

ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНІ ТА ОБЧИСЛЮВАЛЬНІ СИСТЕМИ І КОМПЛЕКСИ В ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСАХ

УДК 681.518.54:62-8

Грабо В.В., Бабій С.М.

Вінницький національний технічний університет

СИНТЕЗ СТРУКТУРИ СИСТЕМИ ДЛЯ ДІАГНОСТИЧНОГО КОНТРОЛЮ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ

Вступ. Сучасна система електричного привода представляє собою сукупність двох основних конструктивних складових: електричного двигуна та системи керування, яка в сукупності з перетворювальним пристроєм забезпечує виконання програми роботи привода.

Працездатність електричного привода в цілому безпосередньо залежить від фактичного технічного стану кожної з його складових.

В процесі роботи обладнання технічний стан визначають шляхом проведення безперервного контролю та діагностування. Така робота широко проводиться в області електричних двигунів (праці [1, 2] та ін.), а з недавнього часу – і в області систем керування.

Однією із праць присвячених вирішенню даної проблеми є робота [3] в якій запропоновано математичну модель діагностичного контролю складних об'єктів, яка представлена системою рівнянь (1).

$$\left. \begin{array}{l} i \rightarrow \text{const } 1, \text{ якщо} \\ i \rightarrow \text{const } 0, \text{ якщо} \\ i \rightarrow \text{var } (\text{const } 1), \text{ якщо} \\ i \rightarrow \text{var } (\text{const } 0), \text{ якщо} \\ i = \overline{1, n}, k = 1, v = 1. \end{array} \right\} \begin{array}{l} \left\{ \begin{array}{l} x_{i_1} = 1, \\ x_{i_1-1} \leq x_{(i_1-1)\text{дон}_k}, \end{array} \right. \\ \left\{ \begin{array}{l} x_{i_1} = 0, \\ x_{i_1-1} \geq x_{(i_1-1)\text{дон}_k}, \end{array} \right. \\ \left\{ \begin{array}{l} x_{i_2} \rightarrow m, \quad m \geq l, \\ x_{i_2-1} \leq x_{(i_2-1)\text{дон}_k}, \end{array} \right. \\ \left\{ \begin{array}{l} x_{i_2} \rightarrow m, \quad m \geq l, \\ x_{i_2-1} \geq x_{(i_2-1)\text{дон}_k}, \end{array} \right. \end{array} \quad (1)$$

де i – i -тий блок діагностування системи керування електричного привода (СКЕП); x_{i_1} – параметр i -того блока, який вийшов за межі граничного поля допуску; x_{i_2} – параметр i -того блока, який вийшов за межі основного поля допуску; x_{i_1-1} – значення параметра $i-1$ блока по відношенню до граничного поля допуску; $x_{(i_1-1)\text{дон}_k}$ – верхнє допустиме значення параметра $i-1$ блока по відношенню до граничного поля допуску; $x_{(i_1-1)\text{дон}_n}$ – нижнє допустиме значення параметра $i-1$ блока по відношенню до граничного поля допуску; $x_{(i_2-1)\text{дон}_k}$ – верхнє допустиме значення параметра $i-1$ блока по відношенню до основного поля допуску; $x_{(i_2-1)\text{дон}_n}$ – нижнє допустиме значення параметра $i-1$ блока по відношенню до основного поля допуску; k – сигнал з виходу сенсора комутації, що свідчить про положення комутаційного апарата, яким подається напрута живлення; v – сигнал з виходу сенсора живлення; m – кількість перевищень параметром меж основного поля допуску протягом часу, який відведено на діагностування одного каналу СКЕП; l – граничне значення, яке визначає необхідну кількість перевищень параметром меж основного поля допуску (для виявлення несправності) протягом часу, що відведений на діагностування одного каналу СКЕП; n – кількість контрольованих блоків СКЕП.

В якості об'єкта такого класу можна розглядати систему керування електричним приводом. Дана модель базується на порівнянні вимірюваних в процесі експлуатації обладнання характеристичних сигналів з основним та граничним полями допуску, за результатом якого і формується висновок про фактичний стан об'єкта контролю. Крім того, ця математична модель забезпечує здійснення перевірки на можливість виникнення короткотривалих збоїв в роботі об'єкта контролю, а також пошкоджень типу “константа нуля” та “константа одиниці”, які є ознаками появи на виході i -того блока об'єкта діагностування відповідно максимально можливого усталеного сигналу та мінімально можливого усталеного сигналу або взагалі його відсутність як такого [3].

Мета роботи. Синтез на базі розробленої математичної моделі структури системи діагностичного контролю складних об'єктів

Матеріал та результати досліджень. Взятши за основу розроблену математичну модель та використовуючи математичний апарат секвенцій [4] синтезуємо структурну схему системи для діагностичного контролю складних об'єктів. Оскільки математичний апарат секвенцій дозволяє робити моделі тільки дискретних частин структурних схем, то як приклад покажемо процедуру синтезу лише одного каналу діагностичного контролю.

Введемо позначення ШВ (ШН) - контрольований параметр перевищив верхню (нижню) межу граничного поля допуску, ВВ (ВН) - контрольований параметр перевищив верхню (нижню) межу основного поля допуску, СК - сенсор комутації, який спрацьовує при пуску електричного привода, СЖ - сенсор живлення, який перевіряє живлення елементів системи керування. Символи ШВ, ШН, ВВ, ВН, СК, СЖ свідчать, про наявність нульового рівня сигналу на виходах відповідних блоків, тобто про невиконання зазначеної умови.

Очевидно, що робота пристрою повинна синхронізуватись по тактах за допомогою генератора імпульсів, який реалізуємо на тригері T_1 , причому ϕ_1 - тривалість імпульсу генератора, а ϕ_2 - тривалість паузи генератора ($\phi_1 < \phi_2$).

Для врахування можливих збоїв в роботі пристрою введемо для запам'ятовування кількості хибних спрацювань тригери T_2 і T_3 . Тригером T_4 будемо враховувати появу та фіксацію несправності в СКЕП, а тригерами T_5 - T_8 будемо враховувати цикл роботи пристрою при перевірці одного блока СКЕП.

Логічна змінна виходу $q_1=1$ означає наявність несправності типу const 1. В іншому випадку $q_2=0$ означає наявність несправності типу const 0.

З врахуванням наведених міркувань граф функціонування системи діагностичного контролю систем керування має вигляд, наведений на рис 1.

Аналітично функціонування системи діагностичного контролю згідно графа (рис 1), може бути описано наступною системою секвенцій, де $S_{i,j}, i=0,35$ - стани системи

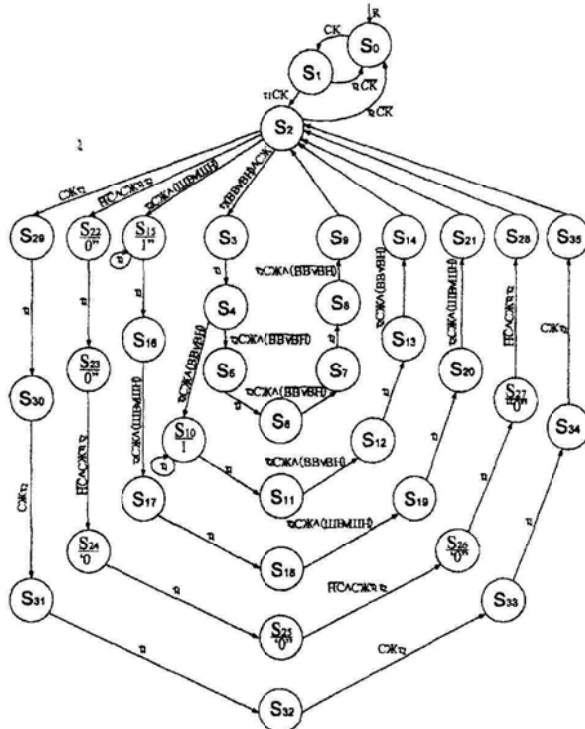


Рис 1 Граф функціонування системи діагностичного контролю СКЕП

$R \vdash S_0,$	$\tau_2 \overline{СЖ} \wedge (ВВ \vee ВН) S_{11} \vdash S_{12},$	$\overline{HC} \wedge СЖ \tau_1 \tau_2 S_{23} \vdash S_{24},$
$СК S_0 \vdash S_1,$	$\tau_1 S_{12} \vdash S_{13},$	$\tau_1 S_{24} \vdash S_{25},$
$\tau_1 \overline{СК} S_1 \vdash S_0,$	$\tau_2 \overline{СЖ} \wedge (ВВ \vee ВН) S_{13} \vdash S_{14},$	$\overline{HC} \wedge СЖ \tau_1 \tau_2 S_{25} \vdash S_{26},$
$\tau_1 СК S_1 \vdash S_2,$	$\tau_2 \overline{СЖ} \wedge (ШВ \vee ШН) S_2 \vdash S_{15},$	$\tau_1 S_{26} \vdash S_{27},$
$\tau_2 (ВВ \vee ВН) \wedge СЖ S_2 \vdash S_3,$	$S_{15} \vdash q_1,$	$\overline{HC} \wedge СЖ \tau_1 \tau_2 S_{27} \vdash S_{28},$
$\tau_1 S_3 \vdash S_4,$	$\tau_1 S_{15} \vdash S_{13},$	$СЖ \tau_2 S_2 \vdash S_{29},$
$\tau_2 \overline{СЖ} \wedge (ВВ \vee ВН) S_4 \vdash S_5,$	$\tau_1 S_{15} \vdash S_{16},$	$\tau_1 S_{29} \vdash S_{30},$
$\tau_1 S_5 \vdash S_6,$	$\tau_2 \overline{СЖ} \wedge (ШВ \vee ШН) S_{16} \vdash S_{17},$	$СЖ \tau_2 S_{30} \vdash S_{31},$
$\tau_2 \overline{СЖ} \wedge (ВВ \vee ВН) S_6 \vdash S_7,$	$\tau_1 S_{17} \vdash S_{18},$	$\tau_1 S_{31} \vdash S_{32},$
$\tau_1 S_7 \vdash S_8,$	$\tau_2 \overline{СЖ} \wedge (ШВ \vee ШН) S_{18} \vdash S_{19},$	$СЖ \tau_2 S_{32} \vdash S_{33},$
$\tau_2 \overline{СЖ} \wedge (ВВ \vee ВН) S_8 \vdash S_9,$	$\tau_1 S_{19} \vdash S_{20},$	$\tau_1 S_{33} \vdash S_{34},$
$\tau_2 \overline{СЖ} \wedge (ВВ \vee ВН) S_4 \vdash S_{10},$	$\tau_2 \overline{СЖ} \wedge (ШВ \vee ШН) S_{20} \vdash S_{21},$	$СЖ \tau_2 S_{34} \vdash S_{35},$
$S_{10} \vdash q_1,$	$\overline{HC} \wedge СЖ \tau_1 \tau_2 S_2 \vdash S_{23},$	$q_1 \vdash «1», q_2 \vdash «0»$
$\tau_1 S_{10} \vdash S_{15},$	$S_{22} \vee S_{23} \vee S_{24} \vee S_{25} \vee S_{26} \vee S_{27} \vdash q_2,$	
$\tau_1 S_{10} \vdash S_{10},$	$\tau_1 S_{22} \vdash S_{23},$	

При цьому

$$\begin{aligned}
 S_0 &\in \overline{T_1} \overline{T_2} \overline{T_3} \overline{T_4} \overline{T_5} \overline{T_6} \overline{T_7} \overline{T_8}; & S_{12} &\in T_1 T_2 T_3 \overline{T_4} T_5 T_6 T_7 \overline{T_8}; & S_{24} &\in T_1 \overline{T_2} \overline{T_3} \overline{T_4} T_5 T_6 \overline{T_7} \overline{T_8}; \\
 S_1 &\in T_1 \overline{T_2} \overline{T_3} \overline{T_4} \overline{T_5} \overline{T_6} \overline{T_7} \overline{T_8}; & S_{13} &\in \overline{T_1} T_2 T_3 \overline{T_4} T_5 T_6 T_7 \overline{T_8}; & S_{25} &\in \overline{T_1} \overline{T_2} \overline{T_3} \overline{T_4} T_5 T_6 \overline{T_7} \overline{T_8}; \\
 S_2 &\in \overline{T_1} \overline{T_2} \overline{T_3} \overline{T_4} \overline{T_5} \overline{T_6} \overline{T_7} \overline{T_8}; & S_{14} &\in T_1 T_2 T_3 \overline{T_4} T_5 T_6 T_7 T_8; & S_{26} &\in T_1 \overline{T_2} \overline{T_3} \overline{T_4} T_5 T_6 T_7 \overline{T_8}; \\
 S_3 &\in T_1 T_2 \overline{T_3} \overline{T_4} T_5 \overline{T_6} \overline{T_7} \overline{T_8}; & S_{15} &\in T_1 \overline{T_2} \overline{T_3} T_4 T_5 \overline{T_6} \overline{T_7} \overline{T_8}; & S_{27} &\in \overline{T_1} \overline{T_2} \overline{T_3} \overline{T_4} T_5 T_6 T_7 \overline{T_8}; \\
 S_4 &\in \overline{T_1} T_2 \overline{T_3} \overline{T_4} T_5 \overline{T_6} \overline{T_7} \overline{T_8}; & S_{16} &\in \overline{T_1} \overline{T_2} \overline{T_3} \overline{T_4} T_5 \overline{T_6} \overline{T_7} \overline{T_8}; & S_{28} &\in T_1 \overline{T_2} \overline{T_3} \overline{T_4} T_5 T_6 T_7 T_8; \\
 S_5 &\in T_1 T_2 \overline{T_3} \overline{T_4} T_5 T_6 \overline{T_7} \overline{T_8}; & S_{17} &\in T_1 \overline{T_2} \overline{T_3} \overline{T_4} T_5 T_6 \overline{T_7} \overline{T_8}; & S_{29} &\in T_1 \overline{T_2} \overline{T_3} \overline{T_4} T_5 \overline{T_6} \overline{T_7} \overline{T_8}; \\
 S_6 &\in \overline{T_1} T_2 \overline{T_3} \overline{T_4} T_5 T_6 \overline{T_7} \overline{T_8}; & S_{18} &\in \overline{T_1} \overline{T_2} \overline{T_3} \overline{T_4} T_5 T_6 \overline{T_7} \overline{T_8}; & S_{30} &\in \overline{T_1} \overline{T_2} \overline{T_3} \overline{T_4} T_5 \overline{T_6} \overline{T_7} \overline{T_8}; \\
 S_7 &\in T_1 T_2 \overline{T_3} \overline{T_4} T_5 T_6 T_7 \overline{T_8}; & S_{19} &\in T_1 \overline{T_2} \overline{T_3} \overline{T_4} T_5 T_6 T_7 \overline{T_8}; & S_{31} &\in T_1 \overline{T_2} \overline{T_3} \overline{T_4} T_5 T_6 \overline{T_7} \overline{T_8}; \\
 S_8 &\in \overline{T_1} T_2 \overline{T_3} \overline{T_4} T_5 T_6 T_7 \overline{T_8}; & S_{20} &\in \overline{T_1} \overline{T_2} \overline{T_3} \overline{T_4} T_5 T_6 T_7 \overline{T_8}; & S_{32} &\in \overline{T_1} \overline{T_2} \overline{T_3} \overline{T_4} T_5 T_6 \overline{T_7} \overline{T_8}; \\
 S_9 &\in T_1 T_2 \overline{T_3} \overline{T_4} T_5 T_6 T_7 T_8; & S_{21} &\in T_1 \overline{T_2} \overline{T_3} \overline{T_4} T_5 T_6 T_7 T_8; & S_{33} &\in T_1 \overline{T_2} \overline{T_3} \overline{T_4} T_5 T_6 T_7 \overline{T_8}; \\
 S_{10} &\in T_1 T_2 T_3 T_4 T_5 T_6 \overline{T_7} \overline{T_8}; & S_{22} &\in T_1 \overline{T_2} \overline{T_3} \overline{T_4} T_5 \overline{T_6} \overline{T_7} \overline{T_8}; & S_{34} &\in \overline{T_1} \overline{T_2} \overline{T_3} \overline{T_4} T_5 T_6 T_7 \overline{T_8}; \\
 S_{11} &\in \overline{T_1} T_2 T_3 \overline{T_4} T_5 T_6 \overline{T_7} \overline{T_8}; & S_{23} &\in \overline{T_1} \overline{T_2} \overline{T_3} \overline{T_4} T_5 \overline{T_6} \overline{T_7} \overline{T_8}; & S_{35} &\in T_1 \overline{T_2} \overline{T_3} \overline{T_4} T_5 T_6 T_7 T_8.
 \end{aligned}
 \tag{3}$$

Застосувавши правила мінімізації секвенцій [4], отримуємо систему

$$\begin{aligned}
 &CK \tau_2 \overline{T_1} \vdash T_1, & & T_8 \vdash \overline{T_5}, \\
 &\tau_1 T_1 \vdash \overline{T_1}, & & (T_5 \tau_1) (\overline{T_4} C J T_1) \vdash T_6, \\
 &(B \overline{B} \vee B H) \overline{T_4} C J T_1 \vdash T_2, & & T_8 \vdash \overline{T_6}, \\
 &T_8 \vdash \overline{T_2}, & & (T_6 \tau_1) (\overline{T_4} C J T_1) \vdash T_7, \\
 &\{\overline{T_4} C J T_1\} [T_2 \tau_1 (B \overline{B} \vee B H)] \vdash T_3, & & T_8 \vdash \overline{T_7}, \\
 &T_8 \vdash \overline{T_3}, & & (T_7 \tau_1) (\overline{T_4} C J T_1) \vdash T_8, \\
 &[\overline{T_4} 3 \tau_1] [(S H \overline{B} \vee S H N) \vee T_3 \vee (\overline{T_8} \vee H C \tau_1)] \vdash T_4, & & T_8 \vdash \overline{T_8}, \\
 &T_4 \tau_1 \vdash \overline{T_4}, & & T_4 \vdash q_1, \\
 &\overline{T_4} C J T_1 \vdash T_5, & & \overline{T_8} \vee H C \tau_1 \vdash q_2.
 \end{aligned}
 \tag{4}$$

На основі отриманої системи секвенцій (4) синтезуємо структурну схему системи для діагностичного контролю СКЕП. Синтезована схема наведена на рис 2

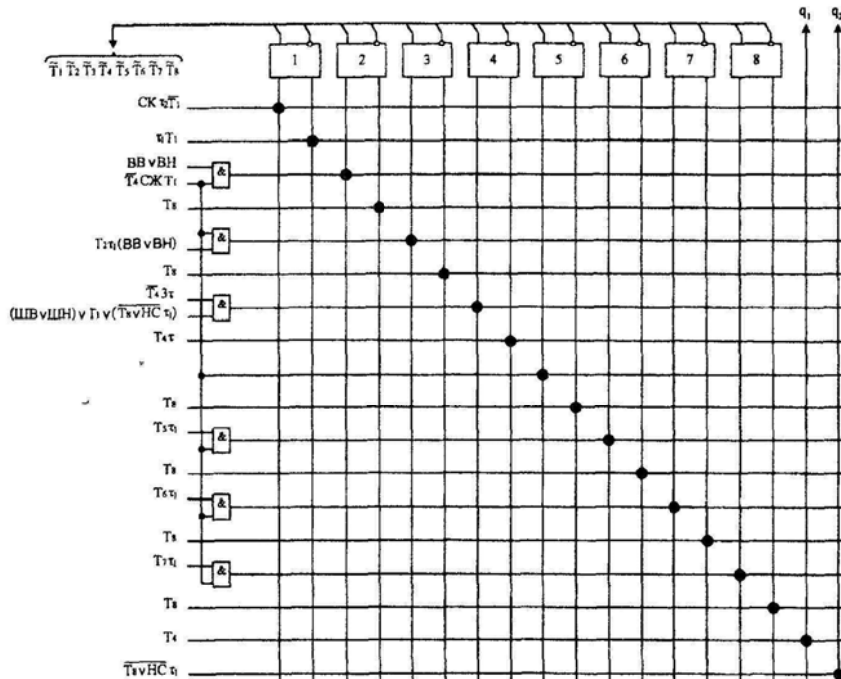


Рис.2. Функціональна схема одного каналу пристрою діагностування СКЕП, побудована за секвенціальними виразами

Перетворимо структурну схему (рис 2) до виду, зручного для реалізації, та з використанням існуючої елементної бази [5,6] Введемо також сенсори параметрів та перетворювачі сигналів по числу

каналів; мультиплексор; чотири компаратори для формування границь полів допуску; лічильник імпульсів для вибору каналу діагностування; регістр для запам'ятовування номера каналу діагностування, в якому виявлено дефектний сигнал; блок індикації. В результаті отримуємо схему, що зображена на рис.3.

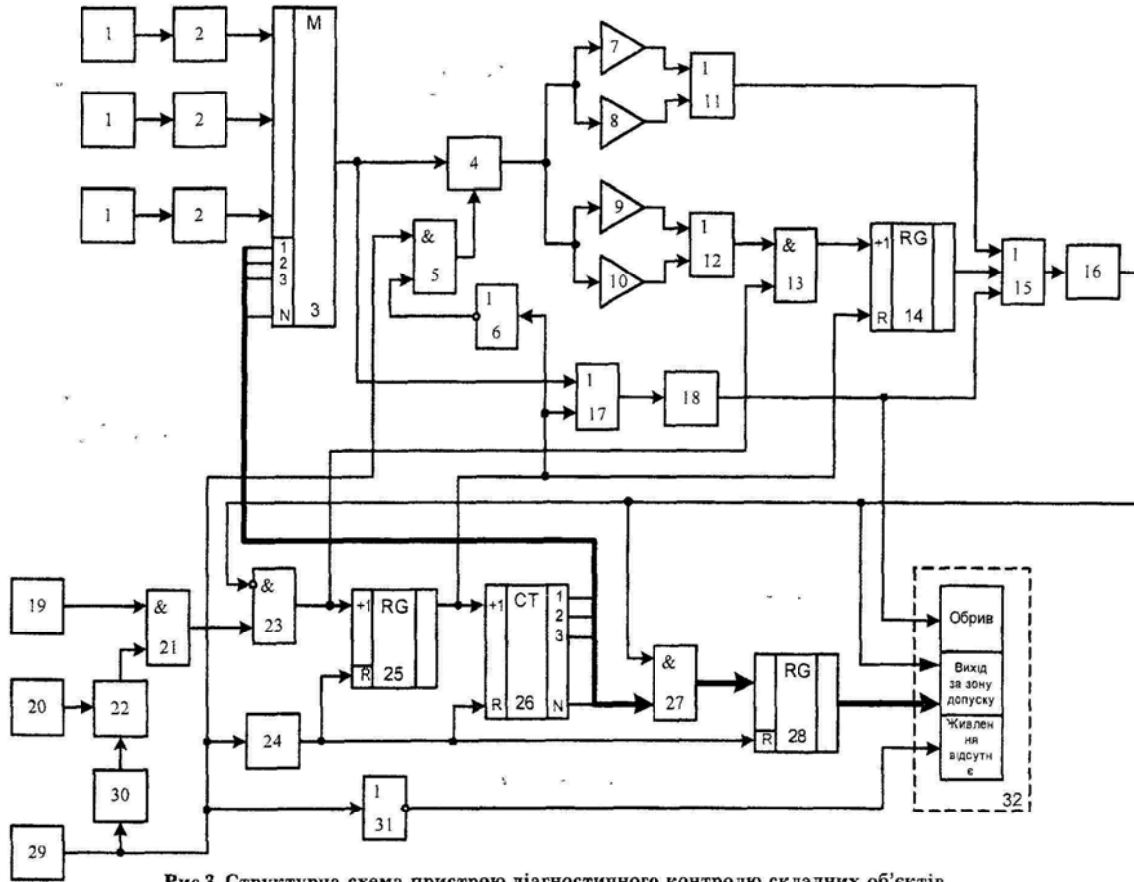


Рис.3. Структурна схема пристрою діагностичного контролю складних об'єктів

На схемі: 1 - сенсори параметрів; 2 - перетворювачі сигналів; 3 - мультиплексор; 4 -перший електронний ключ; 5 - перший елемент І; 6 - перший елемент НІ; 7, 8, 9, 10 - перший, другий, третій та четвертий компаратори; 11, 12 - перший та другий елементи АБО; 13 - другий елемент І; 14 - перший лічильний регістр; 15 - третій елемент АБО; 16 - перший одновібратор; 17 - четвертий елемент АБО; 18 - формувач сигналу; 19 - генератор імпульсів; 20 - сенсор комутації; 21 -третій елемент І; 22 - другий електронний ключ; 23 -елемент ЗАБОРОНА; 24- другий одновібратор; 25 - другий лічильний регістр; 26 - лічильник імпульсів; 27 - група елементів І; 28- регістр; 29 - сенсор напруги живлення; 30 - блок затримки сигналу; 31 - другий елемент НІ; 32 - блок індикації.

Запропонований пристрій працює так. В момент подачі напруги живлення спрацьовує сенсор комутації 20, яким контролюється ввімкнення привода в мережу, та сенсор напруги живлення 29, що формує на своєму виході сигнал логічної одиниці, який поступає на вхід другого одновібратора 24, який формує на своєму виході короткий імпульс для обнулення другого лічильного регістра 25, лічильника імпульсів 26 та регістра 28. Для врахування проміжку часу необхідного для виходу об'єкта діагностування на номінальний режим роботи передбачено блок затримки сигналу 30. Робота пристрою розподілена по тактах, що виробляються розподільвачем тактів реалізованого на базі генератора імпульсів 19, другого лічильного регістра 25 та другого лічильника імпульсів 26, який перебирає адреси всіх можливих сенсорів параметрів 1.

Пристрій одночасно забезпечує діагностування параметрів об'єкта по відношенню до основного (реалізовано на основі компараторів 7 та 8) і граничного (реалізовано на основі компараторів 9 та 10) поля допуску з врахуванням можливості виникнення короткотривалих збоїв (реалізовано на основі другого елемента І 13 та першого лічильного регістра 14), перевіряє наявність живлення елементів об'єкта контролю та обривів в каналах вимірювання.

У випадку перевищення контрольованою величиною меж граничного поля допуску контрольований параметр одразу вважається таким, що не відповідає нормі, а при перевищенні меж основного поля допуску спочатку відбувається перевірка на збій і лише після цього робиться висновок про відповідність нормі.

При виникненні обриву в колах об'єкта діагностування або вимірвальних каналах на вхід формувача сигналу 18 з'являється нульовий рівень напруги. При цьому на його виході формується сигнал логічної одиниці, який подається на перший вхід блока індикації 32, інформуючи про наявність обриву, та через

третій елемент АБО 15 на вхід першого одновібратора 16, завдяки спрацюванню якого на екрані блоку індикації 32 формується код, що відповідає номеру елемента в каналі якого виник обрив.

Якщо обрив виник в колах живлення елементів об'єкта діагностування, то сенсор напруги живлення 29 формує на своєму виході сигнал логічного нуля, який через перший елемент І 5 спричиняє закривання першого електронного ключа 4, а через другий елемент НІ 31 забезпечується спрацювання відповідної світлової індикації на індикаторі 32. На виході блока затримки сигналу 30 сигнал логічного нуля з'являється не одразу, а через час, необхідний для перевірки усіх вимірвальних каналів на наявність напруги нульового рівня. Як тільки формувач сигналу 18 фіксує на своєму вході рівень нульової напруги, то на його виході формується сигнал логічної одиниці, який потрапляє на перший вхід блока індикації 32, інформуючи про наявність обриву, а також, завдяки спрацюванню першого одновібратора 16, на екрані блоку індикації 32 формується код, що відповідає номеру елемента в каналі живлення якого виник обрив.

При нормальному вимкненні живлення об'єкта діагностування спрацьовує сенсор комутації 20, який спричиняє розмикання другого електронного ключа 22, за рахунок чого припиняється перевірка об'єкта діагностування. Відключення живлення сповіщається відповідною світловою індикацією.

Висновки

1. Синтезована модель структури системи діагностичного контролю систем керування в процесі їх експлуатації на базі математичного апарату секвенцій.

2. Відповідно до синтезованої моделі реалізована структура пристрою діагностичного контролю систем керування з використанням промислової елементної бази.

Література

1. Анализ методов диагностики асинхронных короткозамкнутых двигателей/Здор И.Е., Мосьпан В.А., Родькин Д.И. // Научные труды Кременчугского государственного политехнического университета "Проблемы создания новых машин и технологий". -1998. - Вып. 2. - С. 99-101.

2. Задачи диагностики параметров асинхронных двигателей при испытаниях и в системах промышленного привода/Родькин Д.И., Черный А.П., Здор И.Е. // Научные труды Кременчугского государственного политехнического университета "Проблемы создания новых машин и технологий". -1999. - Вып. 1. - С. 76-78.

3. Математична модель діагностичного контролю діючих систем керування електричним приводом /В.В. Грабко, С.М. Бабій // Вісник КДПУ. - 2006. - №4, частина 1. -С. 139-140.

4. Захаров В.Н. Автоматы с распределенной памятью.- М.: Энергия, 1975. - 136 с.

5. Цифровые и аналоговые интегральные микросхемы: Справочник/ С.В. Якубовский, Л.И. Ниссельсон, В.И. Кулешова и др.; Под ред. С.В. Якубовского. - М.: Радио и связь, 1990. -496 с.

6. Щербаков В.И., Грездов Т.И. Электронные схемы на операционных усилителях: Справочник.- К.: Техника, 1983. - 213 с.

Надійшла до редакції

15.03.2007 року.

УДК 621.313: 621.384.3

Грабко В. В.

Вінницький національний технічний університет

МІКРОПРОЦЕСОРНИЙ ТЕПЛОВІЗІЙНИЙ ПРИСТРІЙ КОРТРОЛЮ ТЕПЛОВИХ ПОЛІВ ЕЛЕКТРИЧНИХ МАШИН В ПРОЦЕСІ ЇХ РОБОТИ

Вступ. В теперішній час в різних галузях технічної діяльності для пошуку дефектів застосовують безконтактні методи контролю теплового стану об'єктів [1-3]. Така ж тенденція має місце і в електроенергетичній галузі, де застосування методів безконтактного контролю особливо актуальне для виявлення дефектів на працюючому обладнанні [4, 5].

Для контролю теплових полів з метою діагностування електрообладнання широко застосовуються тепловізори [6], які дозволяють дистанційно сканувати поверхню контролю і визначати температуру в кожній її точці. Але такі пристрої не дозволяють здійснювати сканування теплових полів рухомих частин електрообладнання, наприклад, роторів електричних машин в процесі їх роботи. Якщо звичайним тепловізором отримати тепловий портрет такого об'єкта контролю, то на екрані тепловізора буде виводитись зображення, на якому температури різних ділянок накладаються одна на одну.

Відомі технічні рішення, наприклад [7-9], які дозволяють в певній мірі визначати теплові поля електричних машин та інших об'єктів, що обертаються, але їх притаманні ряд недолків, зокрема недосконалість технічних рішень, необхідність додаткового контактування з об'єктом контролю тощо.

Метою роботи є розробка математичної моделі та мікропроцесорного пристрою для вимірювання теплових полів електричних машин в процесі їх роботи.

Матеріал та результати досліджень. Очевидно, що для об'єктів, які обертаються в процесі роботи, необхідно застосовувати спеціальні технічні засоби теплового контролю. Зауважимо, що об'єкт контролю під час роботи обертається в основному навколо своєї геометричної вісі, а отже