

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 ; α_i — кут, який визначає положення ізолювального ролика та контактний палець K_i , який повинен бути замкнений ізолювальними роликком 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 α_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).

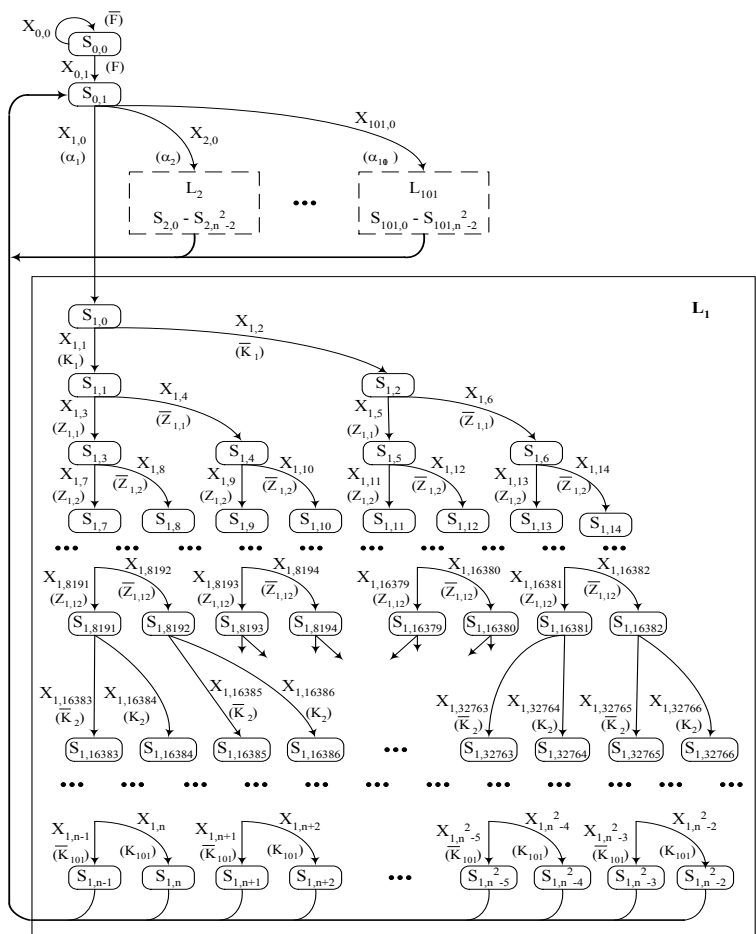


Рис. 1. Граф функціонування системи діагностування прискорювача трамвая

$$\begin{aligned}
 X_{0,0} &= K_i Z_{i,j} \alpha \bar{F}; \\
 X_{0,1} &= K_i Z_{i,j} \alpha F; \\
 X_{1,0} &= K_i Z_{i,j} \alpha 1; \\
 X_{1,1} &= K_1 Z_{i,j} K_2 \dots K_{101} \alpha 1; \\
 X_{1,2} &= \bar{K}_1 Z_{i,j} K_2 \dots K_{101} \alpha 1; \\
 &\dots \\
 X_{1,14} &= \bar{K}_1 \bar{Z}_{1,1} \bar{Z}_{1,2} Z_{1,3} \dots Z_{1,12} K_2 \dots K_{101} \alpha 1; \\
 &\dots \\
 X_{1,8191} &= K_1 Z_{1,1} \dots Z_{1,12} K_2 \dots K_{101} \alpha 1; \\
 &\dots \\
 X_{1,16379} &= \bar{K}_1 \bar{Z}_{1,1} \dots \bar{Z}_{1,10} Z_{1,11} Z_{1,12} K_2 \dots K_{101} \alpha 1; \\
 &\dots \\
 X_{1,32763} &= \bar{K}_1 \bar{Z}_{1,1} \dots \bar{Z}_{1,11} Z_{1,12} \bar{K}_2 K_3 \dots K_{101} \alpha 1; \\
 &\dots \\
 X_{1,n-1} &= K_1 Z_{1,1} \dots Z_{1,12} \bar{K}_2 \dots \bar{K}_{101} \alpha 1; \\
 X_{1,n} &= K_1 Z_{1,1} \dots Z_{1,12} \bar{K}_2 \dots \bar{K}_{100} K_{101} \alpha 1; \\
 X_{1,n+1} &= K_1 Z_{1,1} \dots Z_{1,12} \bar{K}_2 \dots \bar{K}_{99} K_{100} \bar{K}_{101} \alpha 1; \\
 &\dots \\
 X_{1,n^2-2} &= \bar{K}_1 \bar{Z}_{1,1} \dots \bar{Z}_{1,12} K_2 \dots K_{101} \alpha 1; \\
 &\dots \\
 X_{101,n^2-2} &= \bar{K}_{101} \bar{Z}_{101,1} \dots \bar{Z}_{101,12} K_1 \dots K_{100} \alpha_{101}
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

$$\begin{aligned}
 S_{0,0} &= Y_{i,0} Y_{i,j} Y_{i(m)}; \\
 S_{0,1} &= Y_{i,0} Y_{i,j} Y_{i(m)}; \\
 S_{1,0} &= Y_{i,0} Y_{i,j} Y_{i(m)}; \\
 S_{1,1} &= \overline{Y} Y_{i,j} Y_{1(2)} \cdots Y_{1(101)}; \\
 S_{1,2} &= Y_{1,0} Y_{i,j} Y_{1(2)} \cdots Y_{1(101)}; \\
 &\dots \\
 S_{1,14} &= Y_{1,0} Y_{1,1} Y_{1,2} Y_{1,3} \cdots Y_{1,12} Y_{1(2)} \cdots Y_{1(101)}; \\
 &\dots \\
 S_{1,8191} &= \overline{Y} Y_{1(2)} \cdots Y_{1(101)}; \\
 &\dots
 \end{aligned}
 \qquad
 \begin{aligned}
 S_{1,16379} &= Y_{1,0} Y_{1,1} \cdots Y_{1,10} Y_{1(2)} \cdots Y_{1(101)}; \quad (2) \\
 &\dots \\
 S_{1,32763} &= Y_{1,0} Y_{1,1} \cdots Y_{1,11} Y_{1(3)} \cdots Y_{1(101)}; \\
 &\dots \\
 S_{1,n-1} &= \overline{Y}; \\
 S_{1,n} &= Y_{1(101)}; \\
 S_{1,n+1} &= Y_{1(100)}; \\
 &\dots \\
 S_{1,n^2-2} &= Y_{1(0)} Y_{1,1} Y_{1,12} Y_{1(2)} \cdots Y_{1(101)}; \\
 &\dots \\
 S_{101,n^2-2} &= Y_{101(0)} Y_{101,1} \cdots Y_{101,12} Y_{101(1)} \cdots Y_{101(100)}.
 \end{aligned}$$

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 ($n = 2^{13} - 1 \approx 1,04 \cdot 10^{34}$).

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

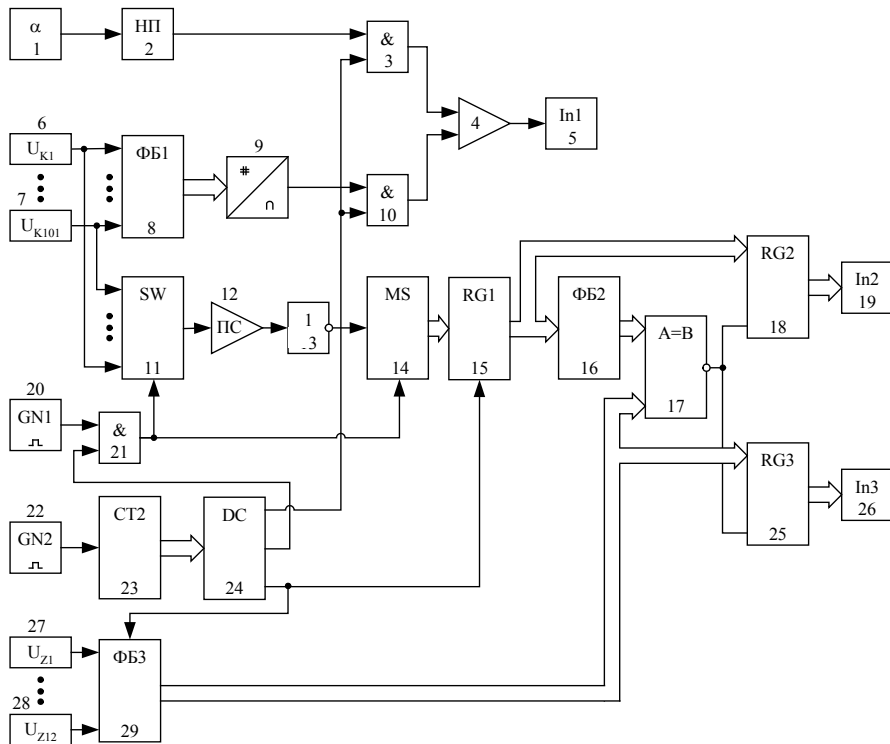


Рис. 2. Структурна схема системи діагностування прискорювача

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 φ , 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 α) та ЦАП 9 (відповідає куту φ), 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 посиляють 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