

# АВТОМАТИКА ТА ІНФОРМАЦІЙНО-ВІМІРЮВАЛЬНА ТЕХНІКА

УДК 656(1–21):681.5+658.58

Б. І. Мокін, д. т. н., проф.; М. П. Розводюк, к. т. н., доц.; Ю. В. Шевчук

## МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ, АЛГОРИТМ ТА ПРИСТРІЙ ДЛЯ ДІАГНОСТУВАННЯ ПРИСКОРЮВАЧА ТРАМВАЯ КТ-4СУ З РЕЛЕЙНО-КОНТАКТОРНОЮ СИСТЕМОЮ КЕРУВАННЯ

*Проаналізовано основні несправності, через які порушується нормальне функціонування прискорювача трамвая, а також існуючі системи діагностування його технічного стану. Запропоновано новий підхід до реалізації системи діагностування прискорювача, на основі якого синтезовано математичну модель його функціонування, що дало можливість розробити структуру системи діагностування прискорювача та алгоритм її функціонування.*

### Вступ

Прискорювач є однією з основних функціональних ланок системи електропривода трамвая КТ-4СУ з релейно-контакторною системою керування, причому в роботі [1] було показано, що він є однією з найненадійніших його систем. Існує низка причин, через які прискорювач працюватиме неправильним чином. Наприклад, через несправності кулачкового барабана або неправильну комутацію блок-контактів  $Z_j (j = \overline{1, 12})$ , хоча резистори прискорювача виводяться із силового кола тягових електродвигунів нормальним чином, але допоміжні кола комутуються неправильно або ж не комутуються взагалі. Або, наприклад, через залипання чи послаблення контактного пальця  $i (i = \overline{1, 101})$  комутація прискорювача здійснюється не у відповідності з робочою діаграмою. Тому задача підвищення надійності прискорювача є актуальною.

Пропонується розв'язати цю задачу шляхом розміщення в кабіні водія системи діагностування, що дозволить мати об'єктивну інформацію про технічний стан прискорювача та прискорити роботу обслуговуючого персоналу з пошуку місця несправності. Попередні дослідження роботи прискорювача вже проводилися, зокрема в роботі [2] подана математична модель його функціонування, а в роботах [3–5] — системи діагностування. В цих роботах діагностичні пристрої побудовані з використанням елементів жорсткої логіки. А як відомо, така діагностична система є недостатньо надійною. Крім того, недоліком вищевказаних систем є використання для контролю кожного контактного пальця (а їх є 101) свого сенсора струму, що є нераціональним.

Тому метою роботи є розробка математичної моделі функціонування системи діагностування прискорювача трамвая, яку можна було б закласти в діагностичний пристрій, реалізований на базі мікроконтролера.

### Розробка математичної моделі функціонування системи діагностування прискорювача

Як відомо, струм, що тече по якірній обмотці тягового електродвигуна, можна визначити з формули [6]

$$I = \frac{U}{R + R_{\text{пр}}}, \quad (1)$$

де  $U$  — напруга на затискачах обмотки якоря двигуна;  $R$  — опір двигуна;  $R_{\text{пр}}$  — опір





$$\left\{ \begin{array}{l} D_1 = Y_{П1} \wedge Y_{Z1}; \\ D_2 = Y_{П2} \wedge Y_{Z2}; \\ \dots\dots\dots \\ D_i = Y_{Пi} \wedge Y_{Zi}; \\ \dots\dots\dots \\ D_{101} = Y_{П101} \wedge Y_{Z101} \end{array} \right. \quad (9)$$

i

$$\left\{ \begin{array}{l} \bar{D}_1 = \bar{Y}_{П1} \wedge Y_{Z1} \vee Y_{П1} \wedge \bar{Y}_{Z1} \vee \bar{Y}_{П1} \wedge \bar{Y}_{Z1}; \\ \bar{D}_2 = \bar{Y}_{П2} \wedge Y_{Z2} \vee Y_{П2} \wedge \bar{Y}_{Z2} \vee \bar{Y}_{П2} \wedge \bar{Y}_{Z2}; \\ \dots\dots\dots \\ \bar{D}_i = \bar{Y}_{Пi} \wedge Y_{Zi} \vee Y_{Пi} \wedge \bar{Y}_{Zi} \vee \bar{Y}_{Пi} \wedge \bar{Y}_{Zi}; \\ \dots\dots\dots \\ \bar{D}_{101} = \bar{Y}_{П101} \wedge Y_{Z101} \vee Y_{П101} \wedge \bar{Y}_{Z101} \vee \bar{Y}_{П101} \wedge \bar{Y}_{Z101}. \end{array} \right. \quad (10)$$

### Розробка системи діагностування прискорювача

На основі запропонованих математичних моделей розроблено структуру системи діагностування прискорювача, яка показана на рис. 1.

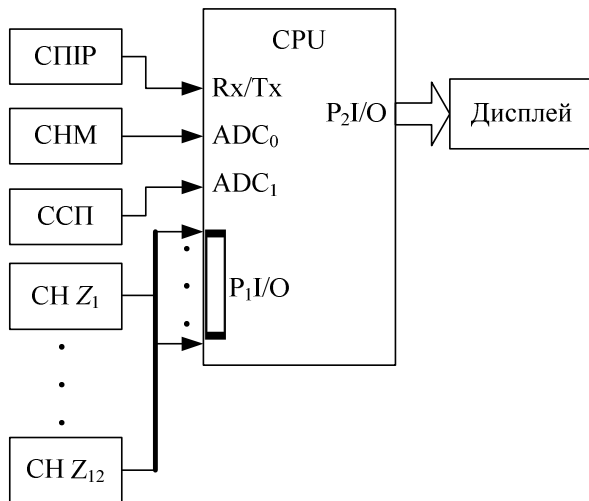


Рис. 1. Структурна схема системи діагностування прискорювача

Для визначення кута повороту  $\alpha_k$  ізолюючого ролика, що притискає контактні пальці до контактів секцій реостата, використовується сенсор кута повороту СПП з інтерфейсом RS232 (Rx, Tx), який дозволяє легко зв'язати його з мікроконтролером і на програмному рівні отримати кут повороту.

Для перевірки стану блок-контактів  $Z_j$  використовуються сенсори напруги  $CHZ_1 - CHZ_{12}$ -типу MLX90215, побудовані на основі ефекту Холла. На виході такого сенсора встановлюється логічна одиниця, якщо через відповідну блок-контактну пару протікатиме струм, і логічний нуль в іншому випадку.

В колі якорів пари тягових двигунів встановлюється сенсор струму ССП типу ДИТ500А, а напруга живлення двигунів контролюється за допомогою сенсора напруги СНМ типу CV3-1000. На виході сенсора струму ССП маємо напругу йому пропорційну (при максимальному значенні струму напруга на виході набуває значення 5 В). Ця напруга подається на аналоговий вхід вбудованого в мікроконтролер CPU типу ATmega8-16PI аналого-цифровий перетворювач і перетворюється у двійковий код, пропорційний струму в силовому колі  $I_i$ , а опорна напруга аналого-цифрового перетворювача задається за допомогою сенсора напруги СНМ. Таким чином враховується коливання напруги в мережі. Повідомлення про технічний стан прискорювача видається на дисплей типу HD44780.

Алгоритм роботи пристрою показаний на рис. 2.

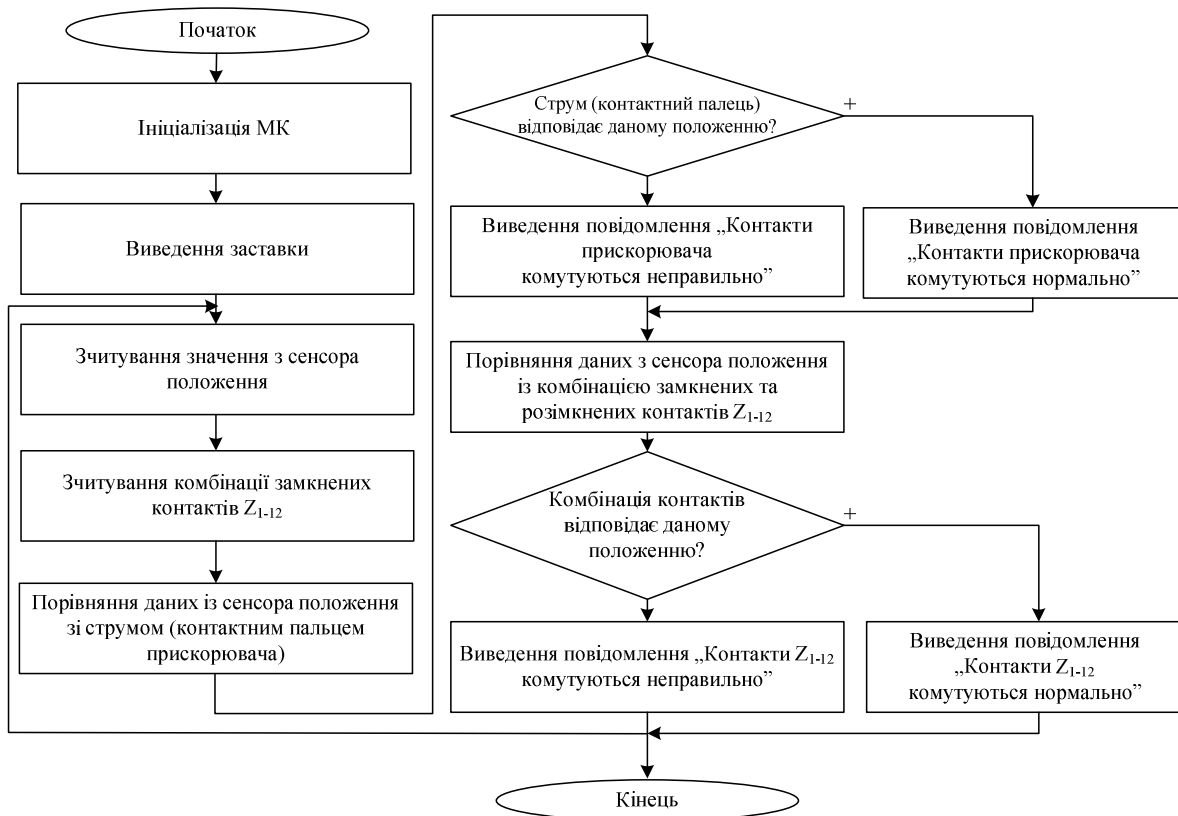


Рис. 2. Алгоритм роботи пристрою

### Висновки

1. Розроблено математичну модель функціонування системи діагностування прискорювача трамвая, яка, на відміну від існуючих, дозволяє використовувати лише одне загальне значення струму тягових двигунів, а не конкретне по кожному з контактних пальців.
2. Синтезовано алгоритм та структуру пристрою для діагностування прискорювача, в основу яких покладено запропоновану математичну модель.

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Мокін Б. І., Бурденюк С. І., Гурильова Н. В. Проблеми та перспективи експлуатації засобів міського електротранспорту в функції їх стану // Вісник Вінницького політехнічного інституту. — 2000. — № 6. — С. 22—25.
2. Мокін Б. І., Розводюк М. П. Математична модель функціонування прискорювача трамвая // Вісник Вінницького політехнічного інституту. — 2003. — № 6. — С. 72—76.
3. Мокін Б. І., Розводюк М. П. Синтез структури системи для діагностування прискорювача трамвая // Вісник Вінницького політехнічного інституту. — 2004. — № 1. — С. 41—45.
4. Розводюк М. П. До питання технічної діагностики прискорювача трамвая // Вісник національного технічного університету «Харківський політехнічний університет». — Харків: НТУ «ХПІ». — 2005. — № 45. — С. 446—448.
5. Пат. Україна, МПК В60L3/12. Пристрій для технічної діагностики прискорювача трамвая / Б. І. Мокін, М. П. Розводюк. — № 11970 U; Заявл. 15.07.2005; Опубл. 16.01.2006, Бюл. № 1. — 5 с.
6. Грабко В. В., Розводюк М. П., Грабенко І. В. Експериментальні дослідження електричних машин. Частина I. Машини постійного струму. — Вінниця: ВНТУ, 2005. — 86 с.

Матеріали статті рекомендовані до опублікування оргкомітетом III Міжнародної науково-технічної конференції «Сучасні проблеми радіоелектроніки, телекомунікацій та приладобудування (СПРТП-2007)» (31.05—2.06.2007 р.)

Надійшла до редакції 30.09.07  
Рекомендована до друку 04.10.07

**Мокін Борис Іванович** — професор, **Розводюк Михайло Петрович** — доцент.

Кафедра електромеханічних систем автоматизації в промисловості і на транспорті;

**Шевчук Юрій Володимирович** — студент Інституту електроенергетики та електромеханіки.

Вінницький національний технічний університет