

В.В. ГРАБКО, В.В. ГРАБКО, А. А. БАРТЕЦЬКИЙ
Вінницький національний технічний університет

ПРИСТРІЙ ДЛЯ ДІАГНОСТУВАННЯ ГАЛЬМІВНОГО КОЛА ЧАСТОТНО-КЕРОВАНОГО АСИНХРОННОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДА

В роботі запропоновано пристрій для діагностування гальмівного кола частотно-керованого асинхронного електропривода на основі математичної моделі із застосуванням логіко-часових функцій. Запропонований пристрій легко реалізується на програмованих логічних інтегральних схемах будь-яких виробників, що суттєво розширює межі використання пристрою і дозволяє легко інтегруватися у загальну систему діагностування перетворювача частоти.

Ключові слова: діагностування, гальмівні кола, частотно-керований асинхронний електропривод, логіко-часові функції.

V. GRABKO, V. GRABKO, A.A BARTETSKYY
Vinnytsia National Technical University

THE DEVICE FOR DIAGNOSING BRAKING CIRCUIT OF FREQUENCY-CONTROLLED ASYNCHRONOUS ELECTRIC DRIVE

Abstract – The paper presents the device for diagnosing braking circuit of frequency-controlled asynchronous electric drive, which is based on the model considering logic-time functions usage. The suggested device is easy to realize using programmable logical integrated circuits any manufacturer, which substantially extends device usage boundaries and allows easy integrating into the frequency converter's diagnosing's common system.

Keywords: brake circles, frequency-controlled asynchronous electric drive, logical and timing functions.

Постановка проблеми

Відомо, що особлива роль електропривода проявилася в останні десятиліття, коли в повний зріст постала проблема енергозбереження. Це призвело до того, що поряд з традиційними галузями промисловості, де застосовувався регульований електропривод в силу вимог технологічного процесу (металорізальні верстати, робототехнічні комплекси, металургійне виробництво і т.п.), став впроваджуватися регульований електропривод в ті сфери виробництва, де застосовувався нерегульований асинхронний двигун з короткозамкненим ротором. Вітчизняний та зарубіжний досвід свідчить про високу ефективність частотно-керованого електропривода в системах водопостачання, тепlopостачання, вентиляції тощо. Наприклад, у водопостачанні за рахунок переходу на частотне керування економія електроенергії досягає 50% [1]. Також все більшої популярності застосування частотно-керований асинхронний електропривод набуває як у виробничих механізмах, що мають великий момент інерції і необхідність скиду накопиченої кінетичної енергії при гальмуванні, так і в механізмах, що мають короткі цикли гальмування.

В результаті застосування частотно-керованого асинхронного електропривода з гальмівним колом зі скидом енергії на гальмівний резистор та зростаючою тенденцією розширення їх застосування, є необхідність створення пристроїв діагностування гальмівного кола перетворювача частотно-керованого асинхронного електропривода. Адже передчасний вихід з ладу гальмівного кола такого електропривода може призвести до простою виробництва, що понесе збитки для підприємства, погіршення якості продукції, пошкодження технологічного обладнання, а також може нести загрозу життю та здоров'ю робочому персоналу або пасажиром, якщо мова йде про транспорт, де в якості приводного використовують електричний двигун.

Аналіз попередніх досліджень

В роботі [2] запропонована система неперервного контролю та діагностування технічного стану тягового асинхронного електропривода, що базується на порівнянні спектрального складу вхідного струму автономного інвертора тягового електропривода з базою даних його спектрів при наявності несправностей. Автори зазначають, що запропонована система неперервного контролю та діагностування технічного стану тягового асинхронного електропривода базується на порівнянні спектрального складу вхідного струму автономного інвертора тягового електропривода з базою даних його спектрів при несправностях, що дозволяє виявляти несправності обладнання тягового електропривода на ранніх стадіях розвитку дефектів. Але її ефективність знижується при виникненні несправностей, інформації про які немає в базі. Запропонований спосіб діагностики технічного стану електропривода з оцінки динаміки його параметрів [3] полягає у вимірюванні струму, напруги, швидкості і керуючого завдання електропривода з певним інтервалом часу, перетворенні параметрів в цифрову форму і передачі в персональний комп'ютер для обробки. Програмно реалізована і навчена на конкретному електроприводі перед його експлуатацією рекурентна нейронна мережа відтворює динаміку параметрів електропривода, після чого проводиться порівняння результату динаміки нейромережевої моделі з реальною динамікою електропривода. В несправному електроприводі виникає відхилення динаміки його параметрів від моделі і розраховується функція неузгодженості динаміки, за характером функції якої проводиться оцінка технічного стану і прогноз ресурсу електропривода. Але такий підхід не враховує можливість попередження наближення

електропривода чи його окремих складових до аварійного стану, що робить його непридатним для діагностування гальмівного кола частотного електропривода. Відомий пристрій для пошуку несправностей [4], призначений для контролю робоздатності складних електромеханічних об'єктів, до яких можна віднести частотно-керовані асинхронні електроприводи. Враховуючи обмеженість використання даного пристрою, він не є придатним для діагностування гальмівного кола частотно-керованого асинхронного електропривода.

Мета роботи

Метою роботи є підвищення надійності роботи частотно-керованого асинхронного електропривода шляхом створення пристрою діагностування його гальмівного кола на основі математичної моделі обробки сигналів із застосуванням логіко-часових функцій.

Матеріали досліджень

В роботі [5] запропонована математична модель системи діагностування гальмівного кола перетворювача частотно-керованого асинхронного електропривода із застосуванням логіко-часових функцій (ЛЧФ) та описано принцип, за яким формується таблиця зразкових станів гальмівного кола частотно-керованого асинхронного електропривода (таблиця 1). В таблиці станів гальмівного кола перетворювачів частотно-керованого асинхронного електропривода число «1» відповідає попаданню параметра в зону допуску; «0» – виходу за межі зони допуску відповідної діагностичної ознаки.

Таблиця 1

Стани гальмівного кола перетворювача частотно-керованого асинхронного електропривода

Стани	Діагностичні ознаки гальмівного кола				
	ΔU_C	U_{vs0}	I_g	T_r°	T_{vs0}°
Q_0	1	1	1	1	1
Q_1	1	0	1	1	0
Q_2	0	1	0	1	1
Q_3	0	0	1	1	0
Q_4	0	0	0	1	1

У таблиці 1:

Q_0 – справний стан; Q_1 – справний стан, з перегрівом силового модуля; Q_2 – несправний гальмівний резистор; Q_3 – критичний стан; Q_4 – несправний стан. ΔU_C – перенапруга на конденсаторі фільтра; U_{vs0} – напруга на IGBT модулі; I_g – струм через гальмівний резистор; T_r° – температура гальмівного резистора; T_{vs0}° – температура IGBT модуля.

У відповідності до таблиці 1 формуються зразкові ЛЧФ і в результаті почергового додавання за модулем два двох ЛЧФ (1) зі сформованих та вимірених сигналів, що являються діагностичними ознаками поточного стану гальмівного кола, отримуємо результуючі ЛЧФ, з яких за діагностичний висновок приймається ЛЧФ, яка має найменший відрізок існування.

В загальному випадку операція додавання за модулем два двох ЛЧФ $f_1(t, t_1, T_1)$ та $f_2(t, t_2, T_2)$ описується виразом (1) [6]

$$f_1(t, t_1, T_1) \oplus f_2(t, t_2, T_2) = \begin{cases} t - t_m, & \text{якщо } t_m < t \leq t_j, \\ t - (t_m + T_m), & \text{якщо } (t_m + T_m) < t \leq (t_j + T_j), \\ 0, & \text{якщо } (t \leq t_m) \wedge (t_i < t \leq (t_m + T_m)) \wedge (t > (t_j + T_j)), \end{cases} \quad (1)$$

де $t_m = \min\{t_1, t_2\}$,

T_m – відповідна часовій координаті t_m тривалість відрізка існування, $t_j = \max\{t_1, t_2\}$,

T_j – відповідна часовій координаті t_j тривалість відрізка існування.

Для прикладу, графічна ілюстрація додавання за модулем два двох ЛЧФ $f_1(t, t_1, t_2, A_i, T_1, T_2)$ та $f_2(t, t_1, t_2, A_i, T_1, T_2)$, представлена на рис. 1, а аналітичний розв'язок описується виразом (2).

$$f_1(t, t_1, t_2, A_i, T_1, T_2) \oplus f_2(t, t_1, t_2, A_i, T_1, T_2) = \begin{cases} t - (t_1 + T_1), & \text{якщо } (t_1 + T_1) < t \leq (t_2 + 2A_i), \\ 0, & \text{якщо } (t < (t_1 + T_1)) \wedge (t > (t_2 + 2A_i)). \end{cases} \quad (2)$$

На основі математичної моделі діагностування гальмівного кола частотно-керованого асинхронного електропривода розроблено пристрій для діагностування гальмівного кола частотно-керованого асинхронного електропривода (рис. 2).

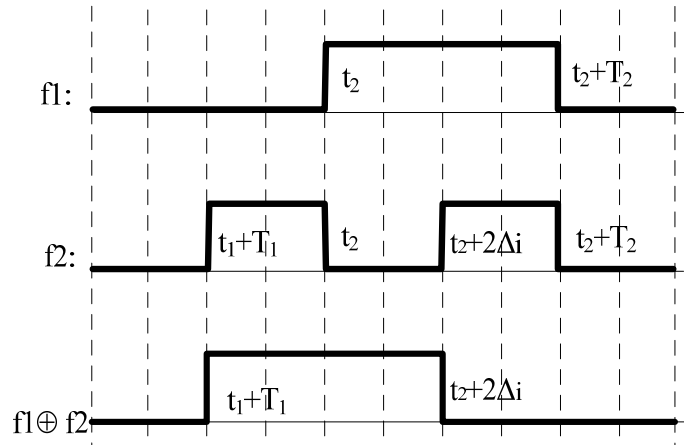


Рис. 1. Графічна ілюстрація операції виключної диз'юнкції двох ЛЧФ

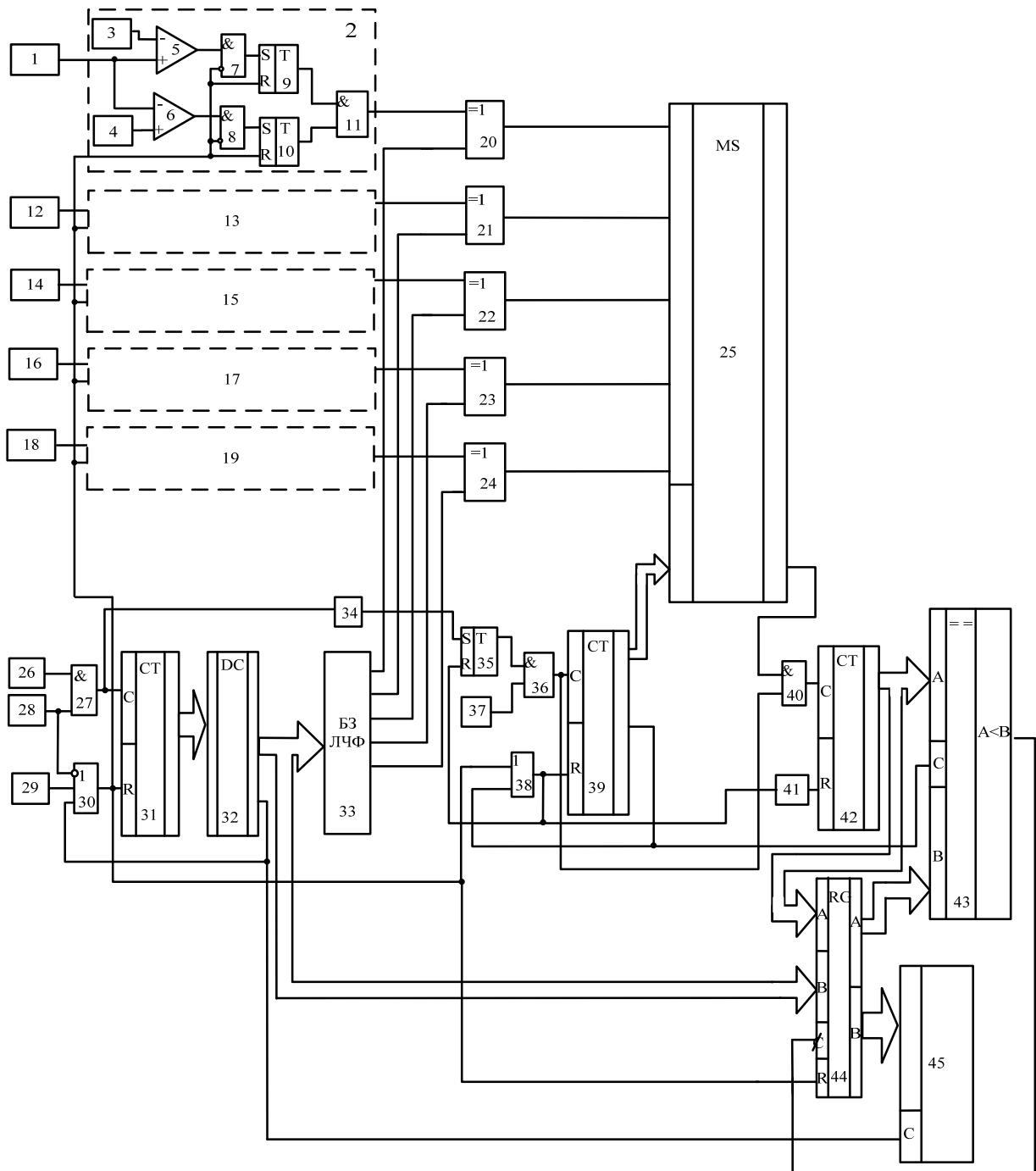


Рис. 2. Структура пристрою діагностування гальмівного кола частотно-керованого асинхронного електропривода

На рис. 2: 1 – сенсор напруги на конденсаторі фільтра; 2 – блок визначення діапазону зміни допустимого значення напруги на конденсаторі фільтра, в якому: (3 – блок мінімального значення напруги на конденсаторі фільтра; 4 – блок максимального значення напруги на конденсаторі фільтра; 5, 6 – компаратори; 7, 8 – елементи ЗАБОРОНА; 9, 10 – тригери; 11 – елемент І); 12 – сенсор напруги на IGBT модулі; 13 – блок визначення діапазону зміни допустимого значення напруги на IGBT модулі; 14 – сенсор струму; 15 – блок визначення діапазону зміни допустимого значення струму, 16 – сенсор температури гальмівного резистора; 17 – блок визначення діапазону зміни допустимого значення температури гальмівного резистора; 18 – сенсор температури IGBT модуля; 19 – блок визначення діапазону зміни допустимого значення температури IGBT модуля; 20, 21, 22, 23, 24 – елементи ВИКЛЮЧНЕ АБО; 25 – комутатор; 26, 37 – генератори імпульсів; 27, 36, 40 – елементи І; 28 – блок початку гальмування; 29 – блок установки нуля; 30, 38 – елементи АБО; 31, 39, 42 – лічильники імпульсів; 32 – дешифратор; 33 – блок зразкових логіко-часових функцій; 33, 41 – формувачі імпульсів; 34 – тригер; 43 – цифровий компаратор; 44 – регістр; 45 – блок індикації.

Вимірювання діагностичних параметрів здійснюється за допомогою сенсорів напруги на конденсаторі фільтра 1, напруги на IGBT модулі 11, струму 13, сенсорів температури гальмівного резистора 15 та температури IGBT модуля 17. Варто зауважити, що кількість сенсорів може бути збільшена в залежності від кількості вимірюваних параметрів. Визначення попадання вимірюваних параметрів у діапазон допустимих значень розглянемо на прикладі сенсора напруги на конденсаторі фільтра 1. Напруга, пропорційна вимірюваній напрузі на конденсаторі фільтра, з виходу сенсора 1 поступає на вхід блока визначення діапазону зміни допустимого значення напруги на конденсаторі фільтра 2, в якому блоками 3 та 4 задається верхній та нижній допустимий рівень вимірюваного параметра. У випадку, якщо вимірювана напруга знаходиться в діапазоні допустимих значень, то на виході компараторів 5 та 6 з'являються сигнали логічної одиниці та через відкриті елементи ЗАБОРОНА встановлюють тригери 9 та 10. В результаті цього на виході елемента І 11 формується сигнал логічної одиниці. Якщо сигнал вимірюваної напруги виходить за допустимі межі, то на виході елемента І 11 встановлюється сигнал логічного нуля. Блоки 13, 15, 17, 19 працюють аналогічно блоку 2. В результаті обробки сигналів із виходів сенсорів 1, 12, 14, 16, 18 на виходах блоків 2, 13, 15, 17, 19 формується ЛЧФ поточного стану гальмівного кола. Елементи з 26 по 33 призначені для почергового вибору зразкових станів із блока зразкових ЛЧФ 33, а також для визначення початку та закінчення процесу гальмування. Елементи ВИКЛЮЧНЕ АБО призначені для додавання за модулем два двох ЛЧФ поточного стану гальмівного кола та зразкового, що характеризує несправність гальмівного кола. Елемент 25 та елементи з 34 по 42 призначені для визначення відрізка існування ЛЧФ, отриманої в результаті додавання за модулем два. Елементи 43 та 44 призначені для визначення ЛЧФ з найменшим відрізком існування з подальшим виведенням діагнозу на пристрої індикації 45.

Висновки

Запропоновано пристрій для діагностування гальмівного кола частотно-керованого асинхронного електропривода, реалізований із використанням математичного апарату логіко-часових функцій. Здійснено синтез апаратного забезпечення, необхідного для побудови пристрою діагностування. Запропонований пристрій легко реалізується на програмованих логічних інтегральних схемах будь-яких виробників, що суттєво розширює межі використання пристрою і дозволяє легко інтегруватися у загальну систему діагностування перетворювача частоти.

Література

1. Фролов Ю.М. Состояние и тенденции развития электропривода / Ю.М. Фролов // Электротехнические комплексы и системы управления. – 2006. – № 1. – С. 4–10.
2. Яцько С.І. Система моніторингу стану асинхронного тягового електропривода рухомого складу / С.І. Яцько, Я.В. Ващенко // Автоматизовані системи електричного транспорту : збірник наукових праць Укр.ДУЗТ. – 2015. – № 153. – С. 79–84.
3. Пат. РФ. № 2546993 МПК G01R31/34 (2006.01). Способ диагностики технического состояния электропривода по оценке динамики его параметров / Волков В.Н., Кожевников А.В. – Дата подачи заявки : 16.10.2013, опубликовано : 10.04.2015.
4. Пат. СССР № 1287118, М. кл. G 05 В 23/02. Устройство поиска неисправностей / С.И. Поспелов, В.Н. Украинцев, Е.В. Васильев. – Бюл. № 4, 30.01.1987.
5. Грабко В. В. Застосування логіко-часових функцій у задачі діагностування гальмівних кіл перетворювачів частотно-керуваних асинхронних електроприводів / В. В. Грабко, С. М. Левицький, А. А. Бартецький // Електромеханічні і енергозберігаючі системи. – 2016. – № 1. – С. 25–31.
6. Сачанюк-Кавецька Н.В. Елементи око-процесорної обробки зображень у логіко-часовому середовищі : монографія / Сачанюк-Кавецька Н.В., Кожем'яко В.П. – Вінниця : ВНТУ, 2004. – 135 с.

Рецензія/Peer review : 29.11.2016 р.

Надрукована/Printed : 16.12.2016 р.
Рецензент: д.т.н., проф. Скиба М.С.