

УДК 681.518.54:62-8

СИНТЕЗ СТРУКТУРИ ПРИСТРОЮ ДІАГНОСТУВАННЯ ТРАКТІВ КЕРУВАННЯ В СИСТЕМАХ ЕЛЕКТРИЧНОГО ПРИВОДА

Бабій С.М., асп.

Вінницький національний технічний університет

21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95

E-mail: babijsm@rambler.ru

В работе на основании разработанной математической модели синтезировано устройство диагностирования трактов управления в системах электрического привода.

Ключевые слова: система управления, диагностика, электрический привод.

On the basis of developed mathematical model, the device for diagnostic of control pathes in electric drive systems.

Key words: control system, diagnostic, electric drive.

Вступ. Технологія сучасного виробництва вимагає забезпечення оптимальних параметрів виробничого процесу та законів їх зміни в часі, що є досить складною задачею, вирішення якої покладено на системи автоматичного керування. В процесі експлуатації системи керування піддаються впливу різноманітних зовнішніх факторів (кліматичних, механічних), які викликають появу деградаційних процесів, котрі призводять до погіршення параметрів і в кінці кінців до виходу з ладу системи керування, тобто до зміни технічного стану [1, 2].

Саме тому виникає необхідність моніторингу технічного стану такого обладнання, який здійснюють шляхом проведення безперервного контролю та діагностування.

Аналіз попередніх досліджень. Однією із праць присвячених вирішенню проблеми моніторингу є робота [3] в якій запропоновано математичну модель діагностування складних об'єктів, яка представлена системою рівнянь (1).

$$\left\{ \begin{array}{l} i = \overline{1, n}, \\ x_i \rightarrow \text{const } 1, \quad \text{якщо} \quad \begin{cases} x_{i1} = 1, \\ x_{(i-1)1} \leq x_{(i-1)1\text{доп}_в}, \end{cases} \\ x_i \rightarrow \text{const } 0, \quad \text{якщо} \quad \begin{cases} x_{i1} = 0, \\ x_{(i-1)1} \geq x_{(i-1)1\text{доп}_н}, \end{cases} \\ x_i \rightarrow \text{var}(\text{const } 1), \quad \text{якщо} \quad \begin{cases} x_{i2} \rightarrow m, \quad m \geq q, \\ x_{(i-1)2} \leq x_{(i-1)2\text{доп}_в}, \end{cases} \\ x_i \rightarrow \text{var}(\text{const } 0), \quad \text{якщо} \quad \begin{cases} x_{i2} \rightarrow m, \quad m \geq q, \\ x_{(i-1)2} \geq x_{(i-1)2\text{доп}_н}, \end{cases} \\ k = 1, \quad v = 1, \end{array} \right. \quad (1)$$

де n – кількість вимірювальних каналів по числу діагностованих блоків об'єкта; x_i – значення діагностичного параметра на виході i -того вимірювального каналу; x_{i1} – значення діагностичного параметра в i -тому вимірювальному каналі по відношенню до

граничного поля допуску (ГПД); $x_{(i-1)1}$ – значення діагностичного параметра в $i-1$ вимірювальному каналі по відношенню до ГПД; $x_{(i-1)1\text{доп}_в}$ – верхнє допустиме значення діагностичного параметра в $i-1$ вимірювальному каналі по відношенню до ГПД; $x_{(i-1)1\text{доп}_н}$ – нижнє допустиме значення діагностичного параметра в $i-1$ вимірювальному каналі по відношенню до ГПД; x_{i2} – значення діагностичного параметра в i -тому вимірювальному каналі по відношенню до основного поля допуску (ОПД); $x_{(i-1)2}$ – значення діагностичного параметра в $i-1$ вимірювальному каналі по відношенню до ОПД; $x_{(i-1)2\text{доп}_в}$ – верхнє допустиме значення діагностичного параметра в $i-1$ вимірювальному каналі по відношенню до ОПД; $x_{(i-1)2\text{доп}_н}$ – нижнє допустиме значення діагностичного параметра в $i-1$ вимірювальному каналі по відношенню до ОПД; m – кількість перевищень діагностичним параметром меж ОПД протягом часу, який відведено на діагностування одного вимірювального каналу; q – граничне значення, яке визначає необхідну кількість перевищень діагностичним параметром меж ОПД (для виявлення несправності) протягом часу, що відведений на діагностування одного вимірювального каналу; k – сигнал з виходу сенсора комутації, що свідчить про положення комутаційного апарата, яким подається напруга живлення; v – сигнал з виходу сенсора живлення.

Мета роботи – підвищення якості діагностування трактів керування в системах електричного привода (ЕП) шляхом синтезу структури пристрою діагностування в основу якого покладено розроблену математичну модель.

Матеріал і результати дослідження. Відповідно до розробленої математичної моделі здійснимо синтез структури блоку підрахунку та прийняття рішень пристрою діагностування трактів керування в системах ЕП на базі математичного апарату секвен-

графа (рис. 1), може бути описано наступною системою секвенцій, де $S_i, i=0,24$ – стани системи.

$$\begin{aligned}
 & R \vee \overline{CK} \vdash S_0, \\
 & \tau_2 CK \wedge CЖ S_0 \vdash S_1, \\
 & \tau_1 (S_1 \vee S_8 \vee S_{15} \vee S_{20}) \vdash S_0, \\
 & \tau_2 CK \wedge CЖ \wedge HC S_0 \vdash S_2, \\
 & \tau_1 S_2 \vdash S_3, \\
 & \tau_2 CK \wedge CЖ \wedge HC S_3 \vdash S_4, \\
 & \tau_1 S_4 \vdash S_5, \\
 & \tau_2 CK \wedge CЖ \wedge HC S_5 \vdash S_6, \\
 & \tau_1 S_6 \vdash S_7, \\
 & \tau_2 CK \wedge CЖ \wedge HC S_7 \vdash S_8, \\
 & \tau_2 CK \wedge CЖ \wedge HC \wedge (BB \vee BH) S_0 \vdash S_9, \\
 & \tau_1 (S_9 \vee S_{21} \vee S_{23} \vee S_{24}) \vdash S_{10}, \\
 & \tau_2 CK \wedge CЖ \wedge HC \wedge (\overline{BB} \vee \overline{BH}) S_{10} \vdash S_{11}, \\
 & \tau_1 S_{11} \vdash S_{12}, \\
 & \tau_2 CK \wedge CЖ \wedge HC \wedge (\overline{BB} \vee \overline{BH}) S_{12} \vdash S_{13}, \\
 & \tau_1 S_{13} \vdash S_{14}, \\
 & \tau_2 CK \wedge CЖ \wedge HC \wedge (\overline{BB} \vee \overline{BH}) S_{14} \vdash S_{15}, \\
 & \tau_2 CK \wedge CЖ \wedge HC \wedge (BB \vee BH) S_{10} \vdash S_{16}, \\
 & S_{16} \vee S_{21} \vdash q_0, \\
 & \tau_1 (S_{16} \vee S_{22}) \vdash S_{17}, \\
 & \tau_2 [(CK \wedge CЖ \wedge HC \wedge (BB \vee BH)) \vee \\
 & \vee (CK \wedge CЖ \wedge \overline{HC} \wedge \overline{ШН} \wedge BH) \vee \\
 & \vee (CK \wedge \overline{CЖ} \wedge \overline{HC} \wedge \overline{ШН} \wedge BH) \vee \\
 & \vee (CK \wedge CЖ \wedge HC \wedge (ШВ \vee ШН) \wedge \\
 & \wedge (BB \vee BH))] S_{17} \vdash S_{18}, \\
 & \tau_1 S_{18} \vdash S_{19}, \\
 & \tau_2 [(CK \wedge CЖ \wedge HC \wedge (BB \vee BH)) \vee \\
 & \vee (CK \wedge CЖ \wedge \overline{HC} \wedge \overline{ШН} \wedge BH) \vee \\
 & \vee (CK \wedge \overline{CЖ} \wedge \overline{HC} \wedge \overline{ШН} \wedge BH) \vee \\
 & \vee (CK \wedge CЖ \wedge HC \wedge (ШВ \vee ШН) \wedge \\
 & \wedge (BB \vee BH))] S_{19} \vdash S_{20}, \\
 & \tau_2 CK \wedge CЖ \wedge HC \wedge (ШВ \vee ШН) \wedge \\
 & \wedge (BB \vee BH) S_0 \vdash S_{21}, \\
 & \tau_2 CK \wedge CЖ \wedge \overline{HC} \wedge \overline{ШН} \wedge BH S_0 \vdash S_{23}, \\
 & S_{23} \vdash q_1, \\
 & \tau_2 CK \wedge \overline{CЖ} \wedge \overline{HC} \wedge \overline{ШН} \wedge BH S_0 \vdash S_{24}, \\
 & S_{24} \vdash q_2, \\
 & \tau_2 [(CK \wedge CЖ \wedge \overline{HC} \wedge \overline{ШН} \wedge BH) \vee \\
 & \vee (CK \wedge \overline{CЖ} \wedge \overline{HC} \wedge \overline{ШН} \wedge BH) \vee \\
 & \vee (CK \wedge CЖ \wedge HC \wedge (ШВ \vee ШН) \wedge (BB \vee BH))] S_{10} \vdash S_{22}.
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

При цьому

$$\begin{aligned}
 & S_0 \in \overline{T_1 T_2 T_3 T_4 T_5 T_6 T_7 T_8 T_9 T_{10}}, \\
 & S_1 \in \overline{T_1 T_2 T_3 T_4 T_5 T_6 T_7 T_8 T_9 T_{10}}, \\
 & S_2 \in \overline{T_1 T_2 T_3 T_4 T_5 T_6 T_7 T_8 T_9 T_{10}}, \\
 & S_3 \in \overline{T_1 T_2 T_3 T_4 T_5 T_6 T_7 T_8 T_9 T_{10}}, \\
 & S_4 \in \overline{T_1 T_2 T_3 T_4 T_5 T_6 T_7 T_8 T_9 T_{10}}, \\
 & S_5 \in \overline{T_1 T_2 T_3 T_4 T_5 T_6 T_7 T_8 T_9 T_{10}}, \\
 & S_6 \in \overline{T_1 T_2 T_3 T_4 T_5 T_6 T_7 T_8 T_9 T_{10}}, \\
 & S_7 \in \overline{T_1 T_2 T_3 T_4 T_5 T_6 T_7 T_8 T_9 T_{10}}, \\
 & S_8 \in \overline{T_1 T_2 T_3 T_4 T_5 T_6 T_7 T_8 T_9 T_{10}}, \\
 & S_9 \in \overline{T_1 T_2 T_3 T_4 T_5 T_6 T_7 T_8 T_9 T_{10}}, \\
 & S_{10} \in \overline{T_1 T_2 T_3 T_4 T_5 T_6 T_7 T_8 T_9 T_{10}}, \\
 & S_{11} \in \overline{T_1 T_2 T_3 T_4 T_5 T_6 T_7 T_8 T_9 T_{10}}, \\
 & S_{12} \in \overline{T_1 T_2 T_3 T_4 T_5 T_6 T_7 T_8 T_9 T_{10}}, \\
 & S_{13} \in \overline{T_1 T_2 T_3 T_4 T_5 T_6 T_7 T_8 T_9 T_{10}}, \\
 & S_{14} \in \overline{T_1 T_2 T_3 T_4 T_5 T_6 T_7 T_8 T_9 T_{10}}, \\
 & S_{15} \in \overline{T_1 T_2 T_3 T_4 T_5 T_6 T_7 T_8 T_9 T_{10}}, \\
 & S_{16} \in \overline{T_1 T_2 T_3 T_4 T_5 T_6 T_7 T_8 T_9 T_{10}}, \\
 & S_{17} \in \overline{T_1 T_2 T_3 T_4 T_5 T_6 T_7 T_8 T_9 T_{10}}, \\
 & S_{18} \in \overline{T_1 T_2 T_3 T_4 T_5 T_6 T_7 T_8 T_9 T_{10}}, \\
 & S_{19} \in \overline{T_1 T_2 T_3 T_4 T_5 T_6 T_7 T_8 T_9 T_{10}}, \\
 & S_{20} \in \overline{T_1 T_2 T_3 T_4 T_5 T_6 T_7 T_8 T_9 T_{10}}, \\
 & S_{21} \in \overline{T_1 T_2 T_3 T_4 T_5 T_6 T_7 T_8 T_9 T_{10}}, \\
 & S_{22} \in \overline{T_1 T_2 T_3 T_4 T_5 T_6 T_7 T_8 T_9 T_{10}}, \\
 & S_{23} \in \overline{T_1 T_2 T_3 T_4 T_5 T_6 T_7 T_8 T_9 T_{10}}, \\
 & S_{24} \in \overline{T_1 T_2 T_3 T_4 T_5 T_6 T_7 T_8 T_9 T_{10}}.
 \end{aligned}
 \tag{3}$$

Після мінімізації секвенцій [4], отримаємо:

$$\begin{aligned}
 & CK \tau_2 \overline{T_1} \vdash T_1, \\
 & \tau_1 T_1 \vdash \overline{T_1}, \\
 & (BB \vee BH) \overline{T_3} \overline{T_4} CЖ \tau_1 T_1 \vdash T_2, \\
 & R \vee T_8 \vdash \overline{T_2} \overline{T_3} \overline{T_5} \overline{T_6} \overline{T_7} \overline{T_8}, \\
 & [(BB \vee BH) \overline{T_3} \overline{T_4} CЖ \tau_1 T_1] [T_2 \tau_1] \vdash T_3, \\
 & [\overline{T_4} 3\tau_1] [(ШВ \vee ШН) \vee T_3] [CЖ \tau_1 (\overline{T_8} \vee \overline{R})] \vdash T_4, \\
 & T_4 \tau_1 \vdash \overline{T_4}, \\
 & \overline{T_4} CЖ \tau_1 T_1 \vdash T_5, \\
 & (T_5 \tau_1) (\overline{T_4} CЖ \tau_1 T_1) \vdash T_6, \\
 & (T_6 \tau_1) (\overline{T_4} CЖ \tau_1 T_1) \vdash T_7, \\
 & (T_7 \tau_1) (\overline{T_4} CЖ \tau_1 T_1) \vdash T_8, \\
 & \overline{T_9} 3\tau_1 [\overline{HC} \vee (\overline{T_8} \vee \overline{R})] \vdash T_9,
 \end{aligned}$$

ному режимі.

Пристрій одночасно забезпечує діагностування параметрів об'єкта по відношенню до основного, яке реалізовано на основі компараторів 7 та 8 і визначає граничний стан параметрів, та граничного, яке реалізовано на основі компараторів 5 та 6 і визначає критичний стан параметрів, полів допуску з врахуванням можливості виникнення короткотривалих збоїв (реалізовано на основі лічильного регістра 12 та елемента І 11), перевіряє наявність живлення елементів об'єкта та обривів в каналах вимірювання (реалізовано на основі формувача сигналу 18). Робота пристрою з параметрами, які вийшли за межі ОПД, є недоцільною, виходячи з вимог безпечної експлуатації та ремонтно-відновлювальних робіт. Робота пристрою з параметрами, які вийшли за межі ГПД, є неприпустимою, оскільки подальша експлуатація об'єкта може призвести до значних аварій.

У випадку перевищення контролюваною величиною меж ГПД, параметр одразу вважається таким, що не відповідає нормі, а при перевищенні меж ОПД спочатку відбувається перевірка на збій і лише після цього робиться висновок про відповідність нормі.

У випадку виникнення обриву в колах об'єкта діагностування або вимірювальних каналах на виході мультиплексора 3 з'являється надто низький або взагалі нульовий рівень напруги, що неминуче призводить до виходу за нижню межу ГПД. Як наслідок, на виході компаратора 6 з'являється сигнал логічної одиниці, який через елементи АБО 9, 13 та елемент І 14 поступає на вхід одновібратора 15, вихідний сигнал якого поступає на входи елементів І 32, 33, 34 та елемента ЗАБОРОНА 25, що призводить до блокування проходження тактових імпульсів через елемент І 24 та елемент ЗАБОРОНА 25. Одночасно з цим внаслідок не виконання умови порівняння компаратора 16 (рівень напруги на першому вході повинен бути більшим рівня опорної напруги на другому вході) на вхід формувача сигналу 18 подається нульовий рівень напруги. При цьому, на виході елемента І 33 з'являється сигнал логічної одиниці, і, як наслідок, відбувається індикація відповідної несправності та коду дефектного каналу, який передається з виходу регістра 31 на цифровий вхід блока індикації 37 через блок переносу 36 при подачі на його вхід управління сигналу з виходу елемента АБО 35.

У випадку виникнення обриву в колах живлення елементів об'єкта діагностування сенсор напруги живлення 21 формує на своєму виході сигнал логічного нуля, який при проходженні через елемент НІ 28 інвертується і поступає на третій вхід елементів І 32, 33, 34. Оскільки і-тий елемент об'єкта діагностування немає живлення, то на його виході формується надто низький або взагалі нульовий рівень

напруги, що, як і в попередньому випадку, спричиняє появу на виходах одновібратора 15 та формувача сигналу 18 сигналів логічної одиниці, які поступають відповідно на перші та другі входи елементів І 32, 33, 34. При цьому на виході елемента І 34 з'являється сигнал логічної одиниці, як наслідок, відбувається індикація відповідної несправності та коду дефектного каналу, записаного в регістрі 31. В даному випадку при появі на виході сенсора напруги живлення 21 сигналу логічного нуля сигнал на виході блока затримки сигналу 23 зникає не одразу, а лише через інтервал часу, необхідний для проведення повного одного циклу аналізу всіх вимірювальних каналів, лише після чого закривається електронний ключ 4 та блокується генератор імпульсів 19.

При нормальному виключенні живлення об'єкта діагностування відключається сенсор комутації 20, за рахунок чого припиняється перевірка об'єкта діагностування. Відключення живлення сповіщається відповідною світловою індикацією.

Висновки. Відповідно до представленої математичної моделі, на базі математичного апарату секвенцій, синтезовано модель структури пристрою діагностування трактів керування в системах ЕП. Відповідно до синтезованої моделі реалізовано структуру пристрою діагностування трактів керування в системах ЕП з використанням промислової елементної бази.

ЛІТЕРАТУРА

- Осипов О.И., Усынин Ю.С. Техническая диагностика автоматизированных электроприводов. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 160 с.
- Давыдов П.С., Техническая диагностика радиоэлектронных устройств и систем. – М.: Радио и связь, 1988. – 256 с.
- Математична модель діагностичного контролю діючих систем керування електричним приводом / В.В. Грабко, С.М. Бабій // Вісник КДПУ. – 2006. – №4, частина 1. – С. 139–140.
- Захаров В.Н. Автоматы с распределенной памятью. – М.: Энергия, 1975. – 136 с.
- Тетельбаум И.М., Шнейдер Ю.Р. Практика аналогового моделирования динамических систем: Справочное пособие. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 384 с.
- Якубовский С.В., Ниссельсон Л.И., Кулешова В.И. Цифровые и аналоговые интегральные микросхемы: Справочник. – М.: Радио и связь, 1990. – 496 с.
- Щербаков В.И., Грездов Т.И. Электронные схемы на операционных усилителях: Справочник. – К.: Техника, 1983. – 213 с.

Стаття надійшла 5.14.2008 р.

Рекомендовано до друку д.т.н., проф.

Родькіним Д.Й.