



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **116477** (13) **U**  
(51) МПК  
**G05B 23/02** (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ

**(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ**

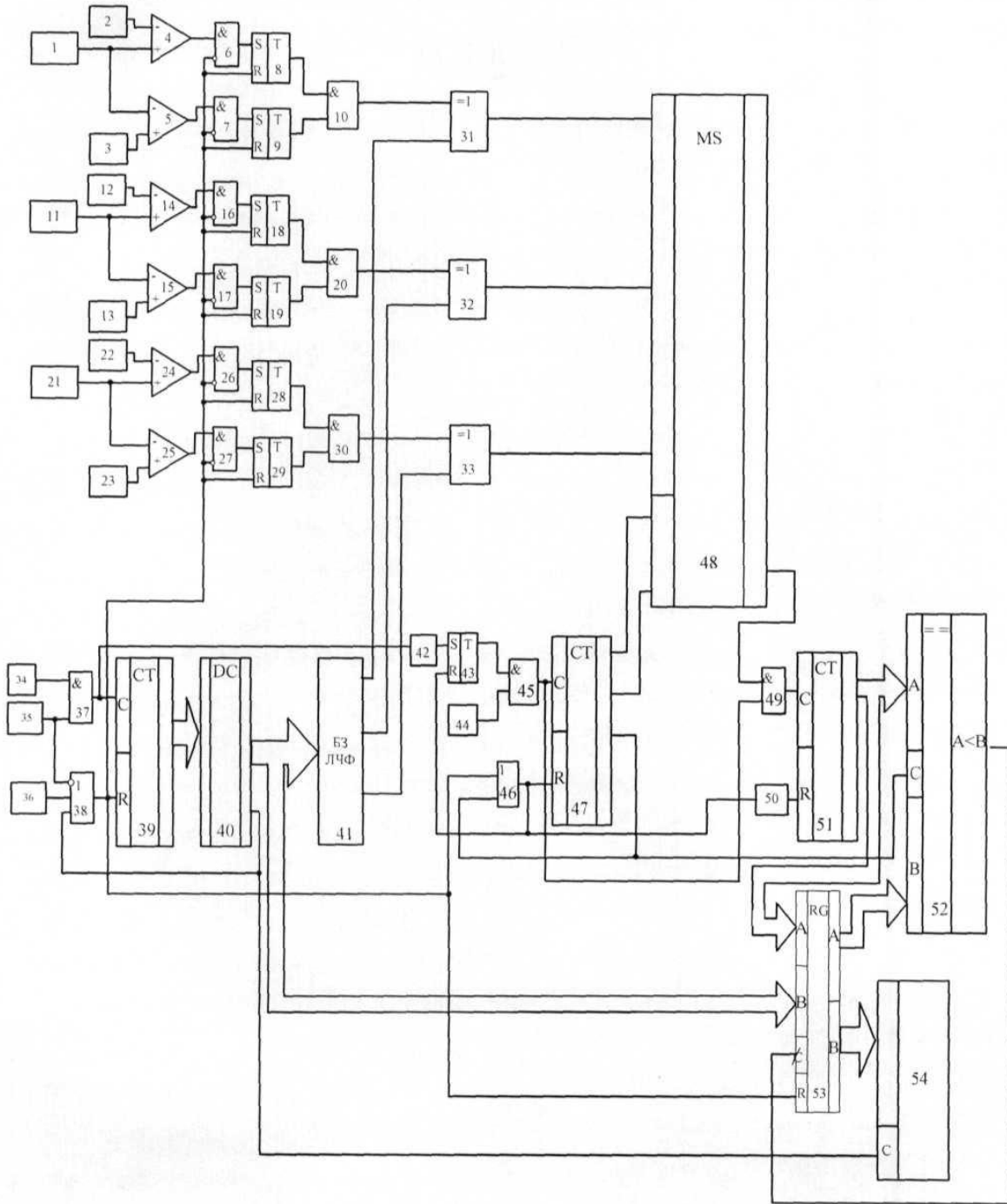
<b>(21)</b> Номер заявки: <b>u 2016 11729</b>	<b>(72)</b> Винахідник(и): <b>Грабко Володимир Віталійович (UA), Грабко Валентин Володимирович (UA), Бартецький Андрій Анатолійович (UA)</b>
<b>(22)</b> Дата подання заявки: <b>21.11.2016</b>	<b>(73)</b> Власник(и): <b>ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ, Хмельницьке шосе, 95, м. Вінниця, 21021 (UA)</b>
<b>(24)</b> Дата, з якої є чинними права на корисну модель: <b>25.05.2017</b>	
<b>(46)</b> Публікація відомостей про видачу патенту: <b>25.05.2017, Бюл.№ 10</b>	

**(54) ПРИСТРІЙ ДЛЯ ДІАГНОСТУВАННЯ ГАЛЬМІВНИХ КІЛ ЧАСТОТНО-КЕРОВАНИХ АСИНХРОННИХ ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ**

**(57) Реферат:**

Пристрій для діагностування гальмівних кіл частотно-керованих асинхронних електроприводів містить комутатор, три елемента І, чотири компаратори, два елемента АБО, перший лічильник імпульсів, регістр, перший формувач імпульсів, блок індикації, перший генератор імпульсів, вихід якого з'єднаний з першим входом четвертого елемента І, перший елемент ЗАБОРОНА. В пристрій введені сенсор струму, сенсор напруги, сенсор температури, п'ятий та шостий компаратори, блок мінімального значення струму, блок максимального значення струму, блок мінімального значення напруги, блок максимального значення напруги, блок мінімального значення температури, блок максимального значення температури, сім тригерів, три елемента ВИКЛЮЧНЕ АБО, п'ять елементів ЗАБОРОНА, блок початку гальмування, блок установки нуля, дешифратор, блок зразкових логіко-часових функцій, другий генератор імпульсів, четвертий, п'ятий та шостий елементи І, другий та третій лічильники імпульсів, другий формувач імпульсів, цифровий компаратор.

**UA 116477 U**



Корисна модель належить до області електротехніки і може бути використана для контролю роботоздатності складних електромеханічних об'єктів, зокрема гальмівних кіл частотно-керованих асинхронних електроприводів.

Відомий пристрій для пошуку несправностей (АС СРСР № 1287118, МПК G05B 23/02, бюл. №4, 1987), що містить n сенсорів несправностей (в подальшому сенсори параметрів), виходи яких з'єднані з відповідними інформаційними входами мультиплектора, адресні входи якого підключені до відповідних розрядів лічильника і інформаційних входів першого блока індикації, входи суматора числа несправностей з'єднані з виходами відповідних датчиків несправностей, а вихід підключений до входу другого блока індикації, одинвібратор з'єднаний своїм виходом з першим входом елемента АБО, а вхід підключений до виходу мультиплектора, вихід генератора імпульсів з'єднаний з прямим входом елемента ЗАБОРОНА, підключеного своїм виходом до лічильного входу лічильника, а інверсним входом з'єднаного разом з управляючим входом першого блока індикації з виходом елемента АБО, підключеного другим входом через ключ до виходу мультиплектора, причому управляючий вхід ключа являється управляючим входом пристрою.

Головним недоліком даного пристрою є (некоректна робота пристрою в випадку виникнення обриву в колах об'єкта контролю) неврахування можливості виникнення обривів в колах об'єкта контролю, а також його обмеженість у використанні, що робить його непридатним для діагностування гальмівних кіл частотно-керованих асинхронних електроприводів.

Найближчим аналогом є пристрій для контролю складних об'єктів (Патент України № 13108. МПК G05B 23/02, бюл. №3, 2006), що містить три сенсори параметрів, виходи яких з'єднані через перетворювачі сигналів з відповідними інформаційними входами мультиплектора (в подальшому комутатора), вихід якого підключений до входу першого електронного ключа, який своїм виходом з'єднаний зі входами першого, другого, третього і четвертого компараторів, виходи першого та другого компараторів підключені до першого та другого входів першого елемента АБО відповідно, вихід якого з'єднаний з першим входом третього елемента АБО, виходи третього та четвертого компараторів підключені до першого та другого входів другого елемента АБО відповідно, вихід якого з'єднаний з першим входом другого елемента І, другий вхід якого підключений до виходу елемента ЗАБОРОНА (в подальшому перший елемент ЗАБОРОНА), а вихід з'єднаний з першим входом першого лічильного регістра, вихід якого підключений до другого входу третього елемента АБО, перший вхід четвертого елемента АБО з'єднаний з виходом комутатора, а вихід підключений до входу формувача сигналу, вихід якого з'єднаний з третім входом третього елемента АБО та з першим входом блока індикації, вихід третього елемента АБО підключений до входу першого одинвібратора, який своїм виходом з'єднаний з першим входом першого елемента ЗАБОРОНА, управляючим входом блока індикації та другим входом групи елементів І, вихід сенсора напруги живлення підключений до входів блока затримки сигналу (в подальшому першого блока затримки сигналу), другого елемента ІІ, другого одинвібратора та першого входу першого елемента І, другий вхід якого з'єднаний з виходом першого елемента ІІ, вихід блока затримки сигналу підключений через другий електронний ключ до другого входу третього елемента І, перший вхід якого з'єднаний з виходом генератора імпульсів (в подальшому першого генератора імпульсів), а вихід підключений до другого входу першого елемента ЗАБОРОНА, вихід якого з'єднаний з першим входом другого лічильного регістра, підключеного своїм виходом до першого входу лічильника імпульсів (в подальшому - першого лічильника імпульсів), другого входу першого лічильного регістра, другого входу четвертого елемента АБО та до входу першого елемента ІІ, виходи першого лічильника імпульсів з'єднані з адресними входами комутатора та першими входами групи елементів І, виходи якої підключені до інформаційних входів регістра, вихідна цифрова шина якого з'єднана з вхідною цифровою шиною блока індикації, вхід управління другого електронного ключа підключений до виходу сенсора комутації, вихід другого одинвібратора з'єднаний з другими входами другого лічильного регістра, першого лічильника імпульсів та входом регістра, вихід першого елемента ІІ підключений до другого входу блока індикації, вихід першого елемента І з'єднаний з управляючим входом першого електронного ключа.

Головним недоліком даного пристрою є обмежені функціональні можливості при обробці вхідних вимірюваних параметрів, які слугують діагностичними ознаками, це створює певні обмеження у застосуванні донного пристрою і робить його непридатним для діагностування гальмівних кіл частотно-керованих асинхронних електроприводів.

В основу корисної моделі поставлено задачу - створення пристрою для діагностування гальмівних кіл частотно-керованих асинхронних електроприводів, в якому за рахунок введення нових блоків та зв'язків між ними з'являється можливість застосування нових підходів і

алгоритмів, що дає змогу підвищити надійність роботи гальмівних кіл частотно-керованих асинхронних електроприводів.

Поставлена задача вирішується тим, що в пристрій для діагностування гальмівних кіл частотно-керованих асинхронних електроприводів, що містить комутатор, три елемента I, чотири компаратори, два елемента АБО, перший лічильник імпульсів, реєстр, перший формувач імпульсів, блок індикації, перший генератор імпульсів, вихід якого з'єднаний з першим входом четвертого елемента I, перший елемент ЗАБОРОНА, згідно з корисною моделлю, введено сенсор струму, сенсор напруги, сенсор температури, п'ятий та шостий компаратори, блок мінімального значення струму, блок максимального значення струму, блок мінімального значення напруги, блок максимального значення напруги, блок мінімального значення температури, блок максимального значення температури, сім тригерів, три елемента ВИКЛЮЧНЕ АБО, п'ять елементів ЗАБОРОНА, блок початку гальмування, блок установки нуля, дешифратор, блок зразкових логіко-часових функцій, другий генератор імпульсів, четвертий, п'ятий та шостий елементи I, другий та третій лічильники імпульсів, другий формувач імпульсів, цифровий компаратор, причому вихід сенсора струму з'єднаний з другим входом першого компаратора та з першим входом другого компаратора, другий вхід якого підключений до виходу блока максимального значення струму, вихід блока мінімального значення струму з'єднаний з першим входом першого компаратора, вихід якого підключений до першого входу першого елемента ЗАБОРОНА, вихід якого з'єднаний з першими входом першого тригера, вихід якого підключений до першого входу першого елемента I, вихід другого компаратора з'єднаний з першим входом другого елемента ЗАБОРОНА, вихід якого підключений до першого входу другого тригера, вихід якого з'єднаний з другим входом першого елемента I, вихід сенсора напруги підключений до другого входу третього компаратора та до першого входу четвертого компаратора, другий вхід якого з'єднаний з виходом блока максимального значення напруги, вихід блока мінімального значення напруги підключений до першого входу третього компаратора, вихід якого з'єднаний з першим входом третього елемента ЗАБОРОНА, вихід якого підключений до першого входу третього тригера, вихід якого з'єднаний з першим входом другого елемента I, вихід четвертого компаратора підключений до першого входу четвертого елемента ЗАБОРОНА, вихід якого з'єднаний з першим входом четвертого тригера, вихід якого підключений до другого входу другого елемента I, вихід сенсора температури з'єднаний з другим входом п'ятого компаратора та підключений до першого входу шостого компаратора, другий вхід якого з'єднаний з виходом блока максимального значення температури, вихід блока мінімального значення температури підключений до першого входу п'ятого компаратора, вихід якого з'єднаний з першим входом п'ятого елемента ЗАБОРОНА, вихід якого підключений до першого входу п'ятого тригера, вихід якого з'єднаний з першим входом третього елемента I, вихід шостого компаратора підключений до першого входу шостого елемента ЗАБОРОНА, вихід якого з'єднаний з першим входом шостого тригера, вихід якого підключений до другого входу третього елемента I, виходи першого, другого та третього елементів I з'єднані відповідно із першими входами першого, другого та третього елементів ВИКЛЮЧНЕ АБО, вихід четвертого елемента I підключений до першого входу першого лічильника імпульсів та до входу першого формувача імпульсів, вихід блока початку гальмування з'єднаний з другим входом четвертого елемента I та підключений до першого входу першого елемента АБО, другий вхід якого з'єднаний з виходом блока установки нуля, а вихід підключений до других входів першого лічильника імпульсів, першого, другого, третього, четвертого, п'ятого та шостого тригерів, першого, другого, третього, четвертого, п'ятого та шостого елементів ЗАБОРОНА, а також до першого входу другого елемента АБО та до другого входу реєстра, вихідна цифрова шина першого лічильника імпульсів з'єднана з вхідною цифровою шиною дешифратора, вихідна цифрова шина якого підключена до вхідної цифрової шини блока зразкових логіко-часових функцій та до другої вхідної цифрової шини реєстра, вихід дешифратора з'єднаний з третім входом першого елемента АБО та з входом синхронізації блока індикації, перший, другий та третій виходи блока зразкових логіко-часових функцій підключені відповідно до других входів першого, другого та третього елементів ВИКЛЮЧНЕ АБО, виходи яких з'єднані з першим, другим та третім входами комутатора відповідно, вихід першого формувача імпульсів підключений до першого входу сьомого тригера, вихід якого з'єднаний з першим входом п'ятого елемента I, другий вхід якого підключений до виходу другого генератора імпульсів, а вихід з'єднаний з першим входом другого лічильника імпульсів та з другим входом шостого елемента I, перший та другий виходи другого лічильника імпульсів підключені відповідно до четвертого та п'ятого входів комутатора, вихід якого з'єднаний з першим входом шостого елемента I, третій вихід другого лічильника імпульсів підключений до входу цифрового компаратора та з'єднаний з другим входом другого елемента АБО, вихід якого підключений до других входів сьомого

тригера та другого лічильника імпульсів, а також до входу другого формувача імпульсів, вихід якого з'єднаний з другим входом третього лічильника імпульсів, перший вхід якого підключений до виходу шостого елемента І, а вихідна цифрова шина з'єднана з першими вхідними цифровими шинами цифрового компаратора та регістра, перша вихідна цифрова шина якого

5 підключена до другої вхідної цифрової шини цифрового компаратора, вихід якого з'єднаний з першим входом регістра, друга вихідна цифрова шина якого підключена до вхідної цифрової шини блока індикації.

Пристрій для діагностування гальмівних кіл частотно-керованих асинхронних електроприводів пояснюється кресленням, на якому зображена його структурна схема.

10 На схемі: 1 - сенсор струму; 2 - блок мінімального значення струму; 3 - блок максимального значення струму; 4, 5 - перший і другий компаратори відповідно; 6, 7 - перший і другий елементи ЗАБОРОНА відповідно; 8, 9 - перший і другий тригери відповідно; 10 - перший елемент І; 11 - сенсор напруги; 12 - блок мінімального значення напруги; 13 - блок максимального значення напруги; 14, 15 - третій і четвертий компаратори відповідно; 16, 17 - третій і четвертий елементи ЗАБОРОНА відповідно; 18, 19 - третій і четвертий тригери відповідно; 20 другий елемент І; 21

15 сенсор температури; 22 блок мінімального значення температури; 23 блок максимального значення температури; 24, 25 - п'ятий і шостий компаратори відповідно; 26, 27 - шостий і сьомий елементи ЗАБОРОНА відповідно; 28, 29 - п'ятий і шостий тригери відповідно; 30 - третій елемент І; 31, 32, 33 - перший, другий і третій елементи ВИКЛЮЧНЕ АБО відповідно; 34 - перший генератор імпульсів; 35 - блок початку гальмування; 36 - блок установки нуля; 37 - четвертий елемент І; 38- перший елемент АБО; 39 - перший лічильник імпульсів; 40 - дешифратор; 41 - блок зразкових логіко-часових функцій; 42 - перший формувач імпульсів; 43 - сьомий тригер; 44 - другий генератор імпульсів; 45 - п'ятий елемент І; 46 - другий елемент АБО; 47 - другий лічильник імпульсів; 48 - комутатор; 49 - шостий елемент І; 50 - другий формувач

25 імпульсів; 51 - третій лічильник імпульсів; 52 - цифровий компаратор; 53 регістр; 54 блок індикації, причому вихід першого генератора імпульсів 34 підключений до першого входу четвертого елемента І 37, вихід сенсора струму 1 з'єднаний з другим входом першого компаратора 4 та з першим входом другого компаратора 5, другий вхід якого підключений до виходу блока максимального значення струму 3, вихід блока мінімального значення струму 2

30 з'єднаний з першим входом першого компаратора 4, вихід якого підключений до першого входу першого елемента ЗАБОРОНА 6, вихід якого з'єднаний з першими входом першого тригера 8, вихід якого підключений до першого входу першого елемента І 10, вихід другого компаратора 5 з'єднаний з першим входом другого елемента ЗАБОРОНА 7, вихід якого підключений до першого входу другого тригера 9, вихід якого з'єднаний з другим входом першого елемента І 10, вихід сенсора напруги 11 підключений до другого входу третього компаратора 14 та до першого входу четвертого компаратора 15, другий вхід якого з'єднаний з виходом блока максимального значення напруги 13, вихід блока мінімального значення напруги 12 підключений до першого входу третього компаратора 14, вихід якого з'єднаний з першим входом третього елемента ЗАБОРОНА 16, вихід якого підключений до першого входу третього тригера 18, вихід якого з'єднаний з першим входом другого елемента І 20, вихід четвертого компаратора 15

40 підключений до першого входу четвертого елемента ЗАБОРОНА 17, вихід якого з'єднаний з першим входом четвертого тригера 19, вихід якого підключений до другого входу другого елемента І 20, вихід сенсора температури 21 з'єднаний з другими входами п'ятого компаратора 24 та підключений до першого входу шостого компаратора 25, другий вхід якого з'єднаний з виходом блока максимального значення температури 23, вихід блока мінімального значення температури 22 підключений до першого входу п'ятого компаратора 24, вихід якого з'єднаний з першим входом п'ятого елемента ЗАБОРОНА 26, вихід якого підключений до першого входу п'ятого тригера 28, вихід якого з'єднаний з першим входом третього елемента І 30, вихід шостого компаратора 25 підключений до першого входу шостого елемента ЗАБОРОНА 27, вихід якого з'єднаний з першим входом шостого тригера 29, вихід якого підключений до другого входу третього елемента І 30, виходи першого 10, другого 20 та третього 30 елементів І з'єднані відповідно із першими входами першого 31, другого 32 та третього 33 елементів ВИКЛЮЧНЕ АБО, вихід четвертого елемента І 37 підключений до першого входу першого лічильника імпульсів 39 та підключений до входу першого формувача імпульсів 42, вихід блока початку гальмування 35 з'єднаний з другим входом четвертого елемента І 37 та до першого інверсного

55 входу першого елемента АБО 38, другий вхід якого з'єднаний з виходом блока установки нуля 36, а вихід підключений до других входів першого лічильника імпульсів 39, першого 8, другого 9, третього 18, четвертого 19, п'ятого 28 та шостого 29 тригерів, першого 6, другого 7, третього 16, четвертого 17, п'ятого 26 та шостого 27 елементів ЗАБОРОНА, а також до першого входу

60 другого елемента АБО 46 та до другого входу регістра 53, вихідна цифрова шина першого

лічильника імпульсів 39 з'єднана з вхідною цифровою шиною дешифратора 40, вихідна цифрова шина якого підключена до вхідної цифрової шини блока зразкових логіко-часових функцій 41 та до другої вхідної цифрової шини регістра 53, вихід дешифратора 40 з'єднаний з третім входом першого елемента АБО 38 та з входом синхронізації блока індикації 54, перший, 5 другий та третій виходи блока зразкових логіко-часових функцій 41 підключені відповідно до других входів першого 31, другого 32 та третього 33 елементів ВИКЛЮЧНЕ АБО, виходи яких з'єднані з першим, другим та третім входами комутатора 48 відповідно, вихід першого формувача імпульсів 42 підключений до першого входу сьомого тригера 43, вихід якого з'єднаний з першим входом п'ятого елемента І 45, другий вхід якого підключений до виходу 10 другого генератора імпульсів 44, а вихід з'єднаний з першим входом другого лічильника імпульсів 47 та з другим входом шостого елемента І 49, перший та другий виходи другого лічильника імпульсів 47 підключені відповідно до четвертого та п'ятого входів комутатора 48, вихід якого з'єднаний з першим входом шостого елемента І 49, третій вихід другого лічильника імпульсів 47 підключений до входу цифрового компаратора 52 та з'єднаний з другим входом 15 другого елемента АБО 46, вихід якого підключений до других входів сьомого тригера 43 та другого лічильника імпульсів 47, а також до входу другого формувача імпульсів 50, вихід якого з'єднаний з другим входом третього лічильника імпульсів 51, перший вхід якого підключений до виходу шостого елемента І 49, а вихідна цифрова шина з'єднана з першими вхідними цифровими шинами цифрового компаратора 52 та регістра 53, перша вихідна цифрова шина 20 якого підключена до другої вхідної цифрової шини цифрового компаратора 52, вихід якого з'єднаний з першим входом регістра 53, друга вихідна цифрова шина якого підключена до вхідної цифрової шини блока індикації 54.

Запропонований пристрій працює наступним чином.

При подачі напруги живлення на схему блок установки нуля 36 коротким імпульсом через 25 перший елемент АБО 38 встановлює у нульовий стан перший 8, другий 9, третій 18, четвертий 19, п'ятий 28, шостий 29 тригери та перший лічильник імпульсів 39, через другий елемент АБО 46 другий лічильник імпульсів 47 та сьомий тригер 43, та через другий формувач імпульсів 50 третій лічильник імпульсів 51. Також імпульс з виходу блока установки нуля 36 через перший елемент АБО 38 очищує вміст регістра 53. При цьому перший 35 і другий 44 генератори 30 імпульсів починають виробляти послідовності імпульсів.

Запропонований пристрій для діагностування гальмівних частотно-керованих асинхронних електроприводів реалізується на базі математичної моделі з використанням логіко-часових функцій.

Гальмівне коло частотно-керованого асинхронного електропривода характеризується 35 наступними технічними станами: справний стан; справний стан, з перегрівом силового модуля; несправний гальмівний резистор; критичний стан; несправний стан.

Силова частина гальмівного кола частотно-керованого асинхронного електропривода складається з гальмівного резистора та ключового елемента, як такий у більшості випадків 40 виступає IGBT модуль. Несправність гальмівного резистора характеризується температурою нагріву, обумовленою кількістю енергії, яка розсіюється під час гальмування. Якщо цей параметр приймає менше значення при одних і тих же умовах експлуатації, то це свідчить про несправність гальмівного резистора або початок його руйнування. Відхилення струму через гальмівне коло при однакових умовах роботи буде свідчити про пошкодження силового модуля або гальмівного резистора. Вихід з ладу силових модулів, як правило, відбуваються в 45 результаті термомеханічних процесів, викликаних перепадами температур. В результаті термоциклювання, а також розузгодження коефіцієнтів теплового розширення матеріалів відбувається відшарування виводів кристалів від мідних шин і руйнування паяних з'єднувальних шарів, що призводить до збільшення внутрішнього опору силового модуля, як наслідок збільшення його температури. В подальшому це призводить до повної відмови силового 50 модуля.

Стани гальмівного кола частотно-керованого асинхронного електропривода представлено у вигляді фільтрованих логіко-часових функцій з довільним  $D$ , - інтервалом зі збереженням однакової послідовності станів кожного сигналу.

Справному стану, з перегрівом силового модуля відповідає логіко-часова функція  $f_1(t, t_1, t_2, \Delta, T_1, T_2)$ : 55

$$f_1(t, t_1, t_2, \Delta, T_1, T_2) = \begin{cases} t - t_1, & \text{якщо } t_1 < t \leq (t_1 + T_1), \\ t - t_2, & \text{якщо } t_2 < t \leq (t_2 + T_2), \\ 0 & \text{якщо } (t < t_1) \wedge ((t_1 + T_1) < t < t_2) \wedge (t > (t_2 + T_2)), \end{cases}$$

де  $t$  - поточне значення часу,  $t_1$  - часова координата змінних,  $T_1$  - тривалість відрізка існування;  $\Delta$  - мінімальний часовий інтервал довжиною  $\Delta_i (\Delta_i = t_{i+1} - (t_i + T_i))$  між двома часовими координатами логіко-часової функції на часовому інтервалі  $[t_k, t_{k+1}]$  де  $k = \overline{0, \infty}$ ;  $T_1 = 2 \cdot \Delta_i$ ;  $T_2 = 4 \cdot \Delta_i$ .

5 Логіко-часова функція несправного гальмівного резистора має вигляд:

$$f_2(t, t_1, t_2, \Delta_i, T_1, T_2) = \begin{cases} t - (t_1 + T_1), & \text{якщо } (t_1 + T_1) < t \leq t_2, \\ t - (t_2 + 2 \cdot \Delta_i), & \text{якщо } t < (t_2 + 2 \cdot \Delta_i), \\ 0 & \text{якщо } (t < (t_1 + T_1)) \wedge (t_2 < t < (t_2 + 2 \cdot \Delta_i)), \end{cases}$$

У випадку критичного стану логіко-часова функція має вигляд:

$$f_3(t, t_1, t_2, \Delta_i, T_1, T_2) = \begin{cases} t - t_2 & \text{якщо } t_2 < t \leq (t_2 + T_2) \\ 0 & \text{якщо } (t < t_2) \wedge (t > (t_2 + T_2)) \end{cases}$$

Логіко-часова функція несправного стану математично представлена у вигляді:

$$f_4(t, t_1, t_2, \Delta_i, T_1, T_2) = \begin{cases} t - (t_2 + 2 \cdot \Delta_i) & \text{якщо } (t_2 + 2 \cdot \Delta_i) < t, \\ 0, & \text{якщо } (t_2 + 2 \cdot \Delta_i) > t, \end{cases}$$

10

Для з'ясування технічного стану гальмівного кола частотно-керованого асинхронного електропривода проводиться операція додавання за модулем два логіко-часової функції поточного стану гальмівного кола, та логіко-часової функції яка характеризує один із зразкових станів. Із отриманих, в результаті операції додавання за модулем два, логіко-часових функцій як діагностичний висновок вибирається та, яка має найменший відрізок існування.

15

При роботі гальмівного кола частотно-керованого асинхронного електропривода, на виході сенсора струму 1 з'являється напруга, пропорційна струму, що через нього протікає, яка надходить на другий вхід першого компаратора 4 та на перший вхід другого компаратора 5. Сигнал напруги з виходу блока мінімального значення струму 2 надходить на перший вхід першого компаратора 4, а на другий вхід другого компаратора 5 надходить сигнал із виходу блока максимального значення струму 3. Перший 4 і другий 5 компаратори проводять порівняння вхідних напруг, в результаті чого на їх виходах з'являються відповідні сигнали. Якщо напруга з виходу сенсора струму 1 більша за напругу з виходу блока мінімального значення струму 2, то на виході першого компаратора 4 з'являється сигнал логічної одиниці, інакше - сигнал логічного нуля. Якщо напруга з виходу сенсора струму 1 менша за напругу з виходу блока максимального значення струму 3, то на виході другого компаратора 5 також з'являється сигнал логічної одиниці.

20

25

Сигнали логічної одиниці з виходів першого 4 і другого 5 компараторів надходять відповідно на перші входи першого 6 та другого 7 елементів ЗАБОРОНА, на другі інверсні входи яких із виходу першого елемента АБО 38 надходить сигнал логічного нуля. В результаті, на їх виходах з'являється сигнали логічної одиниці, які надходять відповідно на перші входи першого 8 та другого 9 тригерів, що призводить до встановлення на їх виходах сигналів логічної одиниці. Сигнали логічної одиниці з виходів першого 8 та другого 9 тригерів надходять відповідно на перший і другий входи першого елемента І 10. При цьому на виході останнього з'являється сигнал логічної одиниці. Таким чином блоки 2-10 здійснюють перевірку вихідного сигналу сенсора струму 1 на його належність до діапазону допустимих значень. Припустимо, що струм, який протікає через сенсор струму 1, є таким що знаходиться в діапазоні допустимих значень, в наслідок чого на виході першого елемента І 10 з'являється сигнал логічної одиниці.

30

35

На виході сенсора напруги 11 з'являється напруга, пропорційна напрузі, прикладеної до нього. Перевірка належності цієї напруги до діапазону допустимих значень здійснюється блоками 12-20. Верхня і нижня межі допустимого діапазону задаються блоком максимального значення напруги 13 і блоком мінімального значення напруги 12 відповідно. У випадку потрапляння вимірюваної напруги у допустимий діапазон, на виході другого елемента І 20 з'являється сигнал логічної одиниці. Нехай напруга на виході сенсора напруги 11 така, що на виході другого елемента І 20 з'являється сигнал логічного нуля.

40

45

На виході сенсора температури 21 з'являється напруга, пропорційна вимірювальній температурі. Належність цієї напруги до діапазону допустимих значень здійснюється блоками 22-30. Нижня та верхня межі допустимого діапазону задаються блоком мінімального значення температури 22 та блоком максимального значення температури 23 відповідно. У випадку

потрапляння вимірюваної температури в допустимий діапазон на виході третього елемента І 30 з'являється сигнал логічної одиниці. Припустимо, що напруга виході сенсора температури 21 така, що на виході третього елемента І 30 з'являється сигнал логічної одиниці.

5 У випадку, якщо розпочалося динамічне гальмування, то на виході блока початку гальмування 35 з'являється сигнал логічної одиниці, який надходить на другий вхід четвертого елемента І 37 і відкриває його. При цьому послідовність імпульсів з виходу першого генератора імпульсів 34 через відкритий четвертий елемент І 32 надходить на перший вхід першого лічильника імпульсів 39 та на вхід першого формувача імпульсів 42. Перший лічильник імпульсів 39 починає відраховувати імпульси, що призводить до зміни його вихідного цифрового коду. Вихідний код з виходу першого лічильника імпульсів 39 надходить на вхідну цифрову шину дешифратора 40, на виході якого з'являється позиційний код, який надходить на вхід блока зразкових логіко-часових функцій, в результаті чого на виходах останнього формується сигнали зразкового стану.

15 Після проходження з виходу першого генератора імпульсів 34 першого імпульсу на вхід першого лічильника імпульсів 39, то його вихідний цифровий код збільшується на одиницю. При цьому на виході дешифратора 40 вихідний позиційний код також зростає на одиницю. В результаті надходження даного коду на вхідну цифрову шину блока зразкових логіко-часових функцій 41 на його виходах з'являються сигнали першого зразкового стану. Припустимо, що на першому та на другому виходах блока зразкових логіко-часових функцій 41 присутні сигнали логічного нуля, а на третьому виході присутній сигнал логічної одиниці. Сигнал логічного нуля з першого виходу блока зразкових логіко-часових функцій 41 надходить на другий вхід першого елемента ВИКЛЮЧНЕ АБО 31 (на першому вході присутній сигнал логічної одиниці з виходу першого елемента І 10), що призводить до появи на його виході сигналу логічної одиниці. Сигнал логічного нуля з другого виходу блока зразкових логіко-часових функцій 41 надходить на 20 другий вхід другого елемента ВИКЛЮЧНЕ АБО 32 (на першому вході присутній сигнал логічного нуля з виходу другого елемента І 20), що призводить до появи на його виході сигналу логічного нуля. Сигнал логічної одиниці з третього виходу блока зразкових логіко-часових функцій 41 надходить на другий вхід третього елемента ВИКЛЮЧНЕ АБО 33 (на першому вході присутній сигнал логічної одиниці з виходу третього елемента І 33), що призводить до появи на його виході сигналу логічного нуля. Вихідні сигнали першого 31, другого 32, третього 33 елементів ВИКЛЮЧНЕ АБО надходять відповідно на перший, другий та третій входи комутатора 48.

Одночасно при надходженні першого імпульсу на вхід першого формувача імпульсів 42, із деякою затримкою часу на його виході з'являється короткий імпульс, який надходить на перший вхід сьомого тригера 43 і встановлює на його виході сигнал логічної одиниці. Цей сигнал надходить на перший вхід п'ятого елемента І 45 та відкриває його. При цьому послідовність імпульсів з виходу другого генератора імпульсів 44 через відкритий п'ятий елемент І 45 починає надходити на перший вхід другого лічильника імпульсів 47 та на другий вхід шостого елемента І 49. При надходженні першого імпульсу з виходу другого генератора імпульсів 44 на перший вхід другого лічильника імпульсів 47 на його першому виході з'являється сигнал логічної одиниці. Цей сигнал надходить на четвертий вхід комутатора 48, при цьому перший вхід комутатора 48 з'єднується з його виходом. Перший імпульс з виходу другого генератора імпульсів 44 надходить на другий вхід шостого елемента І 49 і відкриває його. В результаті сигнал логічної одиниці з виходу першого елемента ВИКЛЮЧНЕ АБО 31 через комутатор 48 та через відкритий шостий елемент І 49 надходить на перший вхід третього лічильника імпульсів 51 і збільшує його вихідний код на одиницю. При проходженні другого імпульсу з виходу другого генератора імпульсів 44 на перший вхід другого лічильника імпульсів 47 та на другий вхід шостого елемента І 49, останній відкривається, а на другому виході другого лічильника імпульсів 47 з'являється сигнал логічної одиниці, який надходить на п'ятий вхід комутатора 48. В результаті чого другий вхід комутатора 48 підключається до його виходу. Оскільки на виході другого елемента ВИКЛЮЧНЕ АБО 32 присутній сигнал логічного нуля, то вміст третього лічильника імпульсів 51 не змінюється. При проходженні третього імпульсу з виходу другого генератора імпульсів 44 на перший вхід другого лічильника імпульсів 47, та на другий вхід шостого елемента І 49, останній знову відкривається, а на першому та на другому виходах другого лічильника імпульсів 47 з'являються сигнали логічної одиниці. Ці сигнали надходять на четвертий та п'ятий входи комутатора 48, в результаті чого його третій вхід підключається до виходу останнього. Оскільки на виході третього елемента ВИКЛЮЧНЕ АБО 33 присутній сигнал логічного нуля, то вміст третього лічильника імпульсів 51 не змінюється. При проходженні четвертого імпульсу з виходу другого генератора імпульсів 44 на перший вхід другого лічильника імпульсів 47, на його третьому виході з'являється сигнал логічної одиниці, який надходить на другий вхід другого



елемента АБО 46 та на вхід синхронізації цифрового компаратора 52, який дозволяє здійснити порівняння цифрових кодів на його входах.

5 Цифровий код з вихідної шини третього лічильника імпульсів 51 надходить на першу вхідну цифрову шину цифрового компаратора 52 та на першу вхідну цифрову шину регістра 53. На  
5 другу вхідну цифрову шину цифрового компаратора 52 надходить цифровий код з першої вихідної цифрової шини регістра 53. Причому варто зазначити, що в початковому стані на першій вихідній цифровій шині регістра 53 встановлюється максимальний цифровий код. В  
10 результаті порівняння цифрових кодів на першій та другій вхідних цифрових шинах цифрового компаратора 52 на його виході з'являється сигнал логічної одиниці, який надходить на вхід синхронізації регістра 53. В результаті чого цифровий код з першої цифрової шини регістра 53  
15 записується у першу комірку пам'яті, а цифровий код, який надходить на другу вхідну цифрову шину з вихідної цифрової шини дешифратора 40, записується у другу комірку пам'яті. У випадку якщо на першій вхідній цифровій шині цифрового компаратора 52 з'явиться цифровий код який  
буде більший ніж на другій вхідній цифровій шині, то на виході цифрового компаратора 52 з'явиться сигнал логічного нуля, в результаті чого перезапис в регістр 47 не відбудеться.

15 При надходженні другого імпульсу з виходу першого генератора імпульсів 34 на перший вхід першого лічильника імпульсів 39, його вихідний цифровий код збільшується на одиницю, в результаті чого вихідний цифровий код дешифратора 36 також збільшується на одиницю. При  
20 цьому на виходах блока зразкових логіко-часових функцій 41 формуються сигнали іншого зразкового стану. Порівняння сигналів зразкового стану та сигналів від сенсорів здійснюється аналогічно описаній вище послідовності. Визначення відрізу існування логіко-часової функції та визначення логіко-часової функції, що має найменший відрізок існування, здійснюється відповідно описаному алгоритму.

25 Слід зауважити, що кількість ітерацій визначається кількістю зразкових станів у блоці зразкових логіко-часових функцій.

При надходженні останнього імпульсу з першого генератора імпульсів 34 на перший вхід першого лічильника імпульсів 39, на його виході цифровий код зростає на одиницю. При цьому  
30 на виході дешифратора 40 з'являється сигнал логічної одиниці, який надходить на вхід синхронізації блока індикації 54. Одночасно цифровий код з другої вихідної цифрової шини регістра 53 надходить на вхідну цифрову шину блока індикації 54 в результаті чого на ньому відбувається виведення інформації про стан гальмівного кола. Також імпульс з виходу дешифратора 40 через перший елемент АБО 38 встановлює у нульовий стан перший 6, другий 7, третій 14, четвертий 15, п'ятий 22, шостий 23 тригери та перший лічильник імпульсів 39, та  
35 через другий елемент АБО 46 другий лічильник імпульсів 47 та сьомий тригер 43, та через другий формувач імпульсів 50 третій лічильник імпульсів 51, та очищує вміст регістра 53.

У випадку якщо гальмування припинилося, то на виході блока початку гальмування 35 встановлюється сигнал логічного нуля, який надходить на перший інверсний вхід першого елемента АБО 38, при цьому на його виході з'являється сигнал логічної одиниці, який встановлює всю схему у початковий стан.

40 Кількість сенсорів параметрів в залежності від складності контрольованого об'єкта може змінюватись.

Розрядність блока зразкових логіко-часових функцій 41, третього лічильника імпульсів 51, а також комутатора 48 залежить від кількості сенсорів діагностичних параметрів.

45 Розрядність другого лічильника імпульсів 47 залежить від кількості вхідних каналів комутатора 48.

Кількість розрядів першого лічильника імпульсів 39, дешифратора 40, регістра 53 залежить від кількості зразкових логіко-часових функцій записаних в блоці зразкових логіко-часових функцій 41.

50 Час затримки сигналу першого формувача імпульсів 42 вибирається таким, щоб він міг перекрити час між моментом появи імпульсу з виходу першого генератора імпульсів 34 до моменту появи сигналів на входах комутатора 48.

Час затримки сигналу другого формувача імпульсів 50 вибирається таким, щоб він був достатнім для обробки інформації з вихідної шини третього лічильника імпульсів 51 перед його  
55 обнуленням.

Тактова частота першого генератора імпульсів 34 вибирається за умови забезпечення максимальної швидкодії та коректності роботи схеми.

Тактова частота другого генератора імпульсів 44 вибирається таким чином щоб за період першого генератора імпульсів 34 враховуючи час затримки сигналу першого формувача імпульсів 42, здійснилося почергове підключення усіх каналів комутатора 48 до його виходу,

сформувався цифровий код на виході третього лічильника імпульсів 51, та здійснилася подальша його обробка.

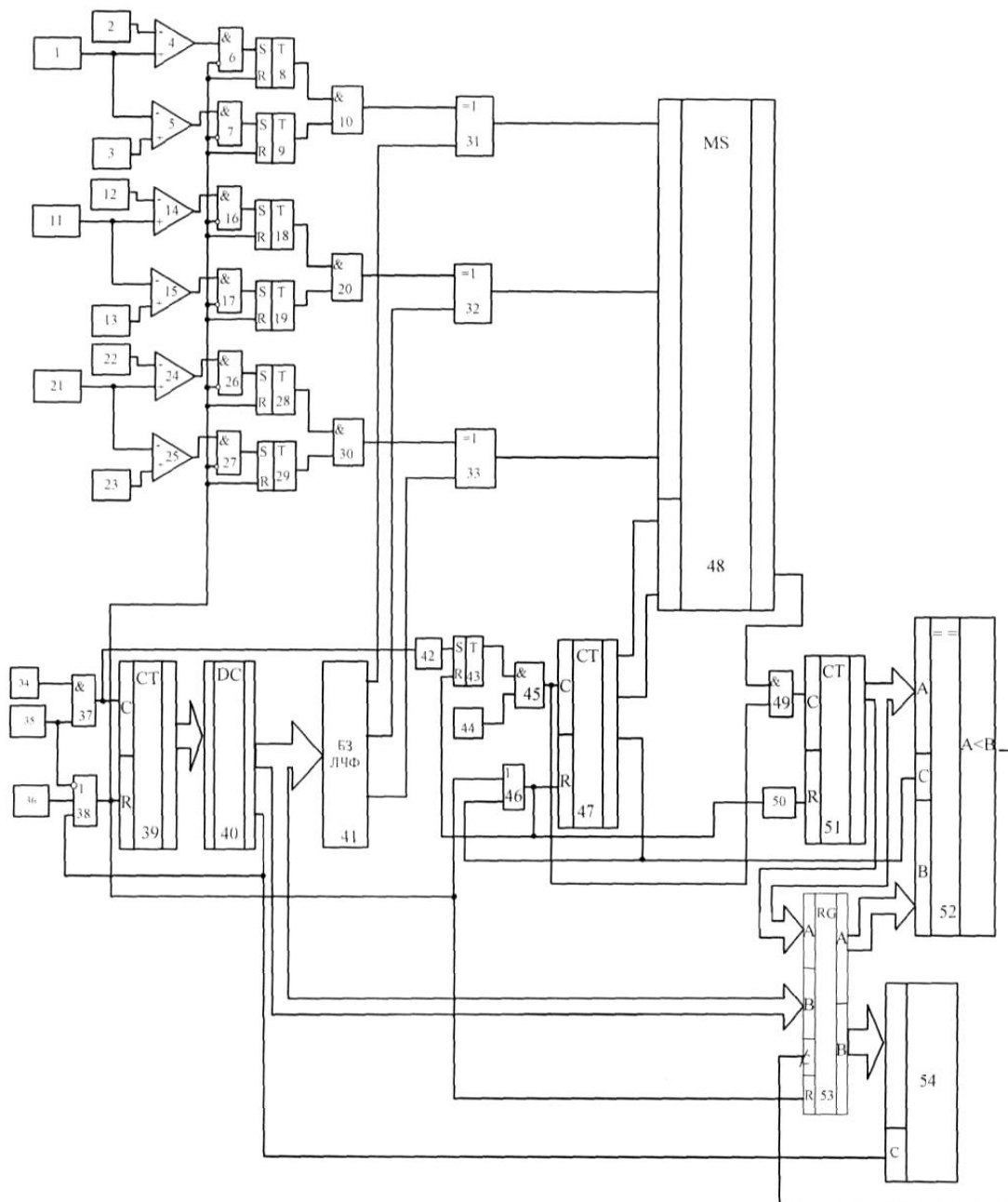
#### ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

5

Пристрій для діагностування гальмівних кіл частотно-керованих асинхронних електроприводів, що містить комутатор, три елемента I, чотири компаратори, два елемента АБО, перший лічильник імпульсів, регістр, перший формувач імпульсів, блок індикації, перший генератор імпульсів, вихід якого з'єднаний з першим входом четвертого елемента I, перший елемент ЗАБОРОНА, який **відрізняється** тим, що в нього введені сенсор струму, сенсор напруги, сенсор температури, п'ятий та шостий компаратори, блок мінімального значення струму, блок максимального значення струму, блок мінімального значення напруги, блок максимального значення напруги, блок мінімального значення температури, блок максимального значення температури, сім тригерів, три елемента ВИКЛЮЧНЕ АБО, п'ять елементів ЗАБОРОНА, блок початку гальмування, блок установки нуля, дешифратор, блок зразкових логіко-часових функцій, другий генератор імпульсів, четвертий, п'ятий та шостий елементи I, другий та третій лічильники імпульсів, другий формувач імпульсів, цифровий компаратор, причому вихід сенсора струму з'єднаний з другим входом першого компаратора та з першим входом другого компаратора, другий вхід якого підключений до виходу блока максимального значення струму, вихід блока мінімального значення струму з'єднаний з першим входом першого компаратора, вихід якого підключений до першого входу першого елемента ЗАБОРОНА, вихід якого з'єднаний з першими входом першого тригера, вихід якого підключений до першого входу першого елемента I, вихід другого компаратора з'єднаний з першим входом другого елемента ЗАБОРОНА, вихід якого підключений до першого входу другого тригера, вихід якого з'єднаний з другим входом першого елемента I, вихід сенсора напруги підключений до другого входу третього компаратора та до першого входу четвертого компаратора, другий вхід якого з'єднаний з виходом блока максимального значення напруги, вихід блока мінімального значення напруги підключений до першого входу третього компаратора, вихід якого з'єднаний з першим входом третього елемента ЗАБОРОНА, вихід якого підключений до першого входу третього тригера, вихід якого з'єднаний з першим входом другого елемента I, вихід четвертого компаратора підключений до першого входу четвертого елемента ЗАБОРОНА, вихід якого з'єднаний з першим входом четвертого тригера, вихід якого підключений до другого входу другого елемента I, вихід сенсора температури з'єднаний з другим входом п'ятого компаратора та підключений до першого входу шостого компаратора, другий вхід якого з'єднаний з виходом блока максимального значення температури, вихід блока мінімального значення температури підключений до першого входу п'ятого компаратора, вихід якого з'єднаний з першим входом п'ятого елемента ЗАБОРОНА, вихід якого підключений до першого входу п'ятого тригера, вихід якого з'єднаний з першим входом третього елемента I, вихід шостого компаратора підключений до першого входу шостого елемента ЗАБОРОНА, вихід якого з'єднаний з першим входом шостого тригера, вихід якого підключений до другого входу третього елемента I, виходи першого, другого та третього елементів I з'єднані відповідно із першими входами першого, другого та третього елементів ВИКЛЮЧНЕ АБО, вихід четвертого елемента I підключений до першого входу першого лічильника імпульсів та до входу першого формувача імпульсів, вихід блока початку гальмування з'єднаний з другим входом четвертого елемента I та підключений до першого входу першого елемента АБО, другий вхід якого з'єднаний з виходом блока установки нуля, а вихід підключений до других входів першого лічильника імпульсів, першого, другого, третього, четвертого, п'ятого та шостого тригерів, першого, другого, третього, четвертого, п'ятого та шостого елементів ЗАБОРОНА, а також до першого входу другого елемента АБО та до другого входу регістра, вихідна цифрова шина першого лічильника імпульсів з'єднана з вхідною цифровою шиною дешифратора, вихідна цифрова шина якого підключена до вхідної цифрової шини блока зразкових логіко-часових функцій та до другої вхідної цифрової шини регістра, вихід дешифратора з'єднаний з третім входом першого елемента АБО та з входом синхронізації блока індикації, перший, другий та третій виходи блока зразкових логіко-часових функцій підключені відповідно до других входів першого, другого та третього елементів ВИКЛЮЧНЕ АБО, виходи яких з'єднані з першим, другим та третім входами комутатора відповідно, вихід першого формувача імпульсів підключений до першого входу сьомого тригера, вихід якого з'єднаний з першим входом п'ятого елемента I, другий вхід якого підключений до виходу другого генератора імпульсів, а вихід з'єднаний з першим входом другого лічильника імпульсів та з другим входом шостого елемента I, перший та другий виходи другого лічильника імпульсів підключені відповідно до четвертого та п'ятого входів комутатора, вихід якого

60

- 5 з'єднаний з першим входом шостого елемента І, третій вихід другого лічильника імпульсів підключений до входу цифрового компаратора та з'єднаний з другим входом другого елемента АБО, вихід якого підключений до других входів сьомого тригера та другого лічильника імпульсів, а також до входу другого формувача імпульсів, вихід якого з'єднаний з другим входом третього лічильника імпульсів, перший вхід якого підключений до виходу шостого елемента І, а вихідна цифрова шина з'єднана з першими вхідними цифровими шинами цифрового компаратора та регістра, перша вихідна цифрова шина якого підключена до другої вхідної цифрової шини цифрового компаратора, вихід якого з'єднаний з першим входом регістра, друга вихідна цифрова шина якого підключена до вхідної цифрової шини блока індикації.



Комп'ютерна верстка О. Рябо

Міністерство економічного розвитку і торгівлі України, вул. М. Грушевського, 12/2, м. Київ, 01008, Україна

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601