

ВІСНИК

ВІННИЦЬКОГО
ПОЛІТЕХНІЧНОГО
ІНСТИТУТУ

3

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

3 (54) — 2004

ЗМІСТ

БУДІВНИЦТВО

- Моргун А. С., Демчук В. В.** Моделювання за методом граничних елементів взаємодії біпірамідальних паль з основою 5
- Свердлов В. Д., Попов В. О.** Моделювання нестандартного навантаження на висотну просторову стрижневу конструкцію 7

ЕКОНОМІКА, МЕНЕДЖМЕНТ ТА ЕКОЛОГІЯ

- Козловський В. О., Нелюба В. М.** Сучасні підходи до проблеми формування та використання капіталу 12
- Мороз О. О.** Історія формування концептуальних засад теорії аграрного реформування в Україні 20
- Мороз О. В., Свентух А. О., Леонтьєва О. В., Грабко М. В., Мевш О. О.** Еколого-економічні проблеми утилізації твердих побутових відходів 27
- Ранський А. П., Сандомирський О. В., Петрук В. Г., Петрук Г. Д., Васильківський І. В.** Реагентне перероблення та хроматографічний контроль вторинних розчинів пестициду «Фентіурам» 34
- Белінська Н. С.** Собівартість у ціноутворенні на молочну продукцію 37

ЕНЕРГЕТИКА ТА ЕЛЕКТРОТЕХНІКА

- Кутін В. М., Вашковський В. В.** Метод та система неперервного контролю технічного стану розподільної мережі напругою 6...35 кВ 42
- Мокін Б. І., Мокін О. Б.** Експериментальна ідентифікація математичної моделі динаміки електропривода трамвая 46
- Лежнюк П. Д., Кулик В. В., Собчук Н. В.** Формування умов самооптимізації електроенергетичних систем на основі принципу найменшої дії 49
- Мокін Б. І., Жуков С. О., Розводюк М. П.** Синтез структури системи технічного діагностування тягових електричних двигунів трамвая 56
- Чепурний М. М., Ткаченко С. Й., Куть Т. П., Федун Г. Ю.** Оцінка затрат на утилізацію теплоти відхідних газів паливновикористальних установок 62
- Бурбело М. Й., Володарський Є. Т.** Синтез вимірювальних кіл універсальних квазірівноважених частотно-варіаційних вимірювальних систем динамічних об'єктів 65

ності та моделювання. На їх основі можна розв'язувати задачі, характерні для АСДУ, з єдиних методологічних засад на всіх етапах оптимального керування. Такий підхід дозволяє побудувати адаптивну САК, діями якої поточні режими ЕЕС будуть наближатися до оптимальних.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Холмский В. Г. Расчет и оптимизация режимов электрических сетей. — М.: Высшая школа, 1975. — 280 с.
2. Кузнецов В. Г., Тугай Ю. И., Баженов В. А. Оптимизация режимов электрических сетей. — К.: Наукова думка, 1992. — 216 с.
3. Чебан В. М., Ландман А. К., Фишов А. Г. Управление режимами электроэнергетических систем в аварийных ситуациях. — М.: Высшая школа, 1990. — 144 с.
4. Состояние электрических сетей ОЭС Украины / Бабушкин В. М., Линник Е. Н., Черемисин Н. М., Романченко В. И. // Электрические сети и системы. — 2003. — № 1. — С. 22—27.
5. Мякишев Г. Я. Динамические и статистические закономерности в физике. — М.: Наука, 1973. — 318 с.
6. Лежнюк П. Д., Ярных Л. В. Расчет токораспределения в электрической сети // Электричество. — 1982. — № 8. — С. 10—14.
7. Математические задачи электроэнергетики / Под ред. В. А. Веникова. — М.: Высшая школа, 1981. — 320 с.
8. Лежнюк П. Д., Оболонский Д. И., Пауткина Л. Р. Моделювання впливу неоднорідності електричної системи на оптимальність її режимів // Вісник ВПІ. — 1996. — № 4. — С. 44—49.
9. Лежнюк П. Д., Кулик В. В., Кравцов К. І. Моделювання та формування умов самооптимізації режимів електроенергетичної системи // Технічна електродинаміка: Тематичний випуск «Проблеми сучасної електротехніки». ч. 3. — 2002. — С. 96—101.

Рекомендована кафедрою електричних станцій та систем

Надійшла до редакції 25.11.03
Рекомендована до друку 27.01.04

Лежнюк Петро Дем'янович — завідувач кафедри; **Кулик Володимир Володимирович** — доцент; **Собчук Наталія Валеріївна** — аспірант.

Кафедра електричних станцій та систем, Вінницький національний технічний університет

УДК 62-83:629.4

Б. І. Мокін, д. т. н., проф., С. О. Жуков, студ., М. П. Розводюк, асп.

СИНТЕЗ СТРУКТУРИ СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО ДІАГНОСТУВАННЯ ТЯГОВИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ ДВИГУНІВ ТРАМВАЯ

Постановка задачі дослідження

Складні специфічні умови роботи електрообладнання рухомого складу міського електротранспорту потребують підвищеної їх надійності та високої якості технічного обслуговування [1].

Тяговий двигун є однією з дорогих та трудомістких функціональних систем електричного обладнання трамвая, що ремонтується. Тому в сучасних економічних умовах досить гостро постає питання безвідмовної роботи електричних двигунів. При цьому велике значення в забезпеченні такої експлуатації і зниженні трудових та матеріальних затрат на технічне обслуговування і ремонт електричних двигунів має діагностика [2]. В зв'язку з цим задача діагностування тягових електричних двигунів трамвая є актуальною.

Відомо багато систем для діагностування електричних двигунів трамвая. Недоліки цих систем в тому, що вони працюють на аналогових сигналах, а також те, що всі вони стаціонарні і знаходяться в ремонтних цехах. Метою даної роботи є створення мобільної системи для діагностування електричних двигунів трамвая, яку можна було б встановити безпосередньо у вагоні та здійснювати діагностування під час руху вагона.

Діагностувати параметри тягових електродвигунів найвигідніше тими методами, які можна використовувати на працюючому обладнанні.

За таких умов пропонується використовувати комбінований метод, який включає в себе контроль завантаженості двигуна по падінню напруги на якорі електричного двигуна і по температурі його обмоток.

Електромеханічна потужність або потужність на валу двигуна постійного струму визначається з формули [3]

$$P_{em} = E_a I_a, \quad (1)$$

де E_a — проти е.р.с. якоря, В; I_a — струм якоря, А.

Якщо відома температура обмоток двигуна, то їх опір можна знайти за формулою [4]

$$r_t = r_{20} (1 + \alpha (T_p - 20)), \quad (2)$$

де r_t — шуканий омичний опір обмотки при температурі t С, Ом; r_{20} — паспортні дані опору обмоток двигуна при температурі 20 С, Ом; α — температурний коефіцієнт для мідних проводів обмоток ($\alpha = 0,004$); T_p — температура, при якій вимірювався опір, С.

Якщо відомий дійсний опір якорної обмотки двигуна, то струм якоря можна знайти за формулою [3]

$$I_a = \frac{U_a}{R_{a,t}}, \quad (3)$$

де U_a — падіння напруги на якорній обмотці, В; $R_{a,t}$ — опір якорної обмотки при робочій температурі t °С, Ом.

Проти е.р.с. якоря знаходимо з рівняння напруги для кола якоря двигуна [3]

$$E_a = U - R_{a,t} I_a, \quad (4)$$

де U — напруга на затискачах двигуна, яку знайдемо з рівняння

$$U = U_M - R_{o.з.t} I_a = U_M - R_{o.з.t} \frac{U_a}{R_{a,t}}, \quad (5)$$

де U_M — напруга, що подається з мережі для живлення двигуна ($U_M = 300$ В), В;

$R_{o.з.t}$ — опір обмотки збудження двигуна при робочій температурі t °С, Ом.

Якщо підставити рівняння (3), (4), (5) в рівняння (1), то отримаємо залежність потужності на валу двигуна від якорної напруги та від температури нагріву обмоток двигуна

$$P_{em} = \left(U_M - R_{o.з.t} \frac{U_a}{R_{a,t}} - R_{a,t} \frac{U_a}{R_{a,t}} \right) \frac{U_a}{R_{a,t}} = \left(U_M - U_a \frac{(R_{o.з.t} - R_{a,t})}{R_{a,t}} \right) \frac{U_a}{R_{a,t}}. \quad (6)$$

Система технічного діагностування характеризується, як правило, великою складністю алгоритмів, що реалізуються в системі. Проектування таких систем пов'язане з необхідністю розроблення зручних для аналізу і синтезу способів опису їх функціонування. Моделі кінцевих автоматів зазвичай є незамінним засобом представлення функціонування багатьох систем контролю та управління промисловими об'єктами. Однак класичні мови їх задання не завжди виявляються зручними для опису цих систем. Тому для синтезу структури системи діагностування доцільно застосовувати як математичний апарат — апарат секвенцій [3, 4].

Апарат секвенціального опису є таким же універсальним, як і класична мова кінцевих автоматів у вигляді автоматного графа або автоматних таблиць, однак цей опис є компактнішим. Мова секвенцій дозволяє достатньо легко перейти до структури, яка будується безпосередньо за описом. Цим вона вигідно відрізняється від інших автоматних мов.

Синтез структури ІВС

Оскільки в процесі діагностування завжди використовуються значення діагностованого параметра в «нормі» і, як мінімум, два інші його значення, одне з яких характеризує

відхилення від «норми» в більшу сторону, а друге – в меншу сторону, то мінімальна кількість значень кожного діагностованого параметра в процесі синтезу системи діагностування складає три.

Виходячи з вищевикладеного, будемо синтезувати структуру системи технічного діагностування тягових електричних двигунів трамвая для трьох значень напруги U_1, U_2 та U_3 ($U_1 < U_2 < U_3$) і для трьох значень температури t°_1, t°_2 та t°_3 ($t^{\circ}_1 < t^{\circ}_2 < t^{\circ}_3$), які попередньо оцифруємо за допомогою АЦП, як зображено на рисунку 1, застосовуючи апарат секвенцій.

На рис. 1: ОК – об’єкт контролю, DC – дешифратор, комбінаційна схема – те, що ми далі будемо синтезувати.

Для того, щоб фіксувати вище вказані параметри, будемо використовувати тригери. Позначимо $T_1, T_2, T_3, T_4, T_5, T_6$ – тригери, які фіксують параметри $U_1, U_2, U_3, t^{\circ}_1, t^{\circ}_2, t^{\circ}_3$ відповідно.

З метою заповнювання нулями тригерів T_7-T_{10} і підготовки їх до робочого циклу в граф функціонування системи діагностики додаємо ще одну гілку, що описує сигнал «р», який подається в структуру системи діагностики в момент подачі напруги живлення. Значення логічної змінної виходу $y = 0$ відповідає стану, коли завантаження двигуна в межах норми. В протилежному випадку $y = 1$.

З урахуванням викладеного граф функціонування системи діагностування двигуна матиме вигляд, проілюстрований на рисунку 2.

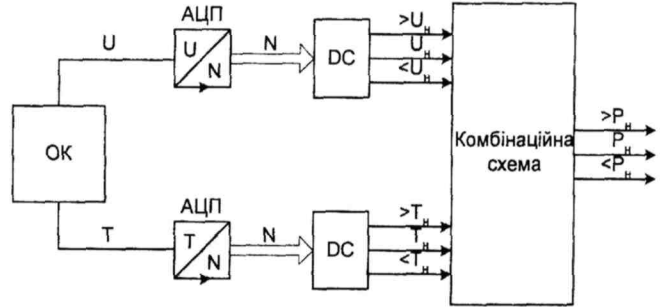


Рис. 1. Структурна схема аналого-цифрового перетворення діагностованих параметрів

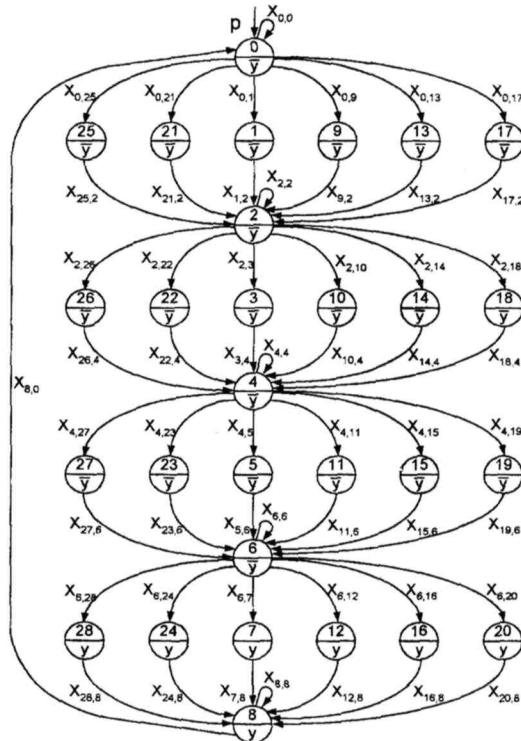


Рис. 2. Граф процесу функціонування системи діагностування тягового електродвигуна трамвая

На цьому рисунку числами (від 0 до 28) позначені стани (наприклад, цифри 0 відповідає стан S_0); символом y або \bar{y} – вихідна змінна. Для компактності позначимо символом $X_{i,j}$ – узагальнену вхідну змінну, при якій система переходить із стану S_i в стан S_j .

Аналітично процес функціонування системи діагностування, описаної графом, представленим на рисунку 2, може бути відображений такою системою секвенцій:

$$\begin{array}{lll}
 p \vdash S_0; & X_{4,11}S_4 \vdash S_{11}; & X_{6,20}S_6 \vdash S_{20}; \\
 X_{0,0}S_0 \vdash S_0; & X_{11,6}S_{11} \vdash S_6; & X_{20,8}S_{20} \vdash S_8; \\
 X_{0,1}S_0 \vdash S_1; & X_{6,12}S_6 \vdash S_{12}; & X_{0,21}S_0 \vdash S_{21}; \\
 X_{1,2}S_1 \vdash S_2; & X_{12,8}S_{12} \vdash S_8; & X_{21,2}S_{21} \vdash S_2; \\
 X_{2,2}S_2 \vdash S_2; & X_{0,13}S_0 \vdash S_{13}; & X_{2,22}S_2 \vdash S_{22}; \\
 X_{2,3}S_2 \vdash S_3; & X_{13,2}S_{13} \vdash S_2; & X_{22,4}S_{22} \vdash S_4; \\
 X_{3,4}S_3 \vdash S_4; & X_{2,14}S_2 \vdash S_{14}; & X_{4,23}S_4 \vdash S_{23}; \\
 X_{4,4}S_4 \vdash S_4; & X_{14,4}S_{14} \vdash S_4; & X_{23,6}S_{23} \vdash S_6; \\
 X_{4,5}S_4 \vdash S_5; & X_{4,15}S_4 \vdash S_{15}; & X_{6,24}S_6 \vdash S_{24}; \\
 X_{5,6}S_0 \vdash S_6; & X_{15,6}S_{15} \vdash S_6; & X_{24,8}S_{24} \vdash S_8; \\
 X_{6,6}S_6 \vdash S_6; & X_{6,16}S_6 \vdash S_{16}; & X_{0,25}S_0 \vdash S_{25}; \\
 X_{6,7}S_6 \vdash S_7; & X_{16,8}S_{16} \vdash S_8; & X_{25,2}S_{25} \vdash S_2; \\
 X_{7,8}S_7 \vdash S_8; & X_{0,17}S_0 \vdash S_{17}; & X_{2,26}S_2 \vdash S_{26}; \\
 X_{8,8}S_8 \vdash S_8; & X_{17,2}S_{17} \vdash S_2; & X_{26,4}S_{26} \vdash S_4; \\
 X_{8,0}S_8 \vdash S_0; & X_{2,18}S_2 \vdash S_{18}; & X_{4,27}S_4 \vdash S_{27}; \\
 X_{0,9}S_0 \vdash S_9; & X_{18,4}S_{18} \vdash S_4; & X_{27,6}S_{27} \vdash S_6; \\
 X_{9,2}S_9 \vdash S_2; & X_{4,19}S_4 \vdash S_{19}; & X_{6,28}S_6 \vdash S_{28}; \\
 X_{2,10}S_2 \vdash S_{10}; & X_{19,6}S_{19} \vdash S_6; & X_{28,8}S_{28} \vdash S_8; \\
 X_{10,4}S_{10} \vdash S_4; & &
 \end{array} \tag{7}$$

$$S_7 \vee S_8 \vee S_{12} \vee S_{16} \vee S_{20} \vee S_{24} \vee S_{28} \vdash y;$$

$$S_0 \vee S_1 \vee S_2 \vee S_3 \vee S_4 \vee S_5 \vee S_6 \vee S_9 \vee S_{10} \vee S_{11} \vee S_{13} \vee S_{14} \vee S_{15} \vee S_{17} \vee S_{18} \vee S_{19} \vee S_{21} \vee S_{22} \vee S_{23} \vee S_{25} \vee S_{26} \vee S_{27} \vdash \bar{y}.$$

У виразах (7):

$$\begin{array}{lll}
 X_{0,0} = \overline{U_1 U_2 U_3 t_1 t_2 t_3}; & X_{6,7} = \overline{U_1 U_2 U_3 t_1 t_2 t_3 \tau_6}; & X_{12,8} = \tau_7; \\
 X_{0,1} = \overline{U_1 U_2 U_3 t_1 t_2 t_3 \tau_6}; & X_{7,8} = \tau_5; & X_{0,13} = \overline{U_1 U_2 U_3 t_1 t_2 t_3 \tau_{10}}; \\
 X_{1,2} = \tau_5; & X_{8,8} = \overline{U_1 U_2 U_3 t_1 t_2 t_3}; & X_{13,2} = \tau_9; \\
 X_{2,2} = \overline{U_1 U_2 U_3 t_1 t_2 t_3}; & X_{8,0} = p; & X_{2,14} = \overline{U_1 U_2 U_3 t_1 t_2 t_3 \tau_{10}}; \\
 X_{2,3} = \overline{U_1 U_2 U_3 t_1 t_2 t_3 \tau_6}; & X_{0,9} = \overline{U_1 U_2 U_3 t_1 t_2 t_3 \tau_8}; & X_{14,4} = \tau_9; \\
 X_{3,4} = \tau_5; & X_{9,2} = \tau_7; & X_{4,15} = \overline{U_1 U_2 U_3 t_1 t_2 t_3 \tau_{10}}; \\
 X_{4,4} = \overline{U_1 U_2 U_3 t_1 t_2 t_3}; & X_{2,10} = \overline{U_1 U_2 U_3 t_1 t_2 t_3 \tau_8}; & X_{15,6} = \tau_9; \\
 X_{4,5} = \overline{U_1 U_2 U_3 t_1 t_2 t_3 \tau_6}; & X_{10,4} = \tau_7; & X_{6,16} = \overline{U_1 U_2 U_3 t_1 t_2 t_3 \tau_{10}}; \\
 X_{5,6} = \tau_5; & X_{4,11} = \overline{U_1 U_2 U_3 t_1 t_2 t_3 \tau_8}; & X_{16,8} = \tau_9; \\
 X_{6,6} = \overline{U_1 U_2 U_3 t_1 t_2 t_3}; & X_{11,6} = \tau_7; & X_{0,17} = \overline{U_1 U_2 U_3 t_1 t_2 t_3 \tau_{12}}; \\
 & X_{6,12} = \overline{U_1 U_2 U_3 t_1 t_2 t_3 \tau_8}; & X_{17,2} = \tau_{11};
 \end{array} \tag{7}$$

$$\begin{aligned}
 X_{2,18} &= \overline{U_1 U_2 U_3} \overline{t_1^0 t_2^0 t_3^0} \tau_{12}; & X_{2,22} &= \overline{U_1 U_2 U_3} \overline{t_1^0 t_2^0 t_3^0} \tau_4; & X_{2,26} &= U_1 \overline{U_2 U_3} \overline{t_1^0 t_2^0 t_3^0} \tau_2; \\
 X_{18,4} &= \tau_{11}; & X_{22,4} &= \tau_3; & X_{26,4} &= \tau_1; \\
 X_{4,19} &= \overline{U_1 U_2 U_3} \overline{t_1^0 t_2^0 t_3^0} \tau_{12}; & X_{4,23} &= \overline{U_1 U_2 U_3} \overline{t_1^0 t_2^0 t_3^0} \tau_4; & X_{4,27} &= U_1 \overline{U_2 U_3} \overline{t_1^0 t_2^0 t_3^0} \tau_2; \\
 X_{19,6} &= \tau_{11}; & X_{23,6} &= \tau_3; & X_{27,6} &= \tau_1; \\
 X_{6,20} &= \overline{U_1 U_2 U_3} \overline{t_1^0 t_2^0 t_3^0} \tau_{12}; & X_{6,24} &= \overline{U_1 U_2 U_3} \overline{t_1^0 t_2^0 t_3^0} \tau_4; & X_{6,28} &= U_1 \overline{U_2 U_3} \overline{t_1^0 t_2^0 t_3^0} \tau_2; \\
 X_{20,8} &= \tau_{11}; & X_{24,8} &= \tau_3; & X_{28,8} &= \tau_1 \\
 X_{0,21} &= \overline{U_1 U_2 U_3} \overline{t_1^0 t_2^0 t_3^0} \tau_4; & X_{0,25} &= U_1 \overline{U_2 U_3} \overline{t_1^0 t_2^0 t_3^0} \tau_2; \\
 X_{21,2} &= \tau_3; & X_{25,2} &= \tau_1;
 \end{aligned}
 \tag{8}$$

i

$$\begin{aligned}
 \overline{T_1 T_2 T_3 T_4 T_5 T_6 T_7 T_8 T_9 T_{10}} &\in S_0; & \overline{T_1 T_2 T_3 T_4 T_5 T_6 T_7 T_8 T_9 T_{10}} &\in S_{15}; \\
 \overline{T_1 T_2 T_3 T_4 T_5 T_6 T_7 T_8 T_9 T_{10}} &\in S_1; & \overline{T_1 T_2 T_3 T_4 T_5 T_6 T_7 T_8 T_9 T_{10}} &\in S_{16}; \\
 \overline{T_1 T_2 T_3 T_4 T_5 T_6 T_7 T_8 T_9 T_{10}} &\in S_2; & \overline{T_1 T_2 T_3 T_4 T_5 T_6 T_7 T_8 T_9 T_{10}} &\in S_{17}; \\
 \overline{T_1 T_2 T_3 T_4 T_5 T_6 T_7 T_8 T_9 T_{10}} &\in S_3; & \overline{T_1 T_2 T_3 T_4 T_5 T_6 T_7 T_8 T_9 T_{10}} &\in S_{18}; \\
 \overline{T_1 T_2 T_3 T_4 T_5 T_6 T_7 T_8 T_9 T_{10}} &\in S_4; & \overline{T_1 T_2 T_3 T_4 T_5 T_6 T_7 T_8 T_9 T_{10}} &\in S_{19}; \\
 \overline{T_1 T_2 T_3 T_4 T_5 T_6 T_7 T_8 T_9 T_{10}} &\in S_5; & \overline{T_1 T_2 T_3 T_4 T_5 T_6 T_7 T_8 T_9 T_{10}} &\in S_{20}; \\
 \overline{T_1 T_2 T_3 T_4 T_5 T_6 T_7 T_8 T_9 T_{10}} &\in S_6; & \overline{T_1 T_2 T_3 T_4 T_5 T_6 T_7 T_8 T_9 T_{10}} &\in S_{21}; \\
 \overline{T_1 T_2 T_3 T_4 T_5 T_6 T_7 T_8 T_9 T_{10}} &\in S_7; & \overline{T_1 T_2 T_3 T_4 T_5 T_6 T_7 T_8 T_9 T_{10}} &\in S_{22}; \\
 \overline{T_1 T_2 T_3 T_4 T_5 T_6 T_7 T_8 T_9 T_{10}} &\in S_8; & \overline{T_1 T_2 T_3 T_4 T_5 T_6 T_7 T_8 T_9 T_{10}} &\in S_{23}; \\
 \overline{T_1 T_2 T_3 T_4 T_5 T_6 T_7 T_8 T_9 T_{10}} &\in S_9; & \overline{T_1 T_2 T_3 T_4 T_5 T_6 T_7 T_8 T_9 T_{10}} &\in S_{24}; \\
 \overline{T_1 T_2 T_3 T_4 T_5 T_6 T_7 T_8 T_9 T_{10}} &\in S_{10}; & \overline{T_1 T_2 T_3 T_4 T_5 T_6 T_7 T_8 T_9 T_{10}} &\in S_{25}; \\
 \overline{T_1 T_2 T_3 T_4 T_5 T_6 T_7 T_8 T_9 T_{10}} &\in S_{11}; & \overline{T_1 T_2 T_3 T_4 T_5 T_6 T_7 T_8 T_9 T_{10}} &\in S_{26}; \\
 \overline{T_1 T_2 T_3 T_4 T_5 T_6 T_7 T_8 T_9 T_{10}} &\in S_{12}; & \overline{T_1 T_2 T_3 T_4 T_5 T_6 T_7 T_8 T_9 T_{10}} &\in S_{27}; \\
 \overline{T_1 T_2 T_3 T_4 T_5 T_6 T_7 T_8 T_9 T_{10}} &\in S_{13}; & \overline{T_1 T_2 T_3 T_4 T_5 T_6 T_7 T_8 T_9 T_{10}} &\in S_{28}. \\
 \overline{T_1 T_2 T_3 T_4 T_5 T_6 T_7 T_8 T_9 T_{10}} &\in S_{14}; & &
 \end{aligned}
 \tag{9}$$

Підставивши вирази (8) і (9) в (7) і здійснивши мінімізацію отриманої системи згідно [5], отримаємо мінімізовану систему такого вигляду:

$$\begin{aligned}
 U_1 \tau_2 \overline{T_1} &\vdash T_1; & U_3 \tau_6 \overline{T_3} &\vdash T_3; & t_2^0 \tau_{10} \overline{T_5} &\vdash T_5; \\
 \tau_4 T_1 &\vdash \overline{T_1}; & \tau_5 T_3 &\vdash \overline{T_3}; & \tau_9 T_5 &\vdash \overline{T_5}; \\
 U_2 \tau_4 \overline{T_2} &\vdash T_2; & t_1^0 \tau_8 \overline{T_4} &\vdash T_4; & t_3^0 \tau_{12} \overline{T_6} &\vdash T_6; \\
 \tau_3 T_2 &\vdash \overline{T_2}; & \tau_7 T_4 &\vdash \overline{T_4}; & \tau_{11} T_6 &\vdash \overline{T_6};
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 T_1 \vee T_2 \vee T_3 \vee T_4 \vee T_5 \vee T_6 & \mid T_7; \\
 \tau_{12}(T_1 \vee T_2 \vee T_3 \vee T_4 \vee T_5 \vee T_6)T_7 & \mid T_8; \\
 \tau_{12}(T_1 \vee T_2 \vee T_3 \vee T_4 \vee T_5 \vee T_6)T_8 & \mid T_9; \\
 \tau_{12}(T_1 \vee T_2 \vee T_3 \vee T_4 \vee T_5 \vee T_6)T_9 & \mid T_{10}; \\
 p & \mid \overline{T_7} \overline{T_8} \overline{T_9} \overline{T_{10}}; \\
 T_7 T_8 T_9 T_{10} & \mid y.
 \end{aligned}
 \tag{10}$$

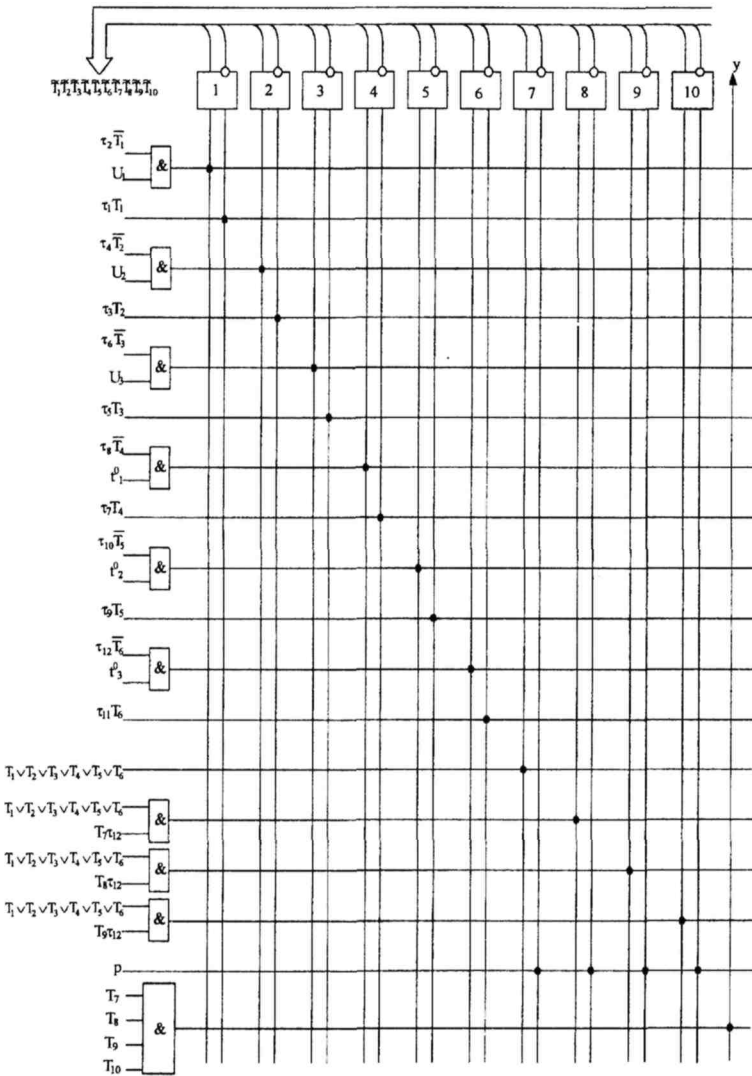


Рис. 3. Структурна схема системи діагностування тягового електродвигуна трамвая

На основі отриманої системи секвенцій (10) синтезуємо структурну схему системи діагностування електричних двигунів.

Перший етап синтезу полягає в побудові структурної схеми, яка реалізує систему секвенційних рівнянь (10). Кожна з цих секвенцій реалізується схемою співпадання, на входи якої подаються сигнали, що відповідають кодовій комбінації лівої частини секвенцій, і двостабільним елементом, до входу якого через діодну матрицю під'єднаний вихід схеми співпадання. Якщо код стану двостабільного елемента в правій частині секвенцій не має знаку інверсії, то вихід схеми співпадання з'єднується з прямим входом двостабільного елемента. У випадку наявності інверсії в коді стану вихід схеми співпадання з'єднується з інверсним входом двостабільного елемента.

Схема, що побудована за секвенційними виразами (10), показана на рисунку 3. Вхідні сигнали і сигнали стану поступають на схеми співпадання. Кожному виходу зі схем співпадання відповідає своя стрічка в діодній матриці. Місця вмикання діодів на схемі позначені точками. Кожному стовпцю цієї матриці відповідає один із виходів на

двостабільний елемент. Функції виходу на схемі відповідає стовпець зі стрілкою і надписом y . А запис $\tilde{T}_1 \tilde{T}_2 \dots \tilde{T}_{10}$ означає кодову комбінацію станів, яка поступає на входи схеми співпадання з виходів двостабільних елементів. Змінна $\tilde{T}_i, (i = \overline{1,10})$ може приймати значення або T_i або \overline{T}_i .

Аналізуючи викладене вище, легко бачити, що процес синтезу системи діагностування з використанням не трьох, а, скажімо, п'яти значень діагностованих параметрів (по два відхилення від норми в обидва боки), буде відрізнатись лише довгими «ланцюжками» значень параметрів у секвенціальних виразах, не змінюючись по суті.

Висновок

В даній роботі було обґрунтовано необхідність діагностування тягових двигунів трамвая. Запропоновано комбінований метод діагностування. На основі секвенціального апарату синтезовано структурну схему системи діагностування тягового двигуна трамвая, використовуючи лише три значення діагностованих параметрів: норма та відхилення від норми в більшу чи в меншу сторону. Висока достовірність та швидкодія даного методу дозволить під час роботи виявити несправність в двигуні та попередити його вихід з ладу.

Показано, що аналогічний підхід може бути використаним і при множині значень діагностичних параметрів, більшій трьох.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Коган Л. Я. Эксплуатация и ремонт трамваев и троллейбусов. — М.: Транспорт, 1979. — 272 с.
2. Таран В. П., Андриец В. К., Корчемный Н. А., Синельник А. В. Справочник по эксплуатации электрооборудования. — К.: Техніка, 1985. — 184 с.
3. Вольдек А. И. Электрические машины. Учебник для студентов высш. техн. учебн. заведений. — 3-е изд., перераб. — Л.: Энергия, 1978. — 832 с.
4. Кулаков Б. М., Резник М. Я. Ремонт трамвайных вагонов. — М.: Транспорт, 1980. — 463 с.
5. Захаров В. Н. Автоматы с распределенной памятью. — М.: «Энергия», 1975. — 136 с.
6. Мокин Б. И., Грабко В. В., Динь Тхань Вьет. Математические модели и информационно-измерительные системы для технической диагностики трансформаторных вводов. — Винница, изд-во ВГУ «УНІВЕРСУМ-Вінниця», 1997. — 130 с.

Рекомендована кафедрою електромеханічних систем автоматизації

Надійшла до редакції 20.11.03
Рекомендована до друку 27.05.04.

Мокін Борис Іванович — завідувач кафедри, **Жуков Сергій Олександрович** — бакалавр електромеханіки, **Розводюк Михайло Петрович** — аспірант.

Кафедра моделювання і моніторингу складних систем, Вінницький національний технічний університет

УДК 536.621: 9.003

**М. М. Чепурний, к. т. н., доц.; С. Й. Ткаченко, д. т. н., проф.;
Т. П. Куть, студ; Г. Ю. Федун**

ОЦІНКА ЗАТРАТ НА УТИЛІЗАЦІЮ ТЕПЛОТИ ВІДХІДНИХ ГАЗІВ ПАЛИВНОВИКОРИСТАЛЬНИХ УСТАНОВОК

Незважаючи на дефіцит паливно-енергетичних ресурсів в країні, рівень їх використання залишається відносно низьким. Так, наприклад, коефіцієнт ефективності використання палива в промисловості не перевищує 44 %. Відомо також, що затрати, які зв'язані з енергозбереженням, в 2,5—3 рази нижчі, ніж затрати на еквівалентний приріст енергоресурсів [1, 2]. Існує багато засобів енергозбереження, реалізація яких не потребує великих затрат. До таких малозатратних засобів належить утилізація теплоти відхідних газів паливновикористальних установок, яка частіше за все реалізується шляхом підігріву води або повітря. Економічні аспекти саме такого заходу енергозбереження розглядаються в даній роботі.

Оскільки практичне здійснення енергозбереження пов'язано з певними затратами, а віддача на одиницю цих затрат може бути різною, то для визначення економічної доцільності заходів енергозбереження необхідно знати як вартісну оцінку економії енергоресурсів, так і сумарні приведені затрати. Останні можна поділити на умовно-сталу складову Z_c і складову кінцевих затрат на енергоресурси Z_e , які визначаються за формулами: