

Б. І. Мокін, акад. НАПНУ, д-р. техн. наук, проф.;
Ю. А. Лобатюк, асп.

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ І СТРУКТУРА ПРИСТРОЮ ДІАГНОСТИКИ ГАЛЬМІВНОЇ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОВОЗА

Розроблено математичну модель для технічної діагностики рівня зносу гальмівних колодок тягового вантажного електровоза. Запропоновано структурну схему та розроблено алгоритм функціонування пристрою, який реалізує цю модель.

Вступ

Виходячи з чисельності небезпечних ситуацій на залізничних коліях України проблема надійності технічного обладнання електрорухомого складу залізниці залишається актуальною [1]. Її розв'язанню сприяє у тому числі і ефективне діагностування гальмівної системи електровоза.

Розв'язання задачі

Гальмівна система електровоза ВЛ80т [2] пневматична, головним виконавчим елементом якої є гальмівна важільна передача (ГВП). ГВП складається з гальмівного циліндра 1 зі штоком 2, важільних передач 3, башмаків 4 і гальмівних колодок 5 (рис. 1).

Величина виходу штоку гальмівного циліндра пропорційна зменшенню товщини гальмівної колодки. Очевидно, що зі зношенням гальмівних колодок рівень виходу штоку збільшується.

При подачі в гальмівний циліндр повітря, зважаючи на те, що поршень є однаковим об'єктом, графік зміни тиску $p(t)$ в гальмівному циліндрі можна виразити наростаючою експонентою

$$p(t) = P_y \left(1 - e^{-\frac{t}{T}} \right), \quad (1)$$

де P_y — усталене значення величини тиску в гальмівному циліндрі; T — стала часу.

Силу дії штоку на гальмівну важільну передачу, знаючи тиск $p(t)$ в гальмівному циліндрі, можна визначити з очевидної формули

$$F = p \cdot \pi R_n^2, \quad (2)$$

де R_n — радіус поршня циліндра, до якого прикладається тиск.

Використовуючи другий закон Ньютона [3] та формулу (2), швидкість руху штоку $v(t)$ можна записати у вигляді

$$v(t) = \frac{1}{m_0} \int_0^t p(\tau) \cdot \pi R_n^2 d\tau, \quad (3)$$

де m — маса поршня зі штоком.

Підставивши у (3) значення тиску з (1), отримаємо:

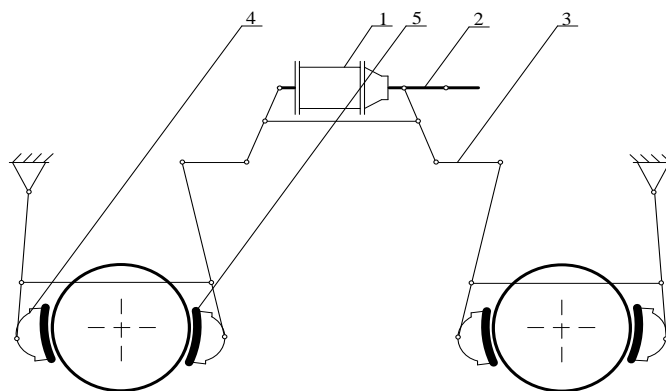


Рис. 1. Гальмівна важільна передача

$$v(t) = \frac{1}{m_0} \int_0^t P_y \left(1 - e^{-\frac{\tau}{T}} \right) \pi R_n^2 d\tau. \quad (4)$$

Беручи інтеграл у формулі (4) та виконавши нескладні математичні перетворення, отримаємо:

$$\begin{aligned} v(t) &= \frac{\pi R_n^2 P_y}{m} \int_0^t \left(1 - e^{-\frac{\tau}{T}} \right) d\tau = \frac{\pi R_n^2 P_y}{m} \left(\tau + T \cdot e^{-\frac{\tau}{T}} \right) \Big|_0^t = \frac{\pi R_n^2 P_y}{m} \left(t + T \cdot e^{-\frac{t}{T}} - T \right) = \\ &= \frac{\pi R_n^2 P_y}{m} \left(t - T \left(1 - e^{-\frac{t}{T}} \right) \right). \end{aligned} \quad (5)$$

Значення виходу штока гальмівного циліндра знайдемо, проінтегрувавши функцію швидкості, оскільки

$$x(t_k) = \int_0^{t_k} v(t) dt. \quad (6)$$

Підставивши у (6) значення швидкості із (5), матимемо:

$$x(t_k) = \int_0^{t_k} \frac{\pi R_n^2 P_y}{m} \left(t - T \left(1 - e^{-\frac{t}{T}} \right) \right) dt. \quad (7)$$

Слід зазначити, що час інтегрування t_k в формулі (7) має фіксоване значення і може бути знайдений за допомогою електронного таймера, який вмикається від сигналу початку гальмування, а вимикається сигналом тензодатчика на башмаку, який змінюється стрибком після доторкання гальмівної колодки до бандажа колеса.

Беручи інтеграл у виразі (7) та виконавши нескладні перетворення, отримаємо:

$$\begin{aligned} x(t_k) &= \frac{\pi R_n^2 P_y}{m} \int_0^{t_k} \left(t - T \left(1 - e^{-\frac{t}{T}} \right) \right) dt = \frac{\pi R_n^2 P_y}{m} \left(\frac{t^2}{2} - T \left(t + T \cdot e^{-\frac{t}{T}} \right) \right) \Big|_0^{t_k} = \\ &= \frac{\pi R_n^2 P_y}{m} \left(\frac{t_k^2}{2} - T \left(t_k + T \cdot e^{-\frac{t_k}{T}} \right) + T^2 \right). \end{aligned} \quad (8)$$

Значення виходу штоку гальмівного циліндра пропорційне зменшенню товщини гальмівної колодки. Підставляючи час спрацювання гальмівної важільної передачі t_k в рівняння (8), знайдемо значення виходу штока гальмівного циліндра.

Очевидно, що знос гальмівної колодки гальмівної важільної передачі можна знайти з виразу

$$r(t_k) = kx(t_k), \quad (9)$$

де k — коефіцієнт пропорційності, який визначається експериментально.

Однак необхідно врахувати можливість нерівномірного зносу гальмівних колодок і, як наслідок, різні моменти подачі сигналу від тензOMETричних сенсорів. Тому в формулі знаходження виходу штока (8) потрібно взяти максимальний час подачі сигналу від тензOMETричного сенсора — тобто час спрацювання найбільш зношеної гальмівної колодки

$$t_k = \max(t_{F_{1k}} \wedge t_{F_{2k}} \wedge \dots \wedge t_{F_{ik}}). \quad (10)$$

Залежності (8)—(10) складають математичну модель для діагностики рівня зносу гальмівних колодок тягового електровоза. На основі розробленої математичної моделі запропоновано структурну схему пристрою (рис. 2).

На структурній схемі пристрою позначено такі елементи: 1, 2, 3, 4 — тензOMETричні сенсори зусилля; 5, 6, 7, 8 — таймери; 9 — блок подачі сигналу про запуск системи гальмування; 10 — блок визначення максимального значення часу спрацьовування; 11 — блок обрахунку рівня зносу гальмівних колодок; ПВІ — пристрій виведення інформації.

На основі запропонованої структурної схеми розроблено алгоритм роботи пристрою (рис. 3).

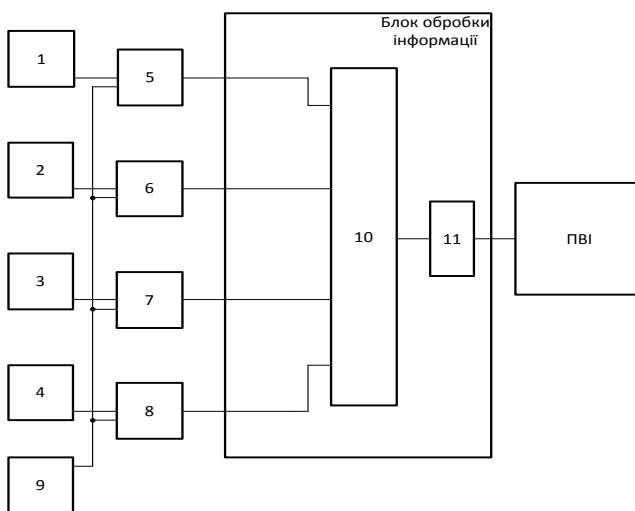


Рис. 2. Структурна схема пристрою діагностики

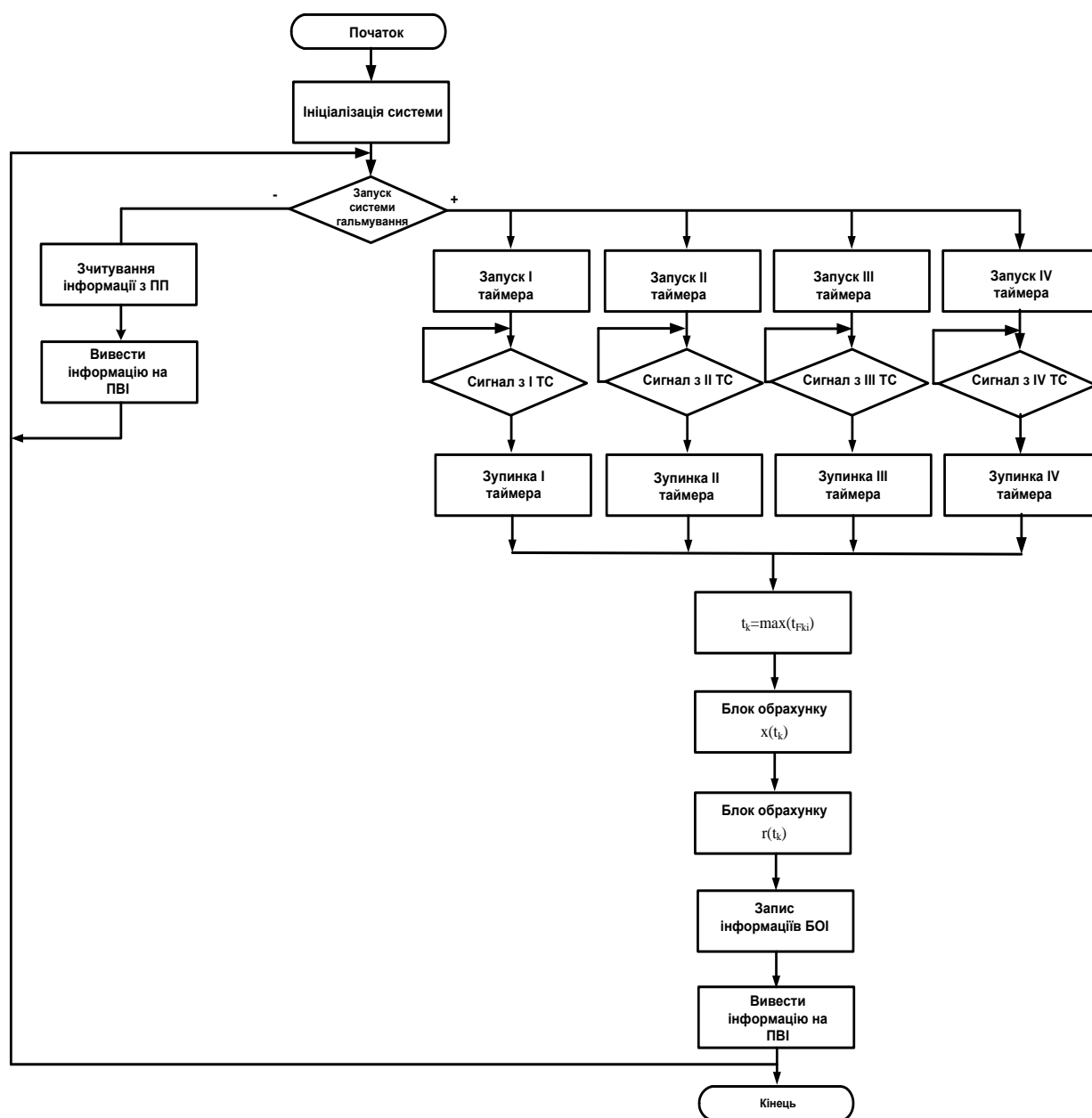


Рис. 3. Алгоритм роботи пристрою діагностики

Висновки

1. Побудована математична модель для діагностики рівня зносу гальмівних колодок електровоза.
2. Запропоновано пристрій, який реалізує розроблену модель діагностики згідно із закладеним алгоритмом.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Коренівський М. В. Аналіз стану гальмового обладнання вантажного рухомого складу / М. В. Коренівський, В. В. Бондаренко, Я. В. Дерев'яничук // Збірник наукових праць УДАЗТ. — 2010. — № 107. — С. 102—106.
2. Электровоз ВЛ80т. Руководство по эксплуатации / под ред. Б. Р. Бондаренко. — М. : Транспорт, 1977. — 568 с.
3. Павловський М. А. Теоретична механіка / М. А. Павловський. — Київ : Техніка, 2002. — 512 с.

Рекомендована кафедрою електромеханічних систем автоматизації в промисловості і на транспорті

Стаття надійшла до редакції 20.10.11

Рекомендована до друку 25.11.11

Мокін Борис Іванович — професор, **Лобатюк Юрій Анатолійович** — аспірант.

Кафедра відновлювальної енергетики та транспортних електричних систем і комплексів, Вінницький національний технічний університет, Вінниця