

# ВІСНИК

ВІННИЦЬКОГО  
ПОЛІТЕХНІЧНОГО  
ІНСТИТУТУ

---

---

---

1

2004

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
**ВІННИЦЬКИЙ**  
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ВІСНИК ВІННИЦЬКОГО ПОЛІТЕХНІЧНОГО  
ІНСТИТУТУ

НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ

Заснований у грудні 1993 року

Виходить 6 раз на рік

---

**1 (52) — 2004**

---

**ЗМІСТ**

**АВТОМАТИКА ТА ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНА ТЕХНІКА**

- Петрук В. Г., Васильківський І. В., Турчик П. М.** Автоматизована система контролю за процесом відстоювання дисперсних середовищ..... 7

**ЕКОНОМІКА, МЕНЕДЖМЕНТ ТА ЕКОЛОГІЯ**

- Мороз О. О.** Глобальні тенденції трансформації аграрного ринку України у XXI столітті ..... 11
- Мельник Т. С.** Математична модель формування оптимальної маркетингової стратегії ..... 19
- Христофор О. В.** Оптимізація розподілу ресурсів у логістичних каналах збуту..... 28

**ЕНЕРГЕТИКА ТА ЕЛЕКТРОТЕХНІКА**

- Кутін В. М.** Метод визначення періодичності контролю і допустимих величин параметрів для систем діагностування..... 36
- Рогальський Б. С., Мельничук Л. М.** Визначення та розподілення втрат електричної енергії між споживачами ..... 38
- Мокін Б. І., Розводюк М. П.** Синтез структури системи для діагностування прискорювача трамвая..... 41
- Мокін Б. І., Мокін О. Б.** Математична модель кривої намагнічування електричного двигуна постійного струму з послідовним збудженням для задач оптимізації..... 45

**ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА КОМП'ЮТЕРНА ТЕХНІКА**

- Боровська Т. М., Северілов В. А., Бадьора С. П., Колесник І. С.** Моделювання багатопродуктових виробничих систем ..... 48
- Ротштейн О. П., Штовба С. Д., Дубіненко С. Б., Козачко О. М.** Евристична оптимізація розстановки контрольних точок в технологічних процесах при багатовимірному просторі типів дефектів ..... 54
- Ткаченко О. М., Арсенюк І. Р.** Дослідження ефективності прийому сигналів за алгоритмом Вітербі ..... 63
- Романюк О. Н., Чорний А. В.** Реалізація рендерингу Фонга з використанням сферично-кутової інтерполяції..... 66

**МАШИНОБУДУВАННЯ І ТРАНСПОРТ**

- Біліченко В. В., Крещенецький В. Л., Цимбал С. В.** Оптимізація розподілу заявок на обслуговування і ремонт ..... 72

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Забелло Е. П., Евсеев А. Н. Распределение потерь электроэнергии в общих элементах электрической сети между различными потребителями // Промышленная энергетика. — 2002. — № 7. — С. 37—41.
2. Толасов А. Г. Потери на транзит электроэнергии и их распределение между участниками энергообмена // Электрические станции. — 2002. — № 1. — С. 20—25.
3. Железко Ю. С. Выбор мероприятий по снижению потерь электроэнергии в электрических сетях. Руководство для практических расчетов. — М.: Энергоатомиздат, 1989. — 176 с.
4. Ковалев И. Н. Выбор компенсирующих устройств при проектировании электрических сетей. — М.: Энергоатомиздат, 1990. — 200 с.

Рекомендована кафедрою електротехнічних систем електроспоживання та енергозбереження

Надійшла до редакції 24.02.03  
Рекомендована до опублікування 11.09.03

**Рогальський Броніслав Станіславович** — завідувач кафедри, **Мельничук Людмила Михайлівна** — асистент.

Кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергозбереження, Вінницький державний технічний університет

УДК 656(1-21):681.5+658.58

**Б. І. Мокін, д. т. н., проф., М. П. Розводюк, асп.**

## СИНТЕЗ СТРУКТУРИ СИСТЕМИ ДЛЯ ДІАГНОСТУВАННЯ ПРИСКОРЮВАЧА ТРАМВАЯ

### Вихідні передумови та постановка задачі дослідження

В роботі [1] було розроблено математичну модель функціонування та математичну модель діагностування прискорювача трамвая, виходячи з функціональної схеми, взятої з роботи [2]. З цієї ж роботи [1] і візьмемо вихідні дані, скориставшись раніше введеними позначеннями:  $K_i$  — замкнений  $i$ -й контактний палець;  $\overline{K}_i$  — розімкнений  $i$ -й контактний палець;  $Z_{i,j}$  — стан блок-контакту, що відповідає нормальній роботі прискорювача, ( $i = \overline{1,101}, j = \overline{1,12}$ );  $\overline{Z}_{i,j}$  — несправний стан блок-контакту з номером  $i, j$ ;  $\alpha_i$  — кут, який визначає положення ізолювального ролика та контактний палець  $K_i$ , який повинен бути замкнений ізолювальними роликом в цьому положенні;  $F$  — вхідний сигнал, який характеризує початок діагностування. Вихідні сигнали згідно [1] мають такі позначення:  $y_{i,0}$  — сигнал, який відповідає несправному контактному пальцю  $K_i$ ;  $y_{i,j}$  — сигнал, який відповідає несправному блок-контакту  $Z_{i,j}$ ;  $y_{i(m)}$  — сигнал, який відповідає несправному контактному пальцю  $K_m$  при замиканні контакту  $K_i$ ,  $m = \overline{1,101}, m \neq i$ ;  $\overline{y}$  — сигнал, який характеризує правильність замикання (розмикання) контактних пальців та блок-контактів.

Метою даної роботи є розробка системи, яка здійснювала б діагностування прискорювача трамвая в процесі його роботи.

### Синтез структури системи діагностування

Стан, в якому може перебувати система позначимо через  $S$ , а узагальнювальну вхідну змінну — через  $X$ . Символ «\*» над прийнятими позначеннями означає, що даний параметр ще не ідентифіковано системою.

Для виконання процесу діагностування прискорювача системі необхідно виконати такі операції:

- 1) визначити кут  $\alpha_i$ ;

- 2) перевірити контактний палець  $K_i$  (замкнений/розімкнений);
- 3) перевірити блок-контакти  $Z_{i,j}$  на відповідність робочій діаграмі;
- 4) перевірити стани (замкнений/розімкнений) інших контактних пальців  $K_m$ .

Аналітично функціонування системи діагностування прискорювача трамвая, яка виражається у вигляді графа, проілюстрованого на рис. 1, може бути описано системою рівнянь (1) і (2).

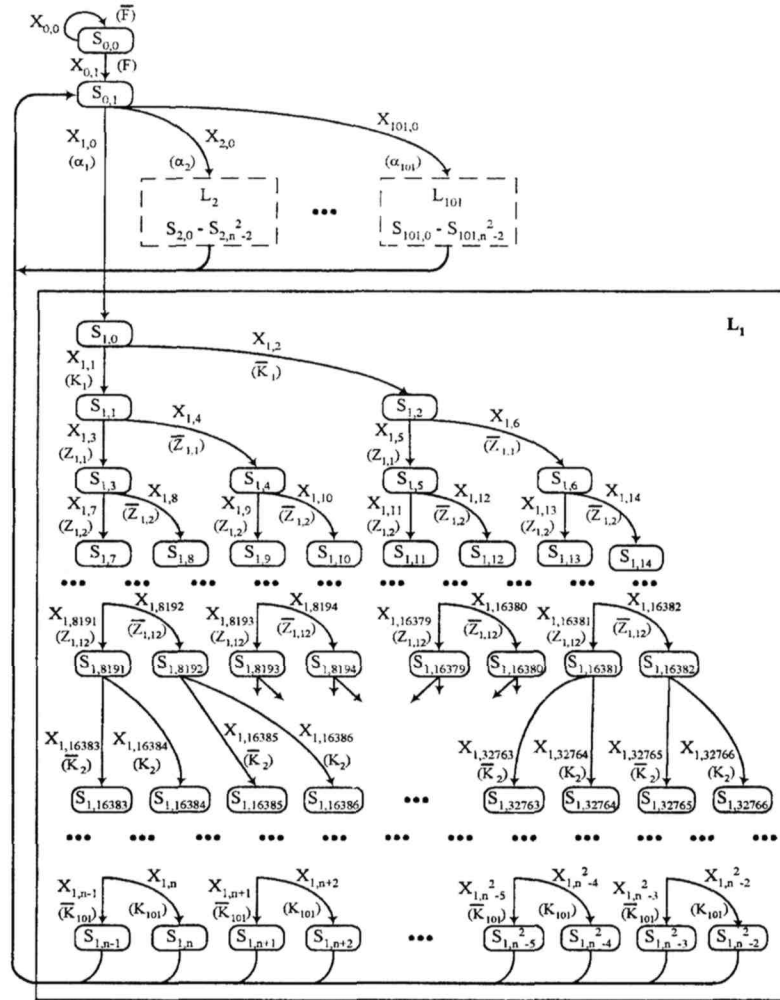


Рис. 1. Граф функціонування системи діагностування прискорювача трамвая

$$\begin{aligned}
 X_{0,0} &= K_i Z_{i,j} \alpha \bar{F}; \\
 X_{0,1} &= K_i Z_{i,j} \alpha F; \\
 X_{1,0} &= K_i Z_{i,j} \alpha_1; \\
 X_{1,1} &= K_1 Z_{i,j} K_2 \dots K_{101} \alpha_1; \\
 X_{1,2} &= \bar{K}_1 Z_{i,j} K_2 \dots K_{101} \alpha_1; \\
 &\dots \\
 X_{1,14} &= \bar{K}_1 \bar{Z}_{1,1} \bar{Z}_{1,2} Z_{1,3} \dots Z_{1,12} K_2 \dots K_{101} \alpha_1; \\
 &\dots \\
 X_{1,8191} &= K_1 Z_{1,1} \dots Z_{1,12} K_2 \dots K_{101} \alpha_1; \\
 &\dots \\
 X_{1,n^2-2} &= \bar{K}_1 \bar{Z}_{1,1} \dots \bar{Z}_{1,12} K_2 \dots K_{101} \alpha_1; \\
 &\dots \\
 X_{101,n^2-2} &= \bar{K}_{101} \bar{Z}_{101,1} \dots \bar{Z}_{101,12} K_1 \dots K_{100} \alpha_{101}
 \end{aligned}$$

i

$$\begin{aligned}
 S_{0,0} &= y_{i,0} y_{i,j} y_{i(m)}; \\
 S_{0,1} &= y_{i,0} y_{i,j} y_{i(m)}; \\
 S_{1,0} &= y_{i,0} y_{i,j} y_{i(m)}; \\
 S_{1,1} &= \bar{y}_{i,0} y_{i,j} y_{1(2)} \dots y_{1(101)}; \\
 S_{1,2} &= y_{1,0} y_{i,j} y_{1(2)} \dots y_{1(101)}; \\
 &\dots \\
 S_{1,14} &= y_{1,0} y_{1,1} y_{1,2} y_{1,3} \dots y_{1,12} y_{1(2)} \dots y_{1(101)}; \\
 &\dots \\
 S_{1,8191} &= \bar{y}_{1(2)} y_{1(2)} \dots y_{1(101)}; \\
 &\dots \\
 S_{1,16379} &= y_{1,0} y_{1,1} \dots y_{1,10} y_{1(2)} \dots y_{1(101)}; \\
 &\dots \\
 S_{1,32763} &= y_{1,0} y_{1,1} \dots y_{1,11} y_{1(3)} \dots y_{1(101)}; \\
 &\dots \\
 S_{1,n-1} &= \bar{y}; \\
 S_{1,n} &= y_{1(101)}; \\
 S_{1,n+1} &= y_{1(100)}; \\
 &\dots \\
 S_{1,n^2-2} &= y_{1(0)} y_{1,1} y_{1,12} y_{1(2)} \dots y_{1(101)}; \\
 &\dots \\
 S_{101,n^2-2} &= y_{101(0)} y_{101,1} \dots y_{101,12} y_{101(1)} \dots y_{101(100)}.
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

Якщо проаналізувати послідовність переходів систем (1) і (2), то можна побачити, що у разі перевірки 2 параметрів (контактного пальця  $K_1$  та блок-контакту  $Z_{1,1}$ ) вхідна змінна і стан починаються з індексу 3 ( $2^2 - 1 = 3$ ), у разі перевірки 3 параметрів ( $K_1, Z_{1,1}, Z_{1,2}$ ) – з індексу 7 ( $2^3 - 1 = 7$ ), у разі перевірки 4 параметрів ( $K_1, Z_{1,1}, Z_{1,2}, Z_{1,3}$ ) – з індексу 15 ( $2^4 - 1 = 15$ ). За таких умов перевірка блок-контакту  $Z_{1,12}$  буде починатися з індексу  $2^{13} - 1 = 8191$ , перевірка контактної пальця  $K_2$  – з індексу  $2^{14} - 1 = 16383$ , перевірка контактної пальця  $K_{101}$  – з індексу  $n$  ( $n = 2^{113} - 1 \approx 1,04 \cdot 10^{34}$ ).

Структурна схема системи діагностування прискорювача, яка розроблена у відповідності з графом рис. 1 та системами рівнянь (1) і (2), проілюстрована на рис. 2.

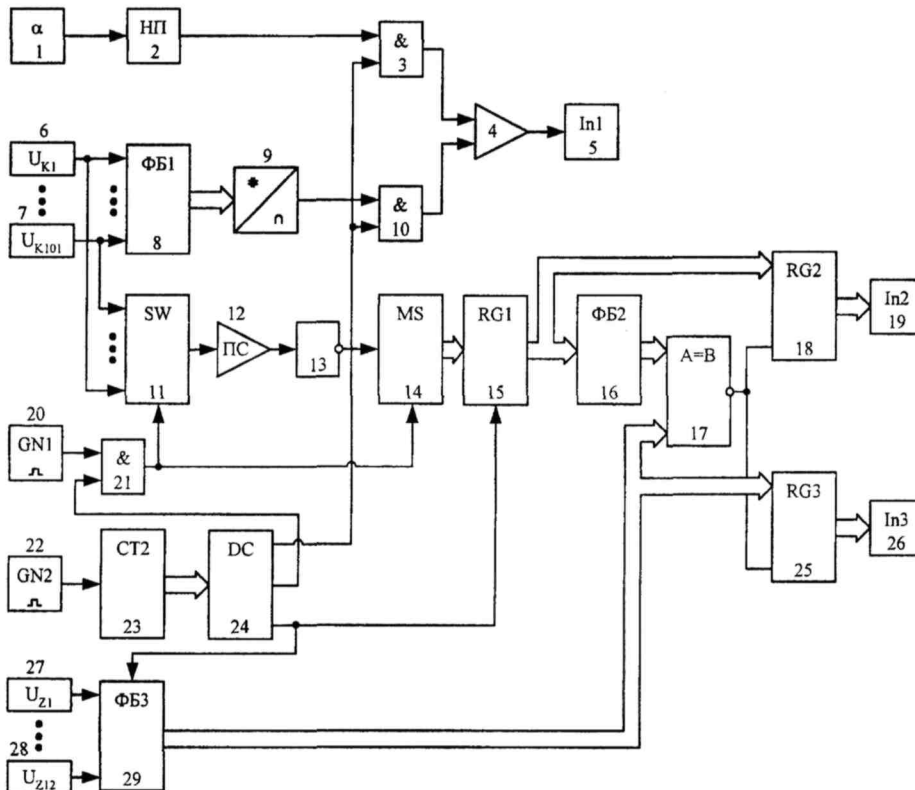


Рис. 2. Структурна схема системи діагностування прискорювача

На схемі: 1 — сенсор кута повороту ізолювального ролика; 2 — нормувальний перетворювач; 3, 10, 21 — логічні елементи І; 4 — компаратор; 5, 19, 26 — індикатори; 6, 7 — сенсори потенціалів на контактних пальцях; 8, 16, 29 — функціональні блоки; 9 — цифро-аналоговий перетворювач (ЦАП); 11 — аналоговий комутатор; 12 — підсилювач сигналу; 13 — логічний елемент НІ; 14 — мультиплексор; 15, 18, 25 — регістри; 17 — цифровий компаратор; 20, 22 — генератори імпульсів; 23 — лічильник імпульсів; 24 — дешифратор; 27, 28 — сенсори потенціалів на блок-контактах. Схеми цих елементів і принцип роботи та основні параметри наведені в роботах [3–5].

Працює дана система таким чином.

Коли вмикається пристрій, починає працювати генератор імпульсів GN2 20, який за допомогою лічильника імпульсів СТ2 23 і дешифратора DC 24 формує тактові сигнали. Також зчитується сигнал з сенсора 1 кута повороту ізолювального ролика і на виході нормувального перетворювача НП 2 з'являється сигнал, який відповідає заданому куту повороту. Одночасно зчитуються сигнали і з сенсорів потенціалу на контактних пальцях 6, 7 (на схемі показано лише два сенсори, а в реальності їх 101) і подаються на функціональний блок ФБ1 8, на виході якого формується цифровий код, який характеризує стан (замкнений/розімкнений) контактних пальців. Якщо замкнений лише один контактний палець, то на виході ФБ1 8 з'являється сигнал, який характеризує деякий кут  $\varphi$ , що відповідає замкненому контактному пальцю. З появою першого тактового сигналу з виходу дешифратора DC 24 відкриваються елементи І 3 і 10 і сигнали з виходу нормувального перетворювача НП 2 (відповідає куту  $\alpha$ ) та ЦАП 9 (відповідає куту  $\varphi$ ), проходячи логічні елементи І 3 і 10 відповідно надходять на вхід компаратора 4. Якщо вхідні сигнали компаратора 4 однакові за рівнем аналогового сигналу, то на його виході формується сигнал логічного нуля і на індикатор In1 5 сигнал не подається. В іншому випадку індикатор In1 сигналізує про те, що необхідний контактний палець розімкнений, або замкнені два чи більше контактних пальці.

На другому такті відкривається елемент І 21 і сигнали з генератора імпульсів GN1 20 по черзі перемикають кожен вхід комутатора SW 11 на його вихід. Також одночасно з цим ті ж сигнали по черзі перемикають вхід мультиплексора MS 14 на кожний з його виходів і посилають сигнал дозволу на запис в регістр RG1 15. За час існування імпульсу з генератора імпульсів GN1 20 аналоговий сигнал з виходу комутатора SW 11 через підсилювач сигналу ПС 12 і елемент НІ 13 перетворюються в логічний сигнал 0 або 1, який через мультиплексор MS 14 подається на відповідний вхід регістра RG1 15. Зі зникненням імпульсу з генератора імпульсів GN1 20 виконується запис логічної одиниці у відповідну комірку регістра RG1 15. Цикл запису в регістр RG1 15 складає 101 імпульс. Наприкінці циклу запису в регістрі RG1 15 міститься цифровий код, який відповідає замкненому (логічна 1) та розімкненому (логічний 0) стану всіх контактних пальців. Цикл припиняється, якщо зникає другий тактовий сигнал з дешифратора DC 24.

На третьому такті сигнали з сенсорів потенціалів на блок-контактах 27, 28 (на схемі показано лише два сенсори, а в реальності їх 12) поступають на функціональний блок ФБ3 29, на виході якого формується цифровий код, що відповідає реальним станам кожного з блок-контактів, і записується в регістр RG3 25 та подається на один з входів цифрового компаратора 17. В цей же момент часу з регістра RG1 15 інформація записується в регістр RG2 18 і передається на функціональний блок ФБ2 16. В цьому блоці записана інформація у вигляді матриці про стани блок-контактів. На виході ФБ2 16 формується цифровий код про стани блок-контактів згідно вхідного сигналу  $(i, j)$ , що відповідає замкненому контактному пальцю. В компараторі 17 відбувається порівняння вхідних цифрових кодів. Якщо цифрові коди ідентичні, то на виході цифрового компаратора 17 формується сигнал логічного нуля. За таких умов на входах індикаторів In2 19 і In3 26 сигнал не змінюється. В іншому випадку на виході цифрового компаратора 17 з'являється сигнал логічної 1. Відповідно індикатори In2 19 і In3 26 змінюють свій стан і вказують на замикання більше ніж одного контактного пальця та невідповідність замикання блок-контактів робочій діаграмі відповідно.

Співвідношення частот генераторів імпульсів GN1 20 і GN2 22 визначається як  $f_1/f_2 = 101$ .

## Висновок

Синтезовано структурну схему для діагностування прискорювача трамвая, яка реалізує математичну модель, розроблену в роботі [1].

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Мокін Б. І., Розводюк М. П. Математична модель функціонування прискорювача трамвая // Вісник ВПІ. — 2003. — № 6. — С. 72—76.
2. Иванов М. Д., Алпаткин А. П., Иеропольский Б. К. Устройство и эксплуатация трамвая — М.: Высшая школа, 1975. — 291 с.
3. Шило В. Л. Популярные цифровые микросхемы: Справочник. — М.: Радио и связь, 1987. — 352 с.
4. Применение интегральных микросхем в электронной вычислительной технике: Справочник / Р. В. Данилов, С. А. Ельцова, Ю. П. Иванов и др.; Под ред. Б. Н. Файзулаева, Б. В. Тарабрина. — М.: Радио и связь, 1987. — 384 с.
5. Справочник по интегральным микросхемам / Под общ. ред. Тарабрина Б. В. — М.: Энергия, 1977.

Рекомендована кафедрою електромеханічних систем автоматизації

Надійшла до редакції 4.11.03  
Рекомендована до друку 17.11.03

**Мокін Борис Іванович** — завідувач кафедри, **Розводюк Михайло Петрович** — аспірант.  
Кафедра електромеханічних систем автоматизації, Вінницький національний технічний університет

УДК 681.5.023+681.5.015:621.313.222

**Б. І. Мокін, д. т. н., проф.; О. Б. Мокін, асп.**

## МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ КРИВОЇ НАМАГНІЧУВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОГО ДВИГУНА ПОСТІЙНОГО СТРУМУ З ПОСЛІДОВНИМ ЗБУДЖЕННЯМ ДЛЯ ЗАДАЧ ОПТИМІЗАЦІЇ

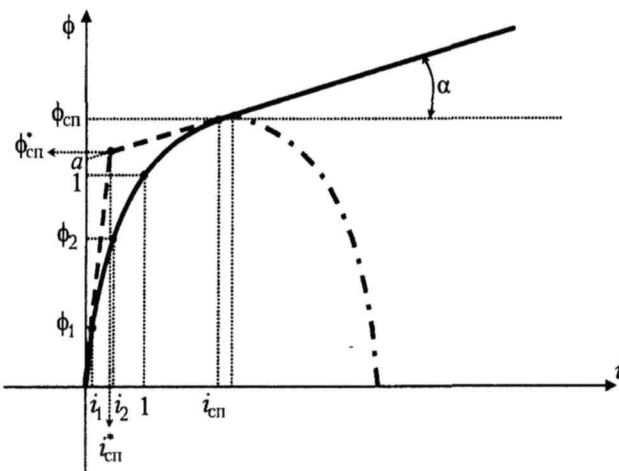
### 1. Постановка задачі та вихідні передумови

На рис. 1 неперервною лінією зображений графік кривої намагнічування  $\phi(i)$  електричного двигуна постійного струму з послідовним збудженням (ЕДПЗ), взятий із роботи [1], але з переводом магнітного потоку  $\Phi$  і струму обмотки збудження  $I_3$ , який для цього

класу електродвигунів одночасно є і струмом якоря  $I_я$ , у відносні одиниці з використанням номінального режиму в якості базового, тобто:

$$\phi = \frac{\Phi}{\Phi_H}; \quad i = \frac{I_3}{I_H}. \quad (1)$$

Як правило, розв'язуючи практичні задачі, пов'язані з функціонуванням ЕДПЗ, в якості математичної моделі  $\phi = \phi(i)$  кривої намагнічування використовують одну із двох моделей, перша із яких базується на апроксимації нелінійності  $\phi(i)$  відрізками двох прямих (штрихові лінії на рисунку), що з'єдну-



Графік кривої намагнічування ЕДПЗ у відносних одиницях