

Подготовка кадров

Синтез систем
управления

Наблюдатели
состояния

Идентификация
объектов

Частотно-токовое
управление

Позиционные и
итерационные
системы

Электромехани-
ческие системы
с отрицательным
вязким трением

Системы
промышленного
электропривода

Тяговый
электропривод

Энергосберегающие
системы

Силовые
преобразователи

Диагностика
элементов и узлов

Диагностирование
в системах
управления

Фаззи-логика,
нейронные сети
и генетические
алгоритмы

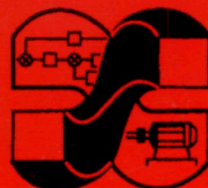
Вестник Национального Технического Университета "ХПИ" . Тематический выпуск 45"2005

ПРОБЛЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА

ПРОБЛЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДУ
Теорія і практика

PROBLEMS OF AUTOMATED ELECTRODRIVES
Theory and practice

DIE PROBLEME DES AUTOMATISIERTEN
ELECTROANTRIEBES
Die theorie und die praxis



НТУ "ХПИ"

Министерство образования и науки Украины

ВЕСТНИК

**Национального технического университета
«Харьковский политехнический институт»**

Серия «Электротехника, электроника и электропривод»

Выпуск 45

Основан в 1961 г.

ПРОБЛЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА

К юбилею 75-летия кафедры
«Автоматизированные электромеханические системы»
НТУ «ХПИ»

Харьков 2005

УДК 62-83-52-0313

Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». – Харків: НТУ «ХПІ», 2005, № 45. – 544 с.

У Віснику надані результати наукових досліджень і розробок, виконані викладачами, докторантами й аспірантами вищої школи, НАН України, науковими співробітниками науково-дослідних і проектно-конструкторських організацій, працівниками промислових підприємств, а також рекомендовані редколегією статті з проблем автоматизованого електроприводу та підготовки кадрів з напрямку „Електромеханіка”.

Викладено нові методи аналізу і синтезу електромеханічних систем, розробки сучасних промислових електроприводів, їхніх елементів та діагностики. Значна увага приділена питанням енергозбереження. Наведено результати робіт із застосуванням нейронних мереж та фаззи-логіки для удосконалення керування електромеханічними системами.

The Bulletin presents results of research and application developments accomplished by lecturers, doctors, and post-graduate students of higher education institutes as well as by specialists of National Academy of Sciences of Ukraine, research and design bureaux, and industrial enterprises. Also articles on problems of automated electric drive and electromechanical engineers training recommended by the Editorial Board are included.

The issue introduces new techniques of both analysis and synthesis of electromechanical systems, development and diagnostics of modern industrial electric drives and their components. Much attention is paid to problems of energy saving. Results of implementation of artificial neural networks and fuzzy logic into electromechanical systems control advancement are given.

Редакційна колегія: д.т.н. В.Б. Клепиков (головний редактор), д.т.н., академік НАН України Г.Г. Півняк, д.т.н., академік НАН України Б.С. Стогній, член-корр. НАН України А.В. Кириленко, член-корр. НАН України І.В. Волков, д.т.н. Л.В. Акімов, д.т.н. О.С. Бешта, д.т.н. Р.П. Герасим'як, д.т.н. О.І. Денисов, д.т.н. В.Т. Долбня, д.т.н. Г.Г. Жемеров, проф. В.І. Калашников, д.т.н. П.Х. Коцегуб, д.т.н. В.В. Кузьмін, д.т.н. Б.І. Кузнецов, д.т.н. О.Ю. Лозинський, д.т.н. Б.І. Мокин, проф. О.І. Мотченко, д.т.н. Є.Є. Олександров, к.т.н. О.В. Осічев (відповідальний секретар), д.т.н. М.Г. Попович, д.т.н. Д.Й. Родькін, д.т.н. В.Ю. Розов, д.т.н. О.М. Садовой, д.т.н. О.М. Синчук, д.т.н. В.П. Себко, д.т.н. В.І. Сенько, д.т.н. Є.І. Сокол, д.т.н. О.І.Толочко, д.т.н. Г.М. Федоренко, д.т.н. Е.М. Чехет, к.т.н. О.П. Чорний, к.т.н. В.М. Шамардина, д.т.н. М.М. Юрченко.

Адреса редакційної колегії: 61002, м. Харків, вул. Фрунзе, 21
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»,
тел. (057) 707-62-26, 707-69-74, 707-64-45

**Рекомендовано до друку Вченою радою
Національного технічного університету
«Харківський політехнічний інститут»
протокол № 7 від « 2 » липня 2005 р.**

Редколегія висловлює щире подяку спонсорам, які сприяли виданню цього вісника:

Національний технічний університет «ХПІ» (ректор Л.Л. ТОВАЖНЯНСЬКИЙ), Департамент засобів автоматизації та приводу «Siemens-Ukraine», м. Київ (директор ФАДЕЄВ В.А.); Завод «Електроважмаш», м. Харків (ген. директор О.А. КАЛАШНИКОВ); Національна гірнична академія України, м. Дніпропетровськ (ректор Г.Г. ПІВНЯК); Філія ІТЦ «Сіменс-Україна», м. Донецьк (директор В.І. КАЛАШНИКОВ); АТ «Важпромелектропроект» (директор М.Н. СКІДАН); НПО «Харківський електрошитовий завод» (ген. директор О.М. ЧЕРЕНОВ); АТ «Тяжпромавтоматика» (директор Н.А. КУБИШКІН); Інженерна фірма АО «ЕЛАКС», м. Харків (директор КОЛЬЧІК І.Й.); Донецьке відділення Української Асоціації інженерів-електриків (голова М.В. ГОРБАЧОВ); Вінницький державний технічний університет (ректор Б.І. МОКІН); НВО «Електровозобудування» (директор В.В. ЧУМАК); Національний технічний університет «Львівська політехніка» (директор інституту О.Ю. ЛОЗИНСЬКИЙ); НТЦ «Енергоресурсозбереження та електромеханіка» Кременчуцького державного політехнічного університету (директор Д.Й. РОДЬКІН); НВП «КОМПЕЛ», м. Харків (директор ПОЛІВАНОВ В.О.).

Комп'ютерна верстка О.А. Крохмальов

В $\frac{121-01}{2005}$ Замовлене

ISSN 0453-7998
ISSN 0234-5110

© Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», 2005

ДО ПИТАННЯ ТЕХНІЧНОЇ ДІАГНОСТИКИ ПРИСКОРЮВАЧА ТРАМВАЯ

Вихідні передумови та постановка задачі дослідження

Як вже зазначалося в роботі [1], прискорювач є однією з найбільш ненадійних систем трамвая. Тому проблема діагностування прискорювача є актуальною.

В цій же роботі [1] запропонована і математична модель оцінки технічного стану прискорювача, а в роботах [2, 3] – структура системи технічної діагностики, яка реалізує дану модель. Однак вони не враховують перевірку правильності відпрацювання електродвигуном управління прискорювачем кута переміщення ізольованого ролика, від положення якого і залежить послідовність комутації контактних пальців K_i ($i = \overline{1, 101}$) та блок-контактів $Z_{i,j}$ ($j = \overline{1, 12}$), що визначаються робочою діаграмою прискорювача.

Тому задачею дослідження є створення інформаційно-виміральної системи для діагностування прискорювача трамвая, яка б враховувала фактор, зазначений вище.

Розробка математичної моделі функціонування прискорювача

Позначимо через $\overline{K_i}$ – розімкнений i -ий контактний палець, через $Z_{i,j}$ – стан блок-контакту з номером i,j , що відповідає робочій діаграмі, а $\overline{Z_{i,j}}$ – несправний стан блок-контакту i,j .

У відповідності до напруги задання $U^{yД}$, що подається на електродвигун управління прискорювачем, його вал повертається на відповідний кут β , тобто $\beta = f(U^{yД})$. При цьому ізольований ролик повинен переміститися на відповідний кут α . Якщо прискорювач функціонує згідно із робочою діаграмою, то повинна виконуватися рівність $\alpha = \beta$. За таких умов математична модель оцінки технічного стану прискорювача [1] набуде вигляду:

$$\overline{y} = \begin{cases} K_i \wedge Z_{i,1} \wedge Z_{i,2} \wedge \dots \wedge Z_{i,12} \wedge \overline{K_1} \wedge \overline{K_2} \wedge \dots \wedge \overline{K_{i-1}} \wedge \overline{K_{i+1}} \wedge \dots \wedge \overline{K_{101}} \\ \quad \text{при } \alpha_i = (i-1) \cdot \Delta\alpha, \\ U_i^{yД} \leftrightarrow \beta_i \wedge \beta_i = \alpha_i; \end{cases}$$

$$y_{i,0} = \overline{K_i},$$

$$y_{i,j} = \overline{Z_{i,j}},$$

$$y_{i(m)} = K_{i(m)},$$

$$y_i = \begin{cases} U_i^{yД} \leftrightarrow \beta_i, \\ \beta_i \neq \alpha_i \end{cases} \quad \left. \vphantom{y_i} \right\} \text{при } \alpha_i = (i-1) \cdot \Delta\alpha, \quad (1)$$

де \overline{y} – вихідний сигнал, який характеризує відповідність контактних пальців K_i та блок-контактів $Z_{i,j}$ робочій діаграмі (прискорювач знаходиться у справному стані);

$y_{i,0}$ – вихідний сигнал, який відповідає несправному контактному пальцю K_i ;

$y_{i,j}$ – вихідний сигнал, який відповідає несправному блок-контакту $Z_{i,j}$;

$y_{i(m)}$ – вихідний сигнал, який відповідає несправному контактному пальцю K_m при замиканні контакту K_i ,

$m = \overline{1, 101}, m \neq i$;

$\Delta\alpha$ – різниця кутів між двома сусідніми положеннями ізольованого ролика.

Розробка структури системи технічної діагностики прискорювача

Виходячи із запропонованої моделі, перейдемо до алгоритму функціонування системи технічної діагностики прискорювача (рис. 1). Початок діагностування починається із визначення наявності задаючого сигналу $U_i^{yД}$ на двигуні управління.

При наявності сигналу $U_i^{yД}$ на першому етапі діагностування визначаються потенціали на блок-контактах U_i^Z (блок 4), контактних пальцях U_i^K (блок 5) та кут α_i повороту ізольованого ролика (блок 5). В блоках 7 та 8 відбувається перетворення вхідних сигналів U_i^K та $U_i^{yД}$ у відповідні кути φ_i та β_i . В блоках 9 та 11 відбувається порівняння кутів α_i , φ_i та β_i . Якщо $\alpha_i \neq \varphi_i \neq \beta_i$, то на індикатор 10 подається сигнал, що свідчить про неправильність замикання контактних пальців у відповідності з поворотом ізольованого ролика або ж неправильність відпрацювання задаючого сигналу електродвигуном управління.

На другому етапі діагностування потенціали, зняті з блок-контактів U_i^Z та з контактних пальців U_i^K , перетворюються у матрицю кодів про стан контактів (замкнений/розімкнений) у блоках 12 та 13 відповідно. Далі у

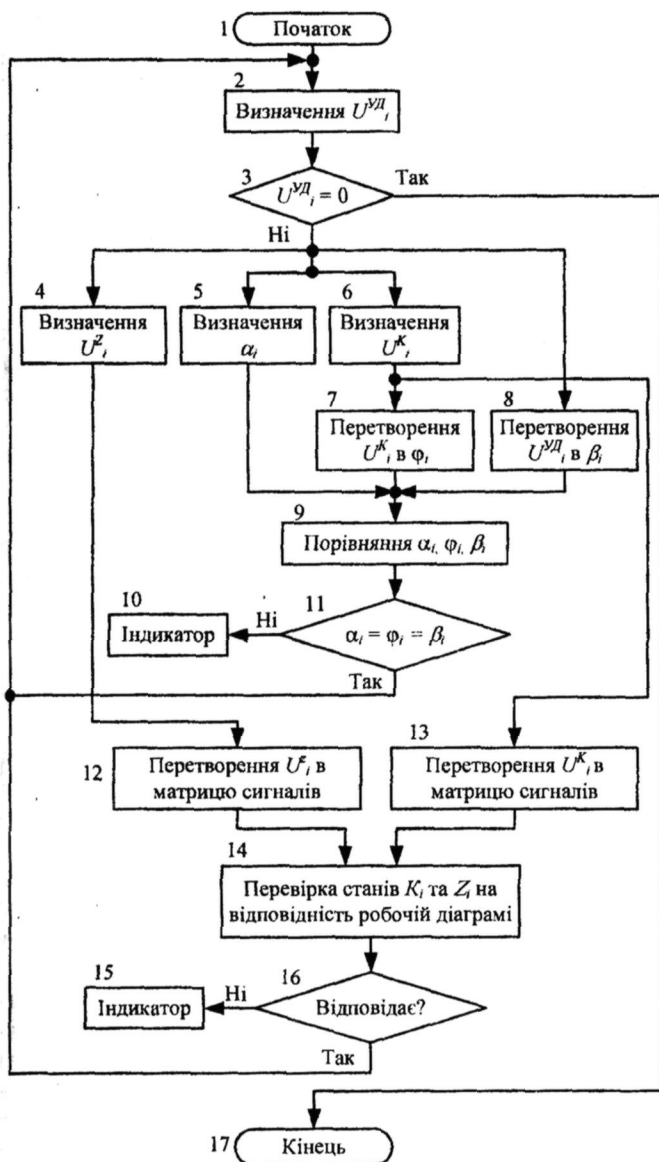


Рис. 1. Алгоритм функціонування системи технічної діагностики прискорювача

ролика і на виході нормуючого перетворювача НП 2 з'являється сигнал, який відповідає заданому куту повороту. Одночасно із попередньою операцією відбувається зчитування сигналу із сенсора рівня задаючої напруги електродвигуна управління переміщенням ізолюючого ролика 30 і на виході четвертого функціонального блоку ФБ4 31 формується сигнал, що відповідає заданому куту переміщення вала електродвигуна, а відповідно й ізолюючого ролика. В цей же момент часу 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 перший 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 першого функціонального блоку ФБ1 8 з'являється сигнал, який характеризує деякий кут φ , що відповідає замкненому контактному пальцю. При появі першого тактового сигналу з першого виходу дешифратора DC 24 відкриваються перший логічний елемент I 3, другий логічний елемент I 10 та четвертий логічний елемент I 32 і сигнал з виходу нормуючого перетворювача НП 2 (відповідає куту α), ЦАП 9 (відповідає куту φ) та четвертого функціонального перетворювача ФБ4 31 (відповідає куту β), проходячи перший, другий та четвертий логічні елементи I 3, 10 й 32 відповідно надходять на вхід компаратора 4. Якщо вхідні сигнали компаратора 4 однакові за рівнем аналогового сигналу (тобто сигнали, що відповідають кутам α , φ та β рівні), то на його виході формується сигнал логічного нуля і на перший індикатор In1 5 сигнал не подається. В іншому випадку перший індикатор In1 5 сигналізує про те, що необхідний контактний палець розімкнений, або замкнені два чи більше контактних пальці, або електродвигун неправильно відпрацьовує сигнал задання.

блоці 14 відбувається порівняння реальних станів блок-контактів та контактних пальців у відповідності до робочої діаграми прискорювача. Якщо результат позитивний, то відбувається наступний цикл діагностування. В іншому випадку сигнал подається на індикатор 15, що свідчить про відхилення роботи прискорювача від його робочої діаграми.

Якщо відсутній сигнал задання $U_i^{yд}$ на двигуні управління, що відповідає нерухомому стану вагона, то система закінчує процес діагностування.

Структура системи технічної діагностики прискорювача, синтезована на основі розробленої математичної моделі оцінки його технічного стану та запропонованого алгоритму функціонування цієї системи, подана на рис. 2.

На рис. 2: 1 – сенсор кута повороту ізолюючого ролика; 2 – нормуючий перетворювач; 3, 10, 21, 32 – відповідно перший, другий, третій і четвертий логічні елементи I; 4 – компаратор; 5, 19, 26 – відповідно перший, другий і третій індикатори; 6, 7 – відповідно перший і сто перший сенсори потенціалів на контактних пальцях; 8, 16, 29, 31 – відповідно перший, другий, третій і четвертий функціональні блоки; 9 – цифро-аналоговий перетворювач; 11 – комутатор; 12 – підсилювач сигналу; 13 – логічний елемент HI; 14 – мультиплексор; 15, 18, 25 – відповідно перший, другий і третій регістри; 17 – цифровий компаратор з інверсним виходом; 20, 22 – відповідно перший і другий генератори імпульсів; 23 – лічильник імпульсів; 24 – дешифратор; 27, 28 – відповідно перший і дванадцятий сенсори потенціалів на блок-контактах, 30 – сенсор рівня задаючої напруги електродвигуна управління переміщенням ізолюючого ролика.

Пристрій працює наступним чином.

При ввімкненні пристрою починає працювати перший генератор імпульсів G2 22, який за допомогою лічильника імпульсів СТ2 23 і дешифратора DC 24 формує тактові сигнали. Також зчитується сигнал з сенсора 1 кута повороту ізолюючого

