

УДК 62-83:629.4

Б. І. Мокін, д. т. н., проф.;

С. О. Жуков, асп.

## СИНТЕЗ СТРУКТУРИ СИСТЕМИ ДІАГНОСТУВАННЯ СТАНУ КОЛЕКТОРА ТЯГОВОГО ДВИГУНА ТРАМВАЯ

*На основі математичної моделі синтезовано структурну схему системи діагностування стану колектора тягового двигуна трамвая.*

### Вступ

У роботі [1] розроблено математичну модель для оцінки стану колектора тягового двигуна трамвая.

Метою даної роботи є синтез системи діагностування колектора тягового двигуна трамвая з використанням математичної моделі, запропонованої в роботі [1], яка дозволяла б здійснювати його діагностування як під час стендових випробувань, так і під час роботи трамвая на маршруті.

Вихідні дані для розв'язання поставленої задачі візьмемо з роботи [1], зберігаючи раніше використані позначення:  $M_k$  — наявність механічного контакту між щіткою та  $k$ -ю пластиною колектора;  $\overline{M}_k$  — відсутність механічного контакту між щіткою та  $k$ -ю пластиною колектора;  $N_k$  — значення струму в контакті між щіткою та  $k$ -ю пластиною колектора знаходиться в допустимих межах;  $\overline{N}_k$  — значення струму в контакті між щіткою та  $k$ -ю пластиною колектора знаходиться поза межами допустимих значень;  $G_k$  — значення падіння напруги в контакті між щіткою та  $k$ -ю пластиною колектора на завершальних етапах комутації, недостатнє для виникнення іскріння між  $k$ -ю пластиною колектора та збіжним краєм щітки або сусідніми пластинами;  $\overline{G}_k$  — значення падіння напруги в контакті між щіткою та  $k$ -ю пластиною колектора на завершальних етапах комутації, достатнє для виникнення іскріння між  $k$ -ю пластиною колектора та збіжним краєм щітки або сусідніми пластинами. Вихідні сигнали мають такі позначення:  $y_{k(M)}$  — вихідний сигнал, який відповідає відсутності механічного контакту між щіткою та  $k$ -ю пластиною колектора, за умови, що щітка знаходиться над цією пластиною;  $y_{k(N)}$  — вихідний сигнал, який відповідає недопустимому значенню струму, який протікає в контакті між щіткою та  $k$ -ю пластиною колектора;  $y_{k(G)}$  — вихідний сигнал, що відповідає такому значенню падіння напруги в контакті між щіткою та  $k$ -ю пластиною колектора, при якому виникає іскріння;  $\overline{y}$  — вихідний сигнал, який характеризує справний стан колектора тягового двигуна трамвая.

### Синтез структури системи діагностування стану колектора

Процес, який описується математичною моделлю, запропованою в роботі [1], можна представити у вигляді графа, зображеного на рис. 1, де символом  $S$  позначено стани системи, кількість яких дорівнює  $j = 145(2^{161} - 1)$ , а символом  $X_i$  — узагальнену вхідну змінну, при якій система переходить в стан  $S_i$ .

Символ «\*» над вжитими позначеннями означає, що даний параметр ще не ідентифіковано системою.

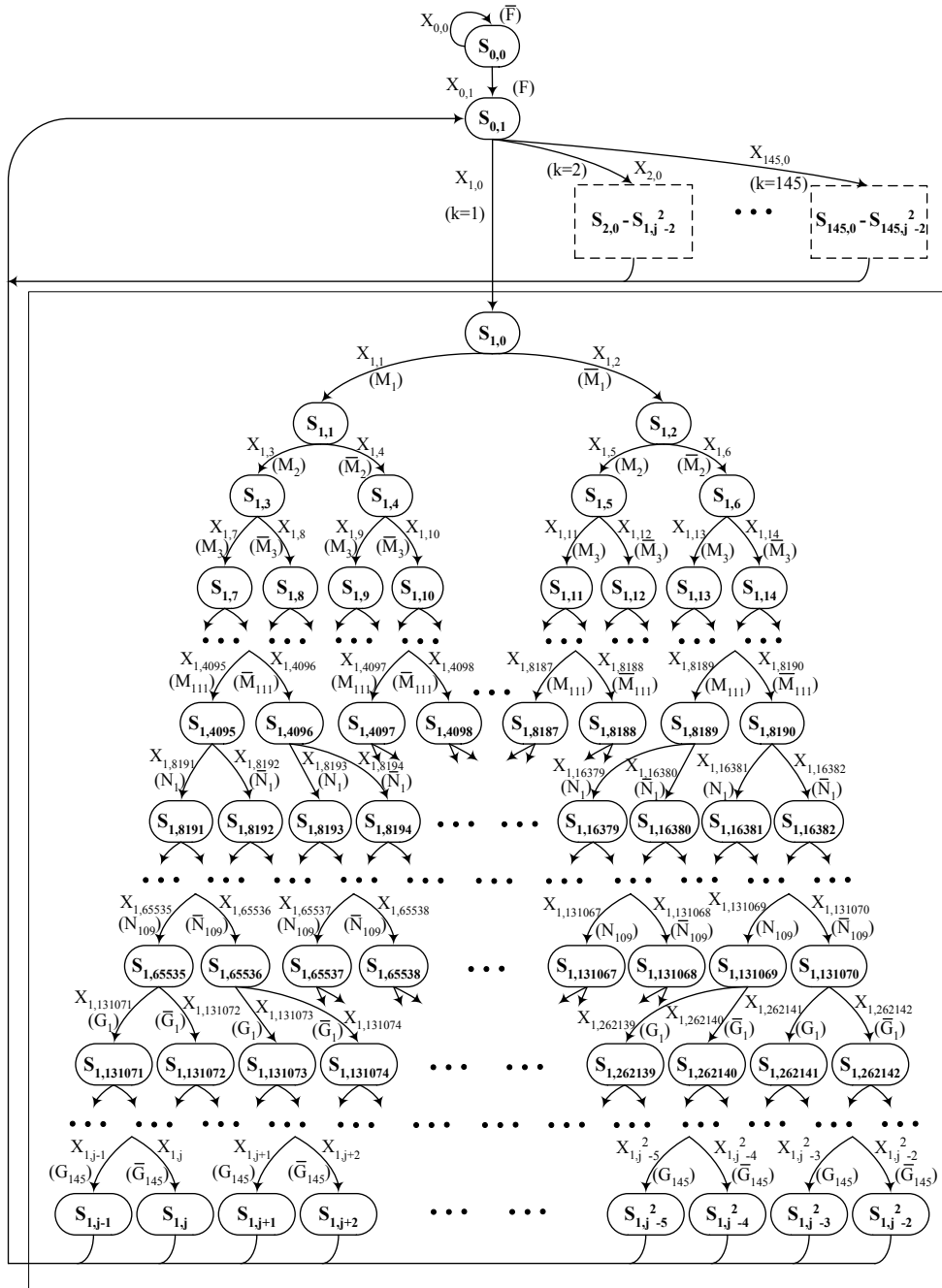


Рис. 1. Граф процесу, який описується математичною моделлю оцінки стану колектора тягового двигуна трамвая

Аналітично цей процес може бути відображений системою логічних рівнянь:

$$\begin{aligned}
 X_{0,0} &= M_i^* N_i^* G_i^* k \bar{F}; \\
 X_{0,1} &= M_i^* N_i^* G_i^* k F; \\
 X_{1,0} &= M_1^* M_2^* M_3^* M_{37}^* M_{38}^* M_{73}^* M_{74}^* M_{75}^* M_{109}^* M_{110}^* M_{111}^* N_1^* N_{37}^* N_{73}^* N_{109}^* G_1^* G_2^* \dots G_{145}^* k_1; \\
 X_{1,1} &= M_1^* M_2^* M_3^* M_{37}^* M_{38}^* M_{73}^* M_{74}^* M_{75}^* M_{109}^* M_{110}^* M_{111}^* N_1^* N_{37}^* N_{73}^* N_{109}^* G_1^* G_2^* \dots G_{145}^* k_1; \\
 X_{1,2} &= \bar{M}_1^* M_2^* M_3^* M_{37}^* M_{38}^* M_{73}^* M_{74}^* M_{75}^* M_{109}^* M_{110}^* M_{111}^* N_1^* N_{37}^* N_{73}^* N_{109}^* G_1^* G_2^* \dots G_{145}^* k_1; \\
 &\dots \dots \dots \\
 X_{1,262142} &= \bar{M}_1^* \bar{M}_2^* \bar{M}_3^* \bar{M}_{37}^* \bar{M}_{38}^* \bar{M}_{39}^* \bar{M}_{73}^* \bar{M}_{74}^* \bar{M}_{75}^* \bar{M}_{109}^* \bar{M}_{110}^* \bar{M}_{111}^* \bar{N}_1^* \bar{N}_{37}^* \bar{N}_{73}^* \bar{N}_{109}^* G_1^* G_2^* \dots G_{145}^* k_1;
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 X_{1,j-1} &= M_1 M_2 M_3 M_{37} M_{38} M_{39} M_{73} M_{74} M_{75} M_{109} M_{110} M_{111} N_1 N_{37} N_{73} N_{109} \bar{G}_1 \dots \bar{G}_{144} G_{145} k_1; \\
 X_{1,j} &= M_1 M_2 M_3 M_{37} M_{38} M_{39} M_{73} M_{74} M_{75} M_{109} M_{110} M_{111} N_1 N_{37} N_{73} N_{109} \bar{G}_1 \dots \bar{G}_{144} \bar{G}_{145} k_1; \\
 X_{1,j+1} &= M_1 M_2 M_3 M_{37} M_{38} M_{39} M_{73} M_{74} M_{75} M_{109} M_{110} M_{111} N_1 N_{37} N_{73} N_{109} \bar{G}_1 \dots \bar{G}_{143} \bar{G}_{144} G_{145} k_1; \\
 X_{1,j+2} &= M_1 M_2 M_3 M_{37} M_{38} M_{39} M_{73} M_{74} M_{75} M_{109} M_{110} M_{111} N_1 N_{37} N_{73} N_{109} \bar{G}_1 \dots \bar{G}_{143} \bar{G}_{144} \bar{G}_{145} k_1; \quad (1)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 X_{1,j^2-5} &= \bar{M}_1 \bar{M}_2 \bar{M}_3 \bar{M}_{37} \bar{M}_{38} \bar{M}_{39} \bar{M}_{73} \bar{M}_{74} \bar{M}_{75} \bar{M}_{109} \bar{M}_{110} \bar{M}_{111} \bar{N}_1 \bar{N}_{37} \bar{N}_{73} \bar{N}_{109} \bar{G}_1 \dots \bar{G}_{143} G_{144} G_{145} k_1; \\
 X_{1,j^2-4} &= \bar{M}_1 \bar{M}_2 \bar{M}_3 \bar{M}_{37} \bar{M}_{38} \bar{M}_{39} \bar{M}_{73} \bar{M}_{74} \bar{M}_{75} \bar{M}_{109} \bar{M}_{110} \bar{M}_{111} \bar{N}_1 \bar{N}_{37} \bar{N}_{73} \bar{N}_{109} \bar{G}_1 \dots \bar{G}_{143} G_{144} \bar{G}_{145} k_1; \\
 X_{1,j^2-3} &= \bar{M}_1 \bar{M}_2 \bar{M}_3 \bar{M}_{37} \bar{M}_{38} \bar{M}_{39} \bar{M}_{73} \bar{M}_{74} \bar{M}_{75} \bar{M}_{109} \bar{M}_{110} \bar{M}_{111} \bar{N}_1 \bar{N}_{37} \bar{N}_{73} \bar{N}_{109} \bar{G}_1 \dots \bar{G}_{144} G_{145} k_1; \\
 X_{1,j^2-2} &= \bar{M}_1 \bar{M}_2 \bar{M}_3 \bar{M}_{37} \bar{M}_{38} \bar{M}_{39} \bar{M}_{73} \bar{M}_{74} \bar{M}_{75} \bar{M}_{109} \bar{M}_{110} \bar{M}_{111} \bar{N}_1 \bar{N}_{37} \bar{N}_{73} \bar{N}_{109} \bar{G}_1 \dots \bar{G}_{144} \bar{G}_{145} k_1;
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 X_{145,j^2-5} &= \bar{M}_{145} \bar{M}_1 \bar{M}_2 \bar{M}_{36} \bar{M}_{37} \bar{M}_{38} \bar{M}_{72} \bar{M}_{73} \bar{M}_{74} \bar{M}_{108} \bar{M}_{109} \bar{M}_{110} \bar{N}_{145} \bar{N}_{36} \bar{N}_{72} \bar{N}_{108} \wedge \\
 &\quad \wedge \bar{G}_1 \dots \bar{G}_{143} G_{144} G_{145} k_{145}; \\
 X_{145,j^2-4} &= \bar{M}_{145} \bar{M}_1 \bar{M}_2 \bar{M}_{36} \bar{M}_{37} \bar{M}_{38} \bar{M}_{72} \bar{M}_{73} \bar{M}_{74} \bar{M}_{108} \bar{M}_{109} \bar{M}_{110} \bar{N}_{145} \bar{N}_{36} \bar{N}_{72} \bar{N}_{108} \wedge \\
 &\quad \wedge \bar{G}_1 \dots \bar{G}_{143} G_{144} \bar{G}_{145} k_{145}; \\
 X_{145,j^2-3} &= \bar{M}_{145} \bar{M}_1 \bar{M}_2 \bar{M}_{36} \bar{M}_{37} \bar{M}_{38} \bar{M}_{72} \bar{M}_{73} \bar{M}_{74} \bar{M}_{108} \bar{M}_{109} \bar{M}_{110} \bar{N}_{145} \bar{N}_{36} \bar{N}_{72} \bar{N}_{108} \wedge \\
 &\quad \wedge \bar{G}_1 \dots \bar{G}_{144} G_{145} k_{145}; \\
 X_{145,j^2-2} &= \bar{M}_{145} \bar{M}_1 \bar{M}_2 \bar{M}_{36} \bar{M}_{37} \bar{M}_{38} \bar{M}_{72} \bar{M}_{73} \bar{M}_{74} \bar{M}_{108} \bar{M}_{109} \bar{M}_{110} \bar{N}_{145} \bar{N}_{36} \bar{N}_{72} \bar{N}_{108} \wedge \\
 &\quad \wedge \bar{G}_1 \dots \bar{G}_{144} \bar{G}_{145} k_{145};
 \end{aligned}$$

i

$$\begin{aligned}
 S_{0,0} &= Y_{k(M)} Y_{k(N)} Y_{k(G)}; \\
 S_{0,1} &= Y_{k(M)} Y_{k(N)} Y_{k(G)}; \\
 S_{1,0} &= Y_{k(M)} Y_{k(N)} Y_{k(G)}; \\
 S_{1,1} &= \bar{Y}_2 Y_{2(M)} Y_{3(M)} Y_{37(M)} Y_{38(M)} Y_{39(M)} Y_{73(M)} Y_{74(M)} Y_{75(M)} Y_{109(M)} Y_{110(M)} Y_{111(M)} \wedge \\
 &\quad \wedge Y_{1(N)} Y_{37(N)} Y_{73(N)} Y_{109(N)} Y_{1(G)} Y_{2(G)} \dots Y_{145(G)}; \\
 S_{1,2} &= Y_1(M) Y_2(M) Y_3(M) Y_{37(M)} Y_{38(M)} Y_{39(M)} Y_{73(M)} Y_{74(M)} Y_{75(M)} Y_{109(M)} Y_{110(M)} Y_{111(M)} \wedge \\
 &\quad \wedge Y_1(N) Y_{37(N)} Y_{73(N)} Y_{109(N)} Y_{1(G)} Y_{2(G)} \dots Y_{145(G)}; \\
 S_{1,3} &= \bar{Y}_3 Y_{3(M)} Y_{37(M)} Y_{38(M)} Y_{39(M)} Y_{73(M)} Y_{74(M)} Y_{75(M)} Y_{109(M)} Y_{110(M)} Y_{111(M)} \wedge \\
 &\quad \wedge Y_1(N) Y_{37(N)} Y_{73(N)} Y_{109(N)} Y_{1(G)} Y_{2(G)} \dots Y_{145(G)}; \\
 S_{1,16382} &= Y_1(M) Y_2(M) Y_3(M) Y_{37(M)} Y_{38(M)} Y_{39(M)} Y_{73(M)} Y_{74(M)} Y_{75(M)} Y_{109(M)} Y_{110(M)} Y_{111(M)} \wedge \\
 &\quad \wedge Y_1(N) Y_{37(N)} Y_{73(N)} Y_{109(N)} Y_{1(G)} Y_{2(G)} \dots Y_{145(G)};
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S_{1,65535} &= \bar{Y}_1 Y_{1(G)} Y_{2(G)} \dots Y_{145(G)}; \\
 S_{1,65536} &= Y_{109(N)} Y_{1(G)} Y_{2(G)} \dots Y_{145(G)};
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S_{1,65537} &= Y_{73}(N) Y_1(G) Y_2(G) \cdots Y_{145}(G); \\
 S_{1,65538} &= Y_{73}(N) Y_{109}(N) Y_1(G) Y_2(G) \cdots Y_{145}(G); \\
 \dots\dots\dots \\
 S_{1,131070} &= Y_1(M) Y_2(M) Y_3(M) Y_{37}(M) Y_{38}(M) Y_{39}(M) Y_{73}(M) Y_{74}(M) Y_{75}(M) Y_{109}(M) Y_{110}(M) Y_{111}(M) \wedge \\
 &\quad \wedge Y_1(N) Y_{37}(N) Y_{73}(N) Y_{109}(N) Y_1(G) Y_2(G) \cdots Y_{145}(G); \\
 S_{1,131071} &= \bar{Y} Y_2(G) Y_3(G) \cdots Y_{145}(G); \\
 S_{1,131072} &= Y_1(G) Y_2(G) Y_3(G) \cdots Y_{145}(G); \\
 S_{1,131073} &= Y_{109}(N) Y_2(G) Y_3(G) \cdots Y_{145}(G); \tag{2}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \dots\dots\dots \\
 S_{1,262142} &= Y_1(M) Y_2(M) Y_3(M) Y_{37}(M) Y_{38}(M) Y_{39}(M) Y_{73}(M) Y_{74}(M) Y_{75}(M) Y_{109}(M) Y_{110}(M) Y_{111}(M) \wedge \\
 &\quad \wedge Y_1(N) Y_{37}(N) Y_{73}(N) Y_{109}(N) Y_1(G) Y_2(G) Y_3(G) \cdots Y_{145}(G); \\
 \dots\dots\dots
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S_{1,j-1} &= \bar{Y}; \\
 S_{1,j} &= Y_{145}(G); \\
 S_{1,j+1} &= Y_{144}(G); \\
 S_{1,j+2} &= Y_{144}(G) Y_{145}(G);
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \dots\dots\dots \\
 S_{1,j^2-5} &= Y_1(M) Y_2(M) Y_3(M) Y_{37}(M) Y_{38}(M) Y_{39}(M) Y_{73}(M) Y_{74}(M) Y_{75}(M) Y_{109}(M) Y_{110}(M) Y_{111}(M) \wedge \\
 &\quad \wedge Y_1(N) Y_{37}(N) Y_{73}(N) Y_{109}(N) Y_1(G) Y_2(G) \cdots Y_{143}(G); \\
 \dots\dots\dots
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S_{145,j^2-5} &= Y_{145}(M) Y_1(M) Y_2(M) Y_{36}(M) Y_{37}(M) Y_{38}(M) Y_{72}(M) Y_{73}(M) Y_{74}(M) Y_{108}(M) Y_{109}(M) Y_{110}(M) \wedge \\
 &\quad \wedge Y_{145}(N) Y_{36}(N) Y_{72}(N) Y_{108}(N) Y_1(G) Y_2(G) \cdots Y_{143}(G);
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S_{145,j^2-4} &= Y_{145}(M) Y_1(M) Y_2(M) Y_{36}(M) Y_{37}(M) Y_{38}(M) Y_{72}(M) Y_{73}(M) Y_{74}(M) Y_{108}(M) Y_{109}(M) Y_{110}(M) \wedge \\
 &\quad \wedge Y_{145}(N) Y_{36}(N) Y_{72}(N) Y_{108}(N) Y_1(G) Y_2(G) \cdots Y_{143}(G) Y_{145}(G);
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S_{145,j^2-3} &= Y_{145}(M) Y_1(M) Y_2(M) Y_{36}(M) Y_{37}(M) Y_{38}(M) Y_{72}(M) Y_{73}(M) Y_{74}(M) Y_{108}(M) Y_{109}(M) Y_{110}(M) \wedge \\
 &\quad \wedge Y_{145}(N) Y_{36}(N) Y_{72}(N) Y_{108}(N) Y_1(G) Y_2(G) \cdots Y_{144}(G);
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S_{145,j^2-2} &= Y_{145}(M) Y_1(M) Y_2(M) Y_{36}(M) Y_{37}(M) Y_{38}(M) Y_{72}(M) Y_{73}(M) Y_{74}(M) Y_{108}(M) Y_{109}(M) Y_{110}(M) \wedge \\
 &\quad \wedge Y_{145}(N) Y_{36}(N) Y_{72}(N) Y_{108}(N) Y_1(G) Y_2(G) \cdots Y_{145}(G);
 \end{aligned}$$

З систем (1) та (2) можна побачити, що при перевірці двох параметрів (механічного контакту першої  $M_1$  та другої  $M_2$  пластин колектора зі щіткою) вхідна змінна ( $X$ ) і стан ( $S$ ) починаються з індексу 3 ( $2^2 - 1 = 3$ ), при перевірці трьох параметрів ( $M_1, M_2, M_3$ ) — з індексу 7 ( $2^3 - 1 = 7$ ), при перевірці чотирьох параметрів ( $M_1, M_2, M_3, M_{37}$ ) — з індексу 15 ( $2^4 - 1 = 15$ ). За таких умов перевірка параметра  $M_{111}$  буде починатися з індексу  $2^{12} - 1 = 4095$ , перевірка параметра  $N_1$  буде починатися з індексу  $2^{13} - 1 = 8191$ , перевірка параметра  $N_{109}$  буде починатися з індексу  $2^{16} - 1 = 65535$ , перевірка параметра  $G_1$  буде починатися з індексу  $2^{17} - 1 = 131071$ , перевірка параметра  $G_{145}$  буде починатися з індексу  $j$  ( $j = 2^{161} - 1$ ).

Структурна схема системи діагностування колектора тягового двигуна трамвая, яка розроблена у відповідності з графом, представленим на рис. 1, та системами логічних рівнянь (1) та (2), зображена на рис. 2.

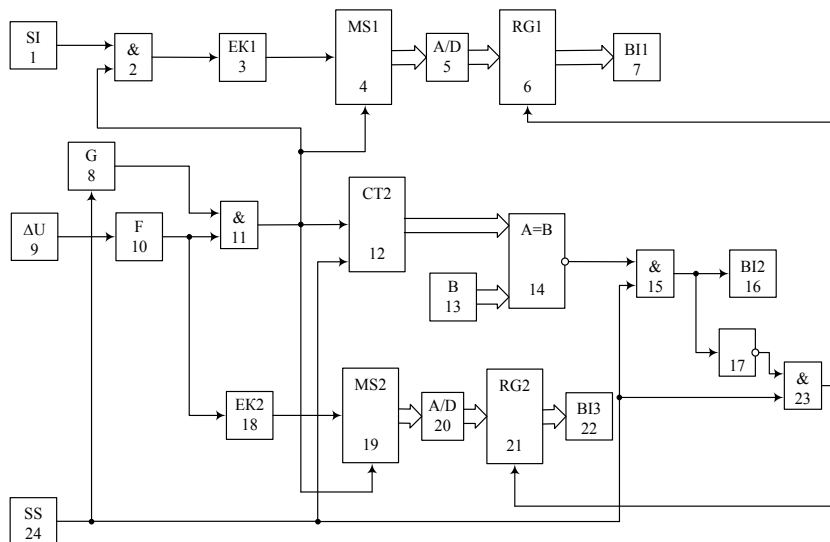


Рис. 2. Структурна схема системи діагностування стану колектора тягового двигуна трамвая, реалізована на елементах, що випускаються серійно

На схемі : 1 — сенсор *SI* струму, який протікає в контакті між робочою щіткою та пластинами колектора; 2, 11, 15, 23 — логічні елементи *I*; 17 — логічний елемент *HI*; 3, 18 — електронні ключі *EK1*, *EK2*; 4, 19 — мультиплекси *MS1*, *MS2*; 5, 20 — АЦП *A/D*; 6, 21 — регістри *RG1*, *RG2*; 7, 16, 22 — блоки індикації *BI1*, *BI2*, *BI3*; 9 — сенсор-щітка падіння напруги  $\Delta U$ , яке утворюється в щітковому контакті на заключних етапах комутації. Сенсор-щітка розташовується на колекторі неподалік від збіжного краю однієї з робочих щіток; 8 — генератор одиничного сигналу *G*; 10 — формувач імпульсів *F*; 12 — лічильник; 13 — задавальний блок *B*; 14 — цифровий компаратор  $A = B$ ; 24 — сенсор синхронізації *SS* за обертами.

Сенсор синхронізації за обертами розташований над півмуфтою, на якій знаходиться мітка. При проходженні мітки на виході сенсора формується одиничний імпульс, який запускає генератор одиничного сигналу 8, обнуляє двійковий лічильник 12 та відкриває логічні елементи 15 та 23.

Під час роботи двигуна імпульси падіння напруги, які утворюються в щітковому контакті на заключних етапах комутації між щіткою та кожною пластиною колектора, подаються за допомогою сенсора-щітки 9 на вхід формувача імпульсів 10. Кількість імпульсів на виході формувача 10 за один оберт колектора дорівнює кількості колекторних пластин. В даному пристрої ці імпульси використовуються для оцінки механічного стану контакту між щіткою та колектором. З виходу формувача 10 імпульси надходять на другий вхід логічного елемента 11, перший вхід якого з'єднаний з виходом генератора 8. На виході логічного елемента 11 будуть формуватись імпульси з одиничною амплітудою та тривалістю, яка дорівнює тривалості імпульсів на виході формувача 10. З виходу логічного елемента 11 імпульси потрапляють на рахунковий вхід двійкового лічильника 12, який підраховує кількість цих імпульсів. Вихід лічильника з'єднаний з першим входом цифрового компаратора 14. На другий вхід з виходу задавального блока 13 подається цифровий код, який відповідає кількості колекторних пластин. В компараторі відбувається порівняння вхідних цифрових кодів. Якщо вони ідентичні, то на виході цифрового компаратора 14 формується сигнал логічного нуля. Коли колектор зробить повний оберт з сенсора синхронізації 24 сигнал логічної одиниці відкриє логічний елемент 15. Якщо лічильник 12 за повний оберт колектора нарахує кількість імпульсів, яка дорівнює кількості колекторних пластин, то на виході логічного елемента 15 буде сигнал логічного нуля. Блок індикації 16 не змінить свій стан. В іншому випадку на виході компаратора 14 буде сигнал логічної одиниці. Блок індикації 16 змінить свій стан і буде вказувати на відсутність механічного контакту між щіткою та усіма колекторними пластинами.

Друга частина схеми (блоки 1...7) здійснює діагностування стану колектора за значенням струму, який протікає в щітковому контакті. Сигнал з сенсора струму 1 надходить на перший вхід логічного елемента 2, на другий вхід якого надходять імпульси з виходу логічного елемента 11. Таким чином на виході логічного елемента 2 формується послідовність імпульсів, тривалість яких дорівнює тривалості імпульсів падіння напруги в щітковоому контакті. Тобто кількість імпульсів, яка вийде з виходу логічного елемента 2 за повний оберт колектора, дорівнює кількості колекторних пластин. Амплітуда цих імпульсів буде показувати рівень струму, що протікає в контакті між щіткою та відповідною пласти-

ною. Імпульси з виходу логічного елемента 2 подаються на вхід електронного ключа 3, який пропускає імпульси, амплітуда яких виходить за межі допустимих значень. Такі імпульси з виходу електронного ключа 3 потрапляють на вхід мультиплексора 4. Сигнали з виходу логічного елемента 11 по черзі перемикають вхід мультиплексора 4 на кожен з його виходів і посилають сигнал дозволу на запис в регістр 5 через АЦП 5. Таким чином імпульси струму, які пройдуть через електронний ключ 3 будуть записані у відповідні комірки регістра 6. Номер комірки, в яку записаний сигнал, буде відповідати номеру колекторної пластини, в якій спостерігався даний сигнал. Цикл запису в регістр 6 складає 145 імпульсів (що дорівнює кількості колекторних пластин). Інформація з регістра 6 передається на блок індикації 6 за умови наявності механічного контакту сенсора-щітки з усіма колекторними пластинами. Інакше інформація буде не достовірною. Якщо колектор зробив повний оберт і механічний контакт був з усіма колекторними пластинами, то на обох входах логічного елемента 23 будуть сигнали логічної одиниці. Тоді на виході логічного елемента 23 сформується також сигнал логічної одиниці, який дасть дозвіл на читування інформації з регістра 6.

Аналогічним чином працює частина схеми, яка складається з блоків 18...22. Електронний ключ 18 пропускає напругу, яка перевищує межу іскроутворення. Таким чином, в регістр 21 буде записуватись інформація про інтенсивність іскріння на відповідних колекторних пластинах. Цикл запису в регістр 21 складає 145 імпульсів. Якщо іскріння спостерігалось, то блок індикації 22 відобразить відповідну інформацію.

Неважко переконатись, що, незважаючи на складність математичної моделі, структура системи діагностування стану колектора виявилась досить простою. Її реалізація є необтяжливою і в економічному плані, особливо з огляду на ті наслідки, які можуть мати місце в разі невчасного виявлення несправності колектора.

З параметрами електронних елементів системи можна ознайомитись, наприклад, в [2].

### Висновок

Розроблено граф процесу, який описується математичною моделлю оцінки стану колектора тягового двигуна трамвая, запропонованою в роботі [1], а також логічні співвідношення, адекватні графу.

Синтезовано структурну схему системи діагностування стану колектора тягового двигуна трамвая, яка реалізує математичну модель, розроблену в роботі [1].

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Мокін Б. І., Жуков С. О. Математична модель для оцінки стану колектора тягового двигуна трамвая // Вісник Вінницького політехнічного інституту. — 2005. — № 6. — С. 97 — 100.
2. Терещук Р. М. «Полупроводниковые приемно-усилительные устройства» Справ. радиолюбителя. — Киев: Наук. думка, 1989. — 800 с.

Рекомендована кафедрою моделювання та моніторингу складних систем

Надійшла до редакції 24.04.07  
Рекомендована до друку 14.05.07

**Мокін Борис Іванович** — професор; **Жуков Сергій Олександрович** — аспірант.

Кафедра моделювання та моніторингу складних систем, Вінницький національний технічний університет