

## СИНТЕЗ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ДЛЯ ДІАГНОСТУВАННЯ ПРИСКОРЮВАЧА ТРАМВАЯ

*М. П. Розводюк, к.т.н., доц.*

*Вінницький національний технічний університет*

*Хмельницьке шосе, 95, 21021, м. Вінниця, Україна*

*E-mail: rozvodyukmp@vntu.edu.ua; rozvodyukmp@mail.ru*

Розглядається питання математичного опису роботи прискорювача трамвая КТ-4СУ. Здійснено удосконалення існуючої математичної моделі функціонування трамвая, що дозволило більш об'єктивно описати поведінку прискорювача. Здійснено синтез математичної моделі для діагностування прискорювача. Поставлено задачу для подальших досліджень.

**Ключові слова:** прискорювач, трамвай, математична модель, діагностування.

**Вступ.** Однією з важливих функціональних систем трамвая КТ-4СУ є його прискорювач типу ОА22, який являє собою регульований пускогальмівний опір, розрахований на максимальну силу струму тягових електродвигунів [1]. Разом з тим він є одним із ненадійних елементів у роботі електропривода трамвая, як показано в роботі [2]. Тому дослідження цієї функціональної системи трамвая є актуальним.

**Аналіз попередніх досліджень.** У роботах [3-5] вже були намагання здійснити математичний опис функціонування прискорювача трамвая. Однак моделі містять поверхневий характер, що не відображає повної поведінки прискорювача в тій чи іншій ситуації.

**Мета роботи.** Здійснити уточнення існуючої математичної моделі функціонування трамвая, що дасть змогу більш об'єктивно оцінити роботу прискорювача з метою подальшої розробки структури пристрою для його діагностування.

**Матеріал і результати дослідження.** Прискорювач (рис. 1) складається з 101-го контактної пальця 1 ( $K_1 \div K_{101}$ ), які з'єднані із секціями опорів 2, барабана 3 з кулачками у вигляді сегментів, який розміщений на валу, поводка 4 з ізовольованим роликом 5, який поступово прижимає контактні пальці 1 до мідного струмознімального кільця 6. Поворот ролика 5 здійснюється за допомогою електродвигуна управління.

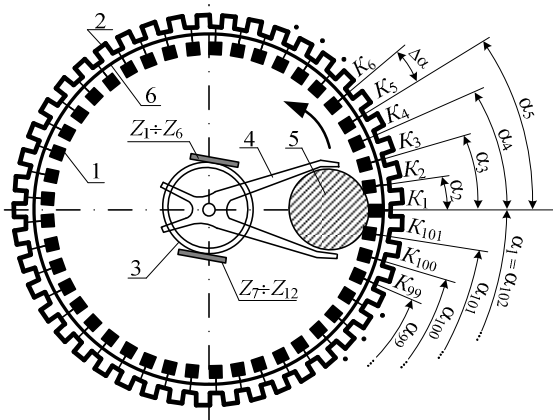


Рисунок 1 – Схема роботи прискорювача

У залежності від позиції (фіксованого положення барабана 3 з поводком 4 і роликом 5 [6]) відбу-

вається комутація відповідного контактної пальця та дванадцяти пар блок-контактів  $Z_1 \div Z_{12}$ . Введемо позначення:  $K_i$  – замкнений стан  $i$ -го контактної пальця,  $\overline{K_i}$  – розімкнений стан  $i$ -го контактної пальця ( $i = \overline{1, 101}$ );  $Z_{ij}$  – замкнений стан блок-контакту з номером  $i, j$ ,  $\overline{Z_{i,j}}$  – розімкнений стан блок-контакту з номером  $i, j$  ( $j = \overline{1, 12}$ ).

Діаграма роботи прискорювача подана в табл. 1, в якій “1” відповідає замкненому стану контактів  $Z_{i,j}$ , а “0” – розімкненому.

**Таблиця 1 – Діаграма роботи прискорювача**

$K_i$	$Z_{i,j}$											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0
2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0
3÷5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1
6÷26	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	1
27÷47	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1
48÷68	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	1
69÷84	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1
85÷95	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1
96	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1
97	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1
98÷99	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
100	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1
101	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1

Положення ізовольованого ролика визначається кутом його повороту  $\alpha_i$ , що відповідає контактному пальцю  $K_i$ . Кут між двома контактними пальцями, відповідно до рис. 1, можна визначити як

$$\Delta\alpha = \frac{360^\circ}{K_k}, \tag{1}$$

де  $K_k$  – кількість контактних пальців ( $K_k = 101$ );

$$\Delta\alpha = \frac{360^\circ}{101} = 3,5644^\circ.$$

За вихідну позицію прийемо стан, коли ізовольований ролик 5 здійснює комутацію першого контактної пальця  $K_1$  (рис. 1), що відповідає куту повороту ролика  $\alpha_1 = 0^\circ$ . За такої умови кут повороту ролика і стан контактних пальців можна представити як:

$$\left\{ \begin{array}{l} \alpha_1 = 0^0 \Leftrightarrow K_1; \\ \alpha_2 = \alpha_1 + \Delta\alpha = \Delta\alpha \Leftrightarrow K_2; \\ \alpha_3 = \alpha_2 + \Delta\alpha = 2\Delta\alpha \Leftrightarrow K_3; \\ \alpha_4 = \alpha_3 + \Delta\alpha = 3\Delta\alpha \Leftrightarrow K_4; \\ \dots\dots\dots \\ \alpha_i = \alpha_{i-1} + \Delta\alpha = (i-1)\Delta\alpha \Leftrightarrow K_i; \\ \dots\dots\dots \\ \alpha_{100} = \alpha_{99} + \Delta\alpha = 99\Delta\alpha \Leftrightarrow K_{100}; \\ \alpha_{101} = \alpha_{100} + \Delta\alpha = 100\Delta\alpha \Leftrightarrow K_{101}; \\ \alpha_{102} = \alpha_{101} + \Delta\alpha = 101\Delta\alpha = 360^0 \Leftrightarrow K_1. \end{array} \right. \quad (2)$$

Як видно з рівнянь (2), положення ізолюючого ролика при замиканні  $i$ -го контактного пальця визначається за співвідношенням:

$$\alpha_i = (i-1)\Delta\alpha. \quad (3)$$

Тоді роботу прискорювача можна представити такими співвідношеннями:

$$\begin{aligned} \bar{b}_1 &= k_1 \wedge Z_{1,1} \wedge \dots \wedge Z_{1,6} \wedge \overline{Z_{1,7}} \wedge Z_{1,8} \wedge Z_{1,9} \wedge \\ &\wedge \overline{Z_{1,10}} \wedge \dots \wedge \overline{Z_{1,12}}, \\ \bar{b}_2 &= k_2 \wedge Z_{2,1} \wedge \dots \wedge Z_{2,9} \wedge \overline{Z_{2,10}} \wedge \dots \wedge \overline{Z_{2,12}}, \\ \bar{b}_3 &= k_3 \wedge Z_{3,1} \wedge \dots \wedge Z_{3,9} \wedge \overline{Z_{3,10}} \wedge \overline{Z_{3,11}} \wedge \\ &\wedge \dots \wedge Z_{3,12}, \\ &\dots\dots\dots \\ \bar{b}_5 &= k_5 \wedge Z_{5,1} \wedge \dots \wedge Z_{5,9} \wedge \overline{Z_{5,10}} \wedge \overline{Z_{5,11}} \wedge \\ &\wedge \dots \wedge Z_{5,12}, \\ \bar{b}_6 &= k_6 \wedge Z_{6,1} \wedge \dots \wedge Z_{6,5} \wedge \overline{Z_{6,6}} \wedge Z_{6,7} \wedge \\ &\wedge \dots \wedge Z_{6,9} \wedge \overline{Z_{6,10}} \wedge \overline{Z_{6,11}} \wedge Z_{6,12}, \\ &\dots\dots\dots \\ \bar{b}_{26} &= k_{26} \wedge Z_{26,1} \wedge \dots \wedge Z_{26,5} \wedge \overline{Z_{26,6}} \wedge Z_{26,7} \wedge \\ &\wedge \dots \wedge Z_{26,9} \wedge \overline{Z_{26,10}} \wedge \overline{Z_{26,11}} \wedge Z_{26,12}, \\ \bar{b}_{27} &= k_{27} \wedge Z_{27,1} \wedge \dots \wedge Z_{27,4} \wedge \overline{Z_{27,5}} \wedge \overline{Z_{27,6}} \wedge \\ &\wedge Z_{27,7} \wedge \dots \wedge Z_{27,9} \wedge \overline{Z_{27,10}} \wedge \overline{Z_{27,11}} \wedge Z_{27,12}, \\ &\dots\dots\dots \\ \bar{b}_{47} &= k_{47} \wedge Z_{47,1} \wedge \dots \wedge Z_{47,4} \wedge \overline{Z_{47,5}} \wedge \overline{Z_{47,6}} \wedge \\ &\wedge Z_{47,7} \wedge \dots \wedge Z_{47,9} \wedge \overline{Z_{47,10}} \wedge \overline{Z_{47,11}} \wedge Z_{47,12}, \\ \bar{b}_{48} &= k_{48} \wedge Z_{48,1} \wedge \dots \wedge Z_{48,3} \wedge \overline{Z_{48,4}} \wedge \overline{Z_{48,6}} \wedge \\ &\wedge Z_{48,7} \wedge \dots \wedge Z_{48,9} \wedge \overline{Z_{48,10}} \wedge \overline{Z_{48,11}} \wedge Z_{48,12}, \\ &\dots\dots\dots \\ \bar{b}_{68} &= k_{68} \wedge Z_{68,1} \wedge \dots \wedge Z_{68,3} \wedge \overline{Z_{68,4}} \wedge \overline{Z_{68,6}} \wedge \\ &\wedge Z_{68,7} \wedge \dots \wedge Z_{68,9} \wedge \overline{Z_{68,10}} \wedge \overline{Z_{68,11}} \wedge Z_{68,12}, \\ \bar{b}_{69} &= k_{69} \wedge Z_{69,1} \wedge Z_{69,2} \wedge \overline{Z_{69,3}} \wedge \dots \wedge \overline{Z_{69,6}} \wedge \\ &\wedge Z_{69,7} \wedge \dots \wedge Z_{69,9} \wedge \overline{Z_{69,10}} \wedge \overline{Z_{69,11}} \wedge Z_{69,12}, \\ &\dots\dots\dots \\ \bar{b}_{84} &= k_{84} \wedge Z_{84,1} \wedge Z_{84,2} \wedge \overline{Z_{84,3}} \wedge \dots \wedge \overline{Z_{84,6}} \wedge \\ &\wedge Z_{84,7} \wedge \dots \wedge Z_{84,9} \wedge \overline{Z_{84,10}} \wedge \overline{Z_{84,11}} \wedge Z_{84,12}, \end{aligned} \quad (4)$$

$$\begin{aligned} \bar{b}_{85} &= k_{85} \wedge Z_{85,1} \wedge \overline{Z_{85,2}} \wedge \dots \wedge \overline{Z_{85,6}} \wedge Z_{85,7} \wedge \\ &\wedge \dots \wedge Z_{85,9} \wedge \overline{Z_{85,10}} \wedge \overline{Z_{85,11}} \wedge Z_{85,12}, \\ &\dots\dots\dots \\ \bar{b}_{95} &= k_{94} \wedge Z_{95,1} \wedge \overline{Z_{95,2}} \wedge \dots \wedge \overline{Z_{95,6}} \wedge Z_{95,7} \wedge \\ &\wedge \dots \wedge Z_{95,9} \wedge \overline{Z_{95,10}} \wedge \overline{Z_{95,11}} \wedge Z_{95,12}, \\ \bar{b}_{96} &= k_{96} \wedge Z_{96,1} \wedge \overline{Z_{96,2}} \wedge \dots \wedge \overline{Z_{96,6}} \wedge Z_{96,7} \wedge \\ &\wedge \dots \wedge Z_{96,10} \wedge \overline{Z_{96,11}} \wedge Z_{96,12}, \\ \bar{b}_{97} &= k_{97} \wedge \overline{Z_{97,1}} \wedge \dots \wedge \overline{Z_{97,6}} \wedge Z_{97,7} \wedge \dots \wedge \\ &\wedge Z_{97,10} \wedge \overline{Z_{97,11}} \wedge Z_{97,12}, \\ \bar{b}_{98} &= k_{98} \wedge \overline{Z_{98,1}} \wedge \dots \wedge \overline{Z_{98,6}} \wedge Z_{98,7} \wedge \dots \wedge Z_{98,12}, \\ \bar{b}_{99} &= k_{99} \wedge \overline{Z_{99,1}} \wedge \dots \wedge \overline{Z_{99,6}} \wedge Z_{99,7} \wedge \dots \wedge Z_{99,12}, \\ \bar{b}_{100} &= k_{100} \wedge \overline{Z_{100,1}} \wedge \dots \wedge \overline{Z_{100,6}} \wedge Z_{100,7} \wedge Z_{100,8} \wedge \\ &\wedge \overline{Z_{100,9}} \wedge Z_{100,10} \wedge \dots \wedge Z_{100,12}, \\ \bar{b}_{101} &= k_{101} \wedge \overline{Z_{101,1}} \wedge \dots \wedge \overline{Z_{101,6}} \wedge Z_{101,7} \wedge \overline{Z_{101,8}} \wedge \\ &\wedge \overline{Z_{101,9}} \wedge Z_{101,10} \wedge \dots \wedge Z_{101,12}, \end{aligned}$$

де стан контактних пальців описується рівняннями:

$$\left\{ \begin{array}{l} k_1 = K_1 \wedge \overline{K_2} \wedge \dots \wedge \overline{K_{101}}, \\ k_2 = \overline{K_1} \wedge K_2 \wedge \overline{K_3} \wedge \dots \wedge \overline{K_{101}}, \\ k_3 = \overline{K_1} \wedge \overline{K_2} \wedge K_3 \wedge \overline{K_4} \wedge \dots \wedge \overline{K_{101}}, \\ \dots\dots\dots \\ k_i = \overline{K_1} \wedge \dots \wedge \overline{K_{i-1}} \wedge K_i \wedge \overline{K_{i+1}} \wedge \dots \wedge \overline{K_{101}}, \\ \dots\dots\dots \\ k_{100} = \overline{K_1} \wedge \dots \wedge \overline{K_{99}} \wedge K_{100} \wedge \overline{K_{101}}, \\ k_{101} = \overline{K_1} \wedge \dots \wedge \overline{K_{100}} \wedge K_{101}. \end{array} \right. \quad (5)$$

У рівняннях (4) під пропусками (...) стрічок слід розуміти, що стани блок-контактів  $Z_{ij}$  від попереднього положення ролика до наступного мають таке ж саме значення, що й у попередніх стрічках, а стан контактних пальців характеризується відповідним рівнянням із системи (5), тобто

$$\alpha_i = k_i \wedge z_{i,j}, \quad (6)$$

де  $z_{i,j}$  – стан блок-контактів в  $i$ -му положенні ролика.

Наприклад, для четвертого положення ролика, рівняння, що описує роботу прискорювача, має вигляд:

$$\begin{aligned} \bar{b}_4 &= k_4 \wedge Z_{4,1} \wedge \dots \wedge Z_{4,9} \wedge \\ &\wedge \overline{Z_{4,10}} \wedge \overline{Z_{4,11}} \wedge \dots \wedge Z_{4,12}. \end{aligned} \quad (7)$$

Тобто при положенні ролика з третьої до п'ятої позиції, відповідно до (4), стан блок-контактів (замкнений чи розімкнений) залишається незмінним. Змінюється лише індекс  $i$  з  $i=3$  до  $i=5$ , а індекс  $j$ , який фактично і характеризує стан блок-контактів, залишається незмінним.

Отримані співвідношення у вигляді (4) і характеризують всі етапи функціонування прискорювача трамвая.

Кут повороту  $\alpha_i$  ізолюючого ролика при замиканні контактного пальця  $K_i$  визначається електродвигуном управління прискорювача відповідно до

напруги задання  $U_i^{yD}$ , що надходить з кола керування. При цьому вал даного електродвигуна повертається на кут  $\beta_i$ . Якщо прискорювач функціонує відповідно до робочої діаграми (табл. 1), то повинна виконуватися рівність  $\alpha_i = \beta_i$ .

За таких умов математична модель оцінки технічного стану прискорювача набуде вигляду:

$$\bar{y} = \begin{cases} \alpha_i = k_i \wedge z_{i,j}; \\ U_i^{yD} \Leftrightarrow \beta_i; \\ \beta_i = \alpha_i; \end{cases} \quad (8)$$

$$y_{i,0} = \overline{K_i};$$

$$y_{i,j} = \overline{Z_{i,j}};$$

$$y_{i(m)} = K_{i(m)};$$

$$y_i = \alpha_i \neq k_i \wedge z_{i,j};$$

$$y_{i(U)} = U_i^{yD} \not\Leftrightarrow \beta_i;$$

$$y_{i(\beta)} = \beta_i \neq \alpha_i,$$

де  $\bar{y}$  – вихідний сигнал, який характеризує відповідність контактних пальців  $K_i$  та блок-контактів  $Z_{ij}$  робочої діаграми (прискорювач знаходиться у справному стані);  $y_{i,0}$  – вихідний сигнал, який відповідає несправному контактному пальцю  $K_i$ ;  $y_{i,j}$  – вихідний сигнал, який відповідає несправному блок-контакту  $Z_{ij}$ ;  $y_{i(m)}$  – вихідний сигнал, який відповідає несправному контактному пальцю  $K_m$  при замиканні контактного пальця  $K_i$  ("залипання" контактного пальця  $K_m$ ),  $m = 1, 101$ , у загальному випадку  $m \neq i$ ;  $y_i$  – вихідний сигнал, який відповідає неправильній комутації контактного пальця  $K_i$  та блок-контакту  $Z_{ij}$  при повороті ізолюючого ролика на кут  $\alpha_i$ ;  $y_{i(U)}$  – вихідний сигнал, який відповідає неправильному відпрацюванню електродвигуном управління прискорювача напруги задання  $U_i^{yD}$ ;  $y_{i(\beta)}$  – вихідний сигнал, який характеризує невідповідність положення ізолюючого ролика куту повороту вала електродвигуна управління прискорювача.

Відповідно до рівнянь (8) на рис. 2 приведена структура процесу отримання інформації про технічний стан прискорювача.

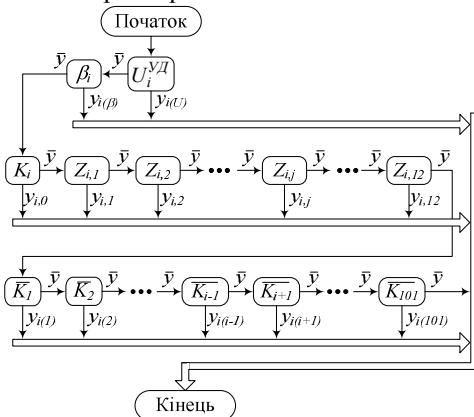


Рисунок 2 – Структура процесу отримання інформації про технічний стан прискорювача

У роботах [5, 7-9] передбачалося, що для ідентифікації станів (замкнений / розімкнений) блок-контактів можна використати дванадцять сенсорів потенціалів, а для ідентифікації станів контактних пальців – сто один сенсор потенціалів. Однак використання такої великої кількості сенсорів для контактних пальців призводить до невисокої надійності системи діагностування та збільшує її вартість.

Одним із способів усунення вищеприведеного недоліку є використання одного сенсора струму. Обґрунтування цьому таке.

При напрузі живлення  $U_\partial$  серійного двигуна по його обмотках протікає струм [10, 11]:

$$I_\partial = \frac{U_\partial}{R_\partial + R_{np}}, \quad (9)$$

де  $R_\partial$  – сумарний опір обмоток двигуна з урахуванням перехідного опору щітково-колекторного вузла;  $R_{np}$  – опір прискорювача.

На час пуску двигуна опір прискорювача повністю введений (ізолюючий ролик знаходиться на першому контактному пальці  $K_1$ ). За таких умов  $R_{np} = R_{np,max}$ , а пусковий струм двигуна  $I_\partial = I_{\partial,n}$  буде максимальним ( $I_\partial = I_{\partial,max}$ ). На кінцевій стадії вибігу опір прискорювача виводиться, що відповідає замкненому сто першому контактному пальцю  $K_{101}$ . При цьому  $R_{np} = 0$ , а струм двигуна вийде на номінальне значення  $I_\partial = I_{\partial,ном}$ . Вищевикладене можна представити у вигляді:

$$I_\partial = \begin{cases} I_{\partial,n}, & \text{при } R_{np} = R_{np,max}; \\ I_{\partial,ном}, & \text{при } R_{np} = 0 \text{ і } M_c = M_{ном}; \\ I_{\partial,i}, & \text{при } 0 < R_{np} < R_{np,max}; \\ I_{\partial,min}, & \text{при } R_{np} = 0 \text{ і } M_c = 0, \end{cases} \quad (10)$$

де  $M_c$  – момент статичного навантаження (без урахування маси вагону);  $M_{ном}$  – номінальний момент двигуна.

Якщо прийняти мінімальне значення струму двигуна  $I_{\partial,min}$ , що відповідає режиму холостого ходу, рівним нулю ( $I_{\partial,min} = 0$ ), то

$$I_{\partial,i} = I_{\partial,ном} \cdot \frac{|i - K_k|}{K_k}. \quad (11)$$

Для наочності формули (11) розглянемо зміну струму двигуна при русі ізолюючого ролика від першого контактного пальця до сто першого:

$$i = 1: I_{\partial 1} = I_{\partial,ном} \cdot \frac{|1 - 101|}{101} = I_{\partial,ном} \cdot \frac{100}{101} = I_{\partial,max};$$

$$i = 2: I_{\partial 2} = I_{\partial,ном} \cdot \frac{|2 - 101|}{101} = I_{\partial,ном} \cdot \frac{99}{101};$$

$$i = 3: I_{\partial 3} = I_{\partial,ном} \cdot \frac{|3 - 101|}{101} = I_{\partial,ном} \cdot \frac{98}{101};$$

.....

$$i = 99: I_{\partial 99} = I_{\partial,ном} \cdot \frac{|99 - 101|}{101} = I_{\partial,ном} \cdot \frac{2}{101};$$

$$i = 100: I_{\partial 100} = I_{\partial,ном} \cdot \frac{|100 - 101|}{101} = I_{\partial,ном} \cdot \frac{1}{101};$$

$$i = 101: I_{\partial 101} = I_{\partial,ном} \cdot \frac{|101 - 101|}{101} = 0 = I_{\partial,min}.$$

Запропонований підхід забезпечує можливість використання для ідентифікації станів контактних пальців лише одного сенсора струму.

Для подальших досліджень у даному напрямку потрібно здійснити синтез структури системи для діагностування прискорювача трамвая, а потім здійснити на її основі мікропроцесорну реалізацію.

**Висновки.** Удосконалено математичну модель функціонування прискорювача трамвая, що забезпечує можливість більш точно оцінити його поведінку при комутації контактних пальців та блок-контактів й відповідному повороту ізолюючого ролика. Синтезовано математичну модель для діагностування прискорювача, яка, на відміну від існуючих, підвищує достовірність процесу діагностування та забезпечує можливість використання для ідентифікації станів контактних пальців лише одного сенсора струму замість сто одного сенсора потенціалів.

Поставлено задачу для подальших досліджень: синтезувати структуру системи для діагностування прискорювача на базі отриманої моделі та здійснити її мікропроцесорну реалізацію.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Техническое описание трамвайного вагона типа КТ4СУ. – СКД ПРАНА, 1988.
2. Проблеми та перспективи експлуатації засобів міського електротранспорту в функції їх стану / Б.І. Мокін, С.І. Бурденюк, Н.В. Гурильова // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2000. – № 6. – С. 22–25.
3. Математична модель функціонування прискорювача трамвая / Б.І. Мокін, М.П. Розводюк. – Вінниця: „УНІВЕРСУМ–Вінниця”, 2003. – С. 140. – (Тези доповідей VII Міжнародної науково-технічної конференції “Контроль і управління в складних системах”).

## СИНТЕЗ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ УСКОРИТЕЛЯ ТРАМВАЯ

*М. П. Розводюк, к.т.н., доц.*

*Винницкий национальный технический университет*

*Хмельницьке шосе, 95, 21021, г. Вінниця, Украина*

*E-mail: rozvodyukmp@vntu.edu.ua; rozvodyukmp@mail.ru*

Рассматривается вопрос математического описания работы ускорителя трамвая КТ-4СУ. Осуществлено усовершенствование существующей математической модели функционирования трамвая, что позволило более объективно описать поведение ускорителя. Осуществлен синтез математической модели для диагностики ускорителя. Поставлена задача для следующих исследований.

**Ключевые слова:** ускоритель, трамвай, математическая модель, диагностика.

## SYNTHESIS OF MATHEMATICAL MODEL FOR DIAGNOSTICATION OF STREET CAR ACCELERATOR

*M. Rozvodyuk, D.Sc. (Eng.), Prof.*

*Vinnitsya National Technical University*

*Khmelnyske shose, 95, 21021, Vinnitsya, Ukraine*

*E-mail: rozvodyukmp@vntu.edu.ua; rozvodyukmp@mail.ru*

There had been considered the issue of mathematical description of street car КТ-4СУ accelerator operation. There had been conducted the improvement of the existing mathematical model of street car functioning, which allowed the impartial description of the accelerator's behavior. There had been done the synthesis of mathematical model during the diagnostication of the accelerator. There had been set the task for further researches.

**Key words:** accelerator, street car, mathematical model, diagnostication.

4. Математична модель функціонування прискорювача трамвая / Б.І. Мокін, М.П. Розводюк // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2003. – № 6. – С. 72–76.

5. Розводюк М.П. До питання технічної діагностики прискорювача трамвая // Вісник національного технічного університету „Харківський політехнічний університет”. – Харків: НТУ „ХПІ”. – 2005. – № 45. – С. 446–448.

6. Иванов М.Д., Алпаткин А.П., Иеропольский Б.К. Устройство и эксплуатация трамвая – М.: Высшая школа, 1975. – 291 с.

7. Мокін Б.І., Розводюк М.П. Синтез структури системи для діагностування прискорювача трамвая // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2004. – № 1. – С. 41–45.

8. Пат. України, МПК 7 В60L3/12. Пристрій для автоматичного діагностування прискорювача трамвая / Б.І. Мокін, М.П. Розводюк; заявник та патентоутримувач Вінницький національний технічний університет. – №71264 А; заявл. 15.12.2003; опубл. 15.11.2004. Бюл. № 11. – 4 с.

9. Пат. України, МПК В60L3/12. Пристрій для технічної діагностики прискорювача трамвая / Б.І. Мокін, М.П. Розводюк; заявник та патентоутримувач Вінницький національний технічний університет. – № 11970 U; заявл. 15.07.2005; опубл. 16.01.2006. Бюл. № 1. – 5 с.

10. Експериментальні дослідження електричних машин. Частина I. Машини постійного струму: Навчальний посібник / В.В. Грабко, М.П. Розводюк, І.В. Грабенко. – Вінниця: ВНТУ, 2005. – 86 с.

11. Вольдек А.И. Электрические машины. – М.: Энергия, 1978. – 832 с.

Стаття надійшла 30.06.2011 р.  
Рекомендовано до друку к.т.н., доц.  
Гладирем А.І.