \frac{\cos \omega t_N}{\omega^2} + \frac{1}{\omega^2} \sum_{n=1}^{N-1} (q_{n-1} - q_n) \cos \omega t_n, \quad (11)$$

$$b(\omega) = v_0 \frac{\cos \omega t_0}{\omega} - q_0 \frac{\sin \omega t_N}{\omega^2} + v_N \frac{\cos \omega t_N}{\omega} + q_{N-1} \frac{\sin \omega t_N}{\omega^2} + \frac{1}{\omega^2} \sum_{n=1}^{N-1} (q_{n-1} - q_n) \sin \omega t_n. \quad (12)$$

Приймаючи, що $t_0=0$ або $t_0=-t_N$, формули (11) і (12) спрощуються. Так для симетричних, щодо крапки t_0 імпульсів, уявна складова спектра $b(\omega) = 0$, а дійсна дорівнює наступному співвідношенню:

$$a(\omega) = 2v_0 \frac{\sin \omega t_0}{\omega} + (q_{N-1} - q_0) \frac{\cos \omega t_N}{\omega^2} + \frac{1}{\omega^2} \sum_{n=1}^{N-1} (q_{n-1} - q_n) \cos \omega t_n, \quad (13)$$

де $v_0=v(-t)$.

Тоді для імпульсу трикутної форми при $N=2$; $v_0=v_2=0$; $q_0=1/t_N$; формула спектра має такий вигляд

$$V(\omega) = \frac{4}{t_N \omega^2} \sin^2 \frac{\omega t_N}{2}. \quad (14)$$

Для симетричних імпульсів інтеграл зворотного перетворення Фур'є дорівнює наступному вираженню:

$$v(t) = \frac{1}{\pi} \int_0^{\infty} a(\omega) \cos \omega t d\omega. \quad (15)$$

Висновки. Питання ефективності функціонування ТКД забезпечується їх надійним діагностуванням. Для цього потрібні нові методи контролю елементів первинних перетворювачів, а також відповідні алгоритми обробки інформації від ТКД. Тому були синтезовані математичні моделі, які дають можливість отримати інформацію про характер відгуку чутливих елементів на тестові сигнали в цифровому вигляді, що дає змогу не тільки контролювати цілісність електричного кола, але й цілісність та параметри осердя котушки індуктивності.

Список літератури

1. Данилов А.И. Устройство контроля перегона с использованием счетчика осей производства фирмы «Сименс» // Автоматика, телемеханика и связь. - 1995 -№10.- С.10-11.
2. Ульянов В.М. Индуктивные датчики в системах ж.д. автоматики // Автоматика, связь, информатика. –2007. № 2. – С. 13-16.

3. Прилипко А.А., Гриднев В. Н. Разработка датчиков контроля прохождения осей подвижных единиц /Сб. науч. тр.- Харьков: ХИИТ, 1989. Вып. 10. - С. 37 – 40.
4. Бухгольц В.П., Красовский Г.А., Штанке А.Э. Путевые датчики контроля подвижного состава на рельсовом транспорте. - М.: Транспорт, 1976. - 96 с.
5. Счетчики осей в системах железнодорожной автоматики и телемеханики: учеб. Пособие / А.Г. Кириленко, А.В. Груша. – Хабаровск: Изд-во ДВГУПС, 2003. 75с.: ил.
6. Карпов Е.А., Марунчак Л.В., Рядинских А.С. Синтез нелинейных преобразователей.- М.: Энергоатомиздат, 1986. -136 с.
7. Осипов Л.А. Обработка сигналов на цифровых процессорах: линейно-аппроксимирующий метод. - М.: Горячая линия – телеком, 2001. –76 с.

УДК 656.25:656.256

*Радковский С.А., к.т.н., доц. (ДонИЖТ)
Семикова Т.И., доц. (ДонИЖТ)*

ТЕХНИЧЕСКИЕ СОСТОЯНИЯ СХЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОЙ СТРЕЛКОЙ

Введение, анализ исследований и постановка задачи. В процессе эксплуатации при нормальных условиях работы технические средства схемы управления выполняют заданное назначение, осуществляя возложенные на них функции по контролю положения стрелки и переводу острия из одного крайнего положения в другое. В таких случаях работа технических средств характеризуется как надежное функционирование, которое позволяет обеспечивать безопасность движения поездов.

Однако при появлении отказа в работе технических средств, схема управления не способна выполнять указанные функции. В таких случаях возможны: снижение уровня безопасности движения поездов, их задержки, возникновение аварийных ситуаций.

Как известно [2, 3, 6] схема управления стрелкой состоит из постовой аппаратуры и напольной, в которую входит и элементы стрелочного привода. Доля отказов, приходящаяся на постовую аппаратуру невелика и соизмерима с отказами постовой аппаратуры электрической централизации (ЭЦ). На стрелочные электроприводы приходится в среднем пятая часть отказов в системах ЭЦ. Диапазон изменения