



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 162729

(13) U

(51) МПК

G01K 13/08 (2006.01)

НАЦІОНАЛЬНИЙ ОРГАН
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ
ДЕРЖАВНА ОРГАНІЗАЦІЯ
"УКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
ОФІС ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ ТА ІННОВАЦІЙ"

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки:	u 2025 05498	(72) Винахідник(и):	Грабко Володимир Віталійович (UA), Грабко Валентин Володимирович (UA), Чорний Олексій Петрович (UA)
(22) Дата подання заявки:	10.11.2025	(73) Володілець (володільці):	ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ, вул. Хмельницьке шосе, 95, м. Вінниця, 21021 (UA)
(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності:	16.04.2026		
(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію:	15.04.2026, Бюл.№ 15		

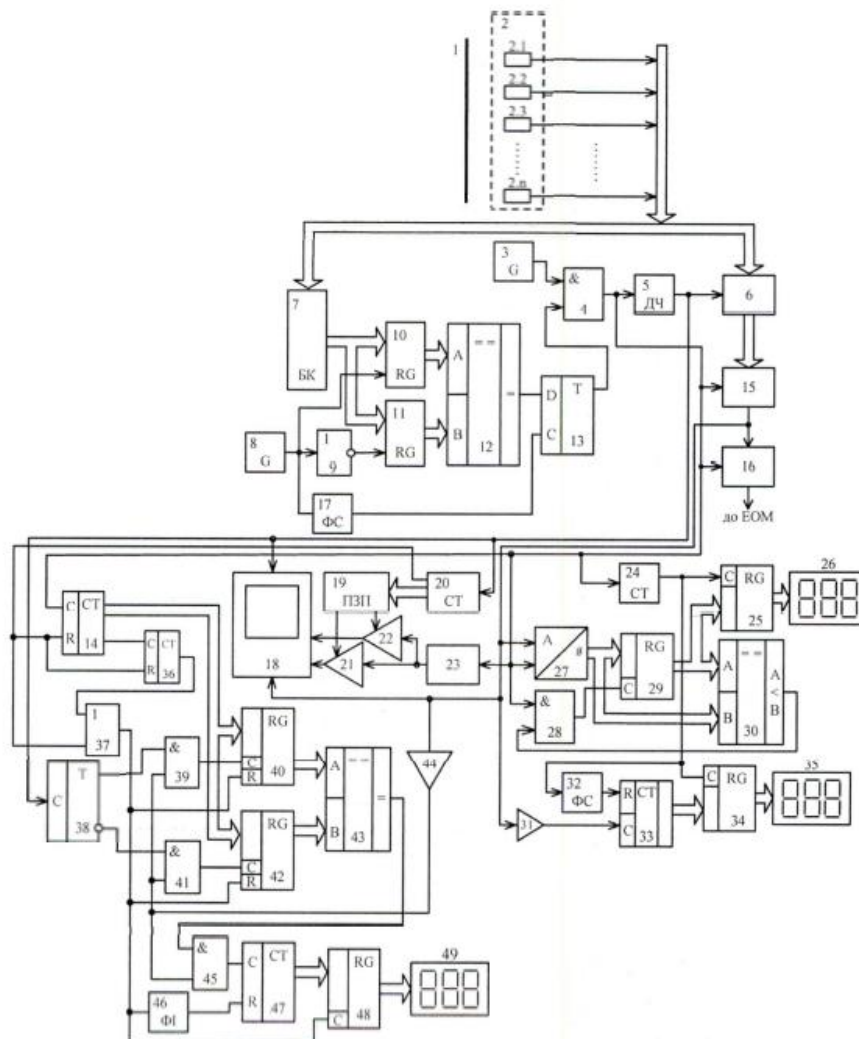
(54) ПРИСТРІЙ ДЛЯ ТЕПЛОВІЗІЙНОГО ДІАГНОСТУВАННЯ ОБМОТОК РОТОРА ГІДРОГЕНЕРАТОРА

(57) Реферат:

Пристрій для тепловізійного діагностування обмоток ротора гідрогенератора містить об'єктив, інфрачервоний приймач, містить п окремих інфрачервоних сенсорів, дільник частоти, буферний регістр, комутатор, блок підготовки даних, два генератори імпульсів, два керовані підсилювачі, відеоконтрольний блок, три лічильники, генератор напруги, блок пам'яті, п'ять регістрів, два цифрових компаратори, перший тригер, два елементи І, блок компараторів, елемент НІ, два формувачі сигналу, аналого-цифровий перетворювач, перший компаратор та два цифрових індикатори, причому вихід дільника частоти підключений до входів буферного регістра, першого лічильника та до першого входу відеоконтрольного блока, другий та третій входи якого з'єднані з виходами першого та другого керованих підсилювачів, перші входи яких підключені до виходу генератора напруги, а другі входи з'єднані, відповідно, з першим та другим виходами блока пам'яті, вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини першого лічильника. Четвертий вхід відеоконтрольного блока разом з першим входом блока підготовки даних з'єднані з виходом комутатора, вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини буферного регістра, вхідна цифрова шина якого з'єднана з виходами п окремих інфрачервоних сенсорів інфрачервоного приймача. Вихід блока підготовки даних підключений в кола ЕОМ. Вихід першого генератора імпульсів з'єднаний з першим входом першого елемента І, вихід якого підключений до входів дільника частоти, комутатора, генератора напруги та до другого входу блока підготовки даних. Вихід першого цифрового компаратора підключений до першого входу першого тригера. Вихідна цифрова шина блока компараторів підключена до вхідних цифрових шин першого та другого регістрів, вихідні цифрові шини яких з'єднані з першою та другою вхідними цифровими шинами першого цифрового компаратора. Вихід першого тригера з'єднаний з другим входом першого елемента І, а другий вхід підключений до виходу першого формувача сигналу, вхід якого разом зі входами першого регістра та елемента НІ з'єднані з виходом другого генератора імпульсів. Вихід елемента НІ підключений до входу другого регістра, вхідна цифрова шина блока компараторів з'єднана з виходами п окремих інфрачервоних сенсорів інфрачервоного приймача. Вихід першого елемента І підключений до входу другого лічильника. Вихідна цифрова шина аналого-цифрового перетворювача з'єднана з вхідною цифровою шиною третього регістра, вихідна цифрова шина якого підключена до вхідної цифрової шини четвертого регістра та до першої вхідної цифрової шини другого цифрового компаратора, друга вхідна цифрова шина якого з'єднана з вихідною цифровою шиною аналого-цифрового перетворювача, а вихід підключений до другого входу другого елемента І, перший вхід якого разом з другим входом аналого-цифрового перетворювача

UA 162729 U

з'єднані з виходом першого елемента І, а вихід підключений до входу третього регістра. Вихід комутатора з'єднаний з першим входом аналого-цифрового перетворювача та із входом першого компаратора, вихід якого підключений до першого входу третього лічильника, вихідна цифрова шина якого з'єднана з вхідною цифровою шиною п'ятого регістра, а другий вхід підключений до виходу другого формувача сигналу, вхід якого разом із входами четвертого та п'ятого регістрів з'єднані з виходом другого лічильника. Вихідні цифрові шини четвертого та п'ятого регістрів підключені, відповідно, до вхідних цифрових шин першого та другого цифрових індикаторів. Додатково введено три лічильники, три регістри, три елементи І, елемент АБО, елемент НІ, другий тригер, другий компаратор, третій цифровий компаратор, формувач імпульсів та третій цифровий індикатор. Вихід дільника частоти з'єднаний зі входом другого тригера, перший та другий виходи якого підключені, відповідно, до перших входів третього та четвертого елементів І, виходи яких з'єднані з першими входами шостого та сьомого регістрів, а другі входи разом з другим входом п'ятого елемента І підключені до виходу другого компаратора, вхід якого з'єднаний з виходом комутатора. Перший вхід п'ятого елемента І підключений до виходу третього цифрового компаратора, перша та друга вхідні цифрові шини якого з'єднані, відповідно, з вихідними цифровими шинами шостого та сьомого регістрів, вхідні цифрові шини яких підключені до вихідної цифрової шини четвертого лічильника, а другі входи яких разом з входом формувача імпульсів та входом восьмого регістра з'єднані з виходом елемента АБО, перший вхід якого підключений до виходу п'ятого лічильника, перший вхід якого з'єднаний з виходом четвертого лічильника, а другий вхід разом з другими входами четвертого лічильника та елемента АБО підключені до виходу першого лічильника. Вихід формувача імпульсів з'єднаний з другим входом шостого лічильника, перший вхід якого підключений до виходу п'ятого елемента І, а вихідна цифрова шина з'єднана із вхідною цифровою шиною восьмого регістра, вихідна цифрова шина якого підключена до вхідної цифрової шини третього цифрового індикатора. Перший вхід четвертого лічильника з'єднаний з виходом першого елемента І.



Корисна модель належить до безконтактної термометрії і може бути використана для вимірювання температури об'єктів, що обертаються, зокрема поверхні обмоток ротора гідрогенераторів.

Відомий пристрій для безконтактного вимірювання температури ротора гідрогенератора (Патент України № 120311, МПК G01K 13/08, бюлетень № 20, 2017), що містить об'єктив, інфрачервоний приймач, що містить n окремих інфрачервоних сенсорів, дільник частоти, буферний регістр, комутатор, блок підготовки даних, два генератори імпульсів, два керовані підсилювачі, відеоконтрольний блок, лічильник, генератор напруги, блок пам'яті, два регістри, цифровий компаратор, тригер, елемент І, індикатор, блок компараторів, елемент НІ та формувач сигналу, причому вихід дільника частоти підключений до входів буферного регістра, лічильника та до першого входу відеоконтрольного блока, другий та третій входи якого з'єднані з виходами першого та другого керованих підсилювачів, перші входи яких підключені до виходу генератора напруги, а другі входи з'єднані, відповідно, з першим та другим виходами блока пам'яті, вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини лічильника, четвертий вхід відеоконтрольного блока разом з першим входом блока підготовки даних з'єднані з виходом комутатора, вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини буферного регістра, вхідна цифрова шина якого з'єднана з виходами n окремих інфрачервоних сенсорів інфрачервоного приймача, вихід блока підготовки даних підключений в коло ЕОМ, вихід першого генератора імпульсів з'єднаний з першим входом елемента І, вихід якого підключений до входів дільника частоти, комутатора, генератора напруги та до другого входу блока підготовки даних, вихід цифрового компаратора підключений до першого входу тригера, другий вихід якого з'єднаний із входом індикатора, вихідна цифрова шина блока компараторів підключена до вхідних цифрових шин першого та другого регістрів, вихідні цифрові шини яких з'єднані з першою та другою вхідними цифровими шинами цифрового компаратора, перший вихід тригера з'єднаний з другим входом елемента І, а другий вхід підключений до виходу формувача сигналу, вхід якого разом із виходами першого регістра та елемента НІ з'єднані з виходом другого генератора імпульсів, вихід елемента НІ підключений до входу другого регістра, вхідна цифрова шина блока компараторів з'єднана з виходами n окремих інфрачервоних сенсорів інфрачервоного приймача.

Головним недоліком даного пристрою є те, що він не дозволяє ідентифікувати та фіксувати виток з підвищеною температурою полюса обмотки ротора гідрогенератора в процесі вимірювання його теплового портрету під час роботи, оскільки гідрогенератор є специфічною електричною машиною закритого виконання, що ускладнює доступ до його обертових частин.

Аналогом є пристрій для безконтактного вимірювання температури ротора гідрогенератора (Патент України № 129879, МПК G01K 13/08, бюлетень № 21, 2018), що містить об'єктив, інфрачервоний приймач, що містить n окремих інфрачервоних сенсорів, дільник частоти, буферний регістр, комутатор, блок підготовки даних, два генератори імпульсів, два керовані підсилювачі, відеоконтрольний блок, три лічильники, генератор напруги, блок пам'яті, п'ять регістрів, два цифрових компаратори, тригер (далі - перший тригер), два елементи І, індикатор, блок компараторів, елемент НІ, два формувачі сигналу, аналого-цифровий перетворювач (АЦП), компаратор (далі - перший компаратор) та два цифрових індикатори, причому вихід дільника частоти підключений до входів буферного регістра, першого лічильника та до першого входу відеоконтрольного блока, другий та третій входи якого з'єднані з виходами першого та другого керованих підсилювачів, перші входи яких підключені до виходу генератора напруги, а другі входи з'єднані, відповідно, з першим та другим виходами блока пам'яті, вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини першого лічильника, четвертий вхід відеоконтрольного блока разом з першим входом блока підготовки даних з'єднані з виходом комутатора, вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини буферного регістра, вхідна цифрова шина якого з'єднана з виходами n окремих інфрачервоних сенсорів інфрачервоного приймача, вихід блока підготовки даних підключений в коло ЕОМ, вихід першого генератора імпульсів з'єднаний з першим входом першого елемента І, вихід якого підключений до входів дільника частоти, комутатора, генератора напруги та до другого входу блока підготовки даних, вихід першого цифрового компаратора підключений до першого входу першого тригера, другий вихід якого з'єднаний із входом індикатора, вихідна цифрова шина блока компараторів підключена до вхідних цифрових шин першого та другого регістрів, вихідні цифрові шини яких з'єднані з першою та другою вхідними цифровими шинами першого цифрового компаратора, перший вихід першого тригера з'єднаний з другим входом першого елемента І, а другий вхід підключений до виходу першого формувача сигналу, вхід якого разом із виходами першого регістра та елемента НІ з'єднані з виходом другого генератора імпульсів, вихід елемента НІ підключений до входу другого регістра, вхідна цифрова шина блока

компараторів з'єднана з виходами п окремих інфрачервоних сенсорів інфрачервоного приймача, вихід першого елемента I підключений до входу другого лічильника, вихідна цифрова шина АЦП з'єднана з вхідною цифровою шиною третього регістра, вихідна цифрова шина якого підключена до вхідної цифрової шини четвертого регістра та до першої вхідної цифрової шини другого цифрового компаратора, друга вхідна цифрова шина якого з'єднана з вихідною цифровою шиною АЦП, а вихід підключений до другого входу другого елемента I, перший вхід якого разом з другим входом АЦП з'єднані з виходом першого елемента I, а вихід підключений до входу третього регістра, вихід комутатора з'єднаний з першим входом АЦП та із входом першого компаратора, вихід якого підключений до першого входу третього лічильника, вихідна цифрова шина якого з'єднана з вхідною цифровою шиною п'ятого регістра, а другий вхід підключений до виходу другого формувача сигналу, вхід якого разом із входами четвертого та п'ятого регістрів з'єднані з виходом другого лічильника, вихідні цифрові шини четвертого та п'ятого регістрів підключені, відповідно, до вхідних цифрових шин першого та другого цифрових індикаторів.

Головним недоліком даного пристрою є те, що він не дозволяє ідентифікувати та фіксувати виток з підвищеною температурою полюса обмотки ротора гідрогенератора в процесі вимірювання його теплового портрету під час роботи, оскільки гідрогенератор є специфічною електричною машиною закритого виконання, що ускладнює доступ до його обертових частин.

В основу корисної моделі поставлена задача створити пристрій для тепловізійного діагностування обмоток ротора гідрогенератора, в якому за рахунок введення нових блоків та зв'язків між ними з'являється можливість на працюючому гідрогенераторі ідентифікувати та фіксувати виток з підвищеною температурою полюса обмотки ротора гідрогенератора в процесі вимірювання його теплового портрету, що розширює функціональні можливості пристрою.

Поставлена задача вирішується тим, що пристрій для тепловізійного діагностування обмоток ротора гідрогенератора, що містить об'єktiv, інфрачервоний приймач, містить п окремих інфрачервоних сенсорів, дільник частоти, буферний регістр, комутатор, блок підготовки даних, два генератори імпульсів, два керовані підсилювачі, відеоконтрольний блок, три лічильники, генератор напруги, блок пам'яті, п'ять регістрів, два цифрових компаратори, перший тригер, два елементи I, блок компараторів, елемент HI, два формувачі сигналу, аналого-цифровий перетворювач, перший компаратор та два цифрових індикатори, причому вихід дільника частоти підключений до входів буферного регістра, першого лічильника та до першого входу відеоконтрольного блока, другий та третій входи якого з'єднані з виходами першого та другого керованих підсилювачів, перші входи яких підключені до виходу генератора напруги, а другі входи з'єднані, відповідно, з першим та другим виходами блока пам'яті, вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини першого лічильника, четвертий вхід відеоконтрольного блока разом з першим входом блока підготовки даних з'єднані з виходом комутатора, вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини буферного регістра, вхідна цифрова шина якого з'єднана з виходами п окремих інфрачервоних сенсорів інфрачервоного приймача, вихід блока підготовки даних підключений в кола ЕОМ, вихід першого генератора імпульсів з'єднаний з першим входом першого елемента I, вихід якого підключений до входів дільника частоти, комутатора, генератора напруги та до другого входу блока підготовки даних, вихід першого цифрового компаратора підключений до першого входу першого тригера, вихідна цифрова шина блока компараторів підключена до вхідних цифрових шин першого та другого регістрів, вихідні цифрові шини яких з'єднані з першою та другою вхідними цифровими шинами першого цифрового компаратора, вихід першого тригера з'єднаний з другим входом першого елемента I, а другий вхід підключений до виходу першого формувача сигналу, вхід якого разом зі входами першого регістра та елемента HI з'єднані з виходом другого генератора імпульсів, вихід елемента HI підключений до входу другого регістра, вхідна цифрова шина блока компараторів з'єднана з виходами п окремих інфрачервоних сенсорів інфрачервоного приймача, вихід першого елемента I підключений до входу другого лічильника, вихідна цифрова шина аналого-цифрового перетворювача з'єднана з вхідною цифровою шиною третього регістра, вихідна цифрова шина якого підключена до вхідної цифрової шини четвертого регістра та до першої вхідної цифрової шини другого цифрового компаратора, друга вхідна цифрова шина якого з'єднана з вихідною цифровою шиною аналого-цифрового перетворювача, а вихід підключений до другого входу другого елемента I, перший вхід якого разом з другим входом аналого-цифрового перетворювача з'єднані з виходом першого елемента I, а вихід підключений до входу третього регістра, вихід комутатора з'єднаний з першим входом аналого-цифрового перетворювача та із входом першого компаратора, вихід якого підключений до першого входу третього лічильника, вихідна цифрова шина якого з'єднана з вхідною цифровою шиною п'ятого регістра, а другий вхід підключений до

виходу другого формувача сигналу, вхід якого разом зі входами четвертого та п'ятого регістрів з'єднані з виходом другого лічильника, вихідні цифрові шини четвертого та п'ятого регістрів підключені, відповідно, до вхідних цифрових шин першого та другого цифрових індикаторів, згідно з корисною моделлю, введено три лічильники, три регістри, три елементи І, елемент АБО, елемент НІ, другий тригер, другий компаратор, третій цифровий компаратор, формувач імпульсів та третій цифровий індикатор, причому вихід дільника частоти з'єднаний зі входом другого тригера, перший та другий виходи якого підключені, відповідно, до перших входів третього та четвертого елементів І, виходи яких з'єднані з першими входами шостого та сьомого регістрів, а другі входи разом з другим входом п'ятого елемента І підключені до виходу другого компаратора, вхід якого з'єднаний з виходом комутатора, перший вхід п'ятого елемента І підключений до виходу третього цифрового компаратора, перша та друга вхідні цифрові шини якого з'єднані, відповідно, з вихідними цифровими шинами шостого та сьомого регістрів, вхідні цифрові шини яких підключені до вихідної цифрової шини четвертого лічильника, а другі входи яких разом з входом формувача імпульсів та входом восьмого регістра з'єднані з виходом елемента АБО, перший вхід якого підключений до виходу п'ятого лічильника, перший вхід якого з'єднаний з виходом четвертого лічильника, а другий вхід разом з другими входами четвертого лічильника та елемента АБО підключені до виходу першого лічильника, вихід формувача імпульсів з'єднаний з другим входом шостого лічильника, перший вхід якого підключений до виходу п'ятого елемента І, а вихідна цифрова шина з'єднана зі вхідною цифровою шиною восьмого регістра, вихідна цифрова шина якого підключена до вхідної цифрової шини третього цифрового індикатора, перший вхід четвертого лічильника з'єднаний з виходом першого елемента І.

Суть корисної моделі пояснює схема.

На схемі показано: 1 - об'єктив; 2 інфрачервоний приймач, що містить п окремих інфрачервоних сенсорів 2.1-2.п; 3 - перший генератор імпульсів; 4 - перший елемент І; 5 - дільник частоти; 6 - буферний регістр; 7 - блок компараторів; 8 - другий генератор імпульсів; 9 - елемент НІ; 10 - перший регістр; 11 - другий регістр; 12 - перший цифровий компаратор; 13 - перший тригер; 14 - четвертий лічильник; 15 - комутатор; 16 - блок підготовки даних; 17 - перший формувач сигналу; 18 - відеоконтрольний блок; 19 - блок пам'яті; 20 - перший лічильник; 21, 22 - перший та другий керовані підсилювачі; 23 - генератор напруги; 24 - другий лічильник; 25 - четвертий регістр; 26 - перший цифровий індикатор; 27 - АЦП; 28 - другий елемент І; 29 - третій регістр; 30 - другий цифровий компаратор; 31 - перший компаратор; 32 - другий формувач сигналу; 33 - третій лічильник; 34 - п'ятий регістр; 35 - другий цифровий індикатор; 36 - п'ятий лічильник; 37 - елемент АБО; 38 - другий тригер; 39 - третій елемент І; 40 - шостий регістр; 41 - четвертий елемент І; 42 - сьомий регістр; 43 - третій цифровий компаратор; 44 - другий компаратор; 45 - п'ятий елемент І; 46 - формувач імпульсів; 47 - шостий лічильник; 48 - восьмий регістр; 49 - третій цифровий індикатор, причому вихід дільника частоти 5 підключений до входів буферного регістра 6, першого лічильника 20 та до першого входу відеоконтрольного блока 18, другий та третій входи якого з'єднані з виходами першого 21 та другого 22 керованих підсилювачів, перші входи яких підключені до виходу генератора напруги 23, а другі входи з'єднані, відповідно, з першим та другим виходами блока пам'яті 19, вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини першого лічильника 20, четвертий вхід відеоконтрольного блока 18 разом з першим входом блока підготовки даних 16 з'єднані з виходом комутатора 15, вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини буферного регістра 6, вхідна цифрова шина якого з'єднана з виходами п окремих інфрачервоних сенсорів 2.1-2.п інфрачервоного приймача 2, вихід блока підготовки даних 16 підключений в кола ЕОМ, вихід першого генератора імпульсів 3 з'єднаний з першим входом першого елемента І 4, вихід якого підключений до входів дільника частоти 5, комутатора 15, генератора напруги 23 та до другого входу блока підготовки даних 16, вихід першого цифрового компаратора 12 підключений до першого входу першого тригера 13, вихідна цифрова шина блока компараторів 7 підключена до вхідних цифрових шин першого 10 та другого 11 регістрів, вихідні цифрові шини яких з'єднані з першою та другою вхідними цифровими шинами першого цифрового компаратора 12, вихід першого тригера 13 з'єднаний з другим входом першого елемента І 4, а другий вхід підключений до виходу першого формувача сигналу 17, вхід якого разом зі входами першого регістра 10 та елемента НІ 9 з'єднані з виходом другого генератора імпульсів 8, вихід елемента НІ 9 підключений до входу другого регістра 11, вхідна цифрова шина блока компараторів 7 з'єднана з виходами п окремих інфрачервоних сенсорів 2.1-2.п інфрачервоного приймача 2, вихід першого елемента І 4 підключений до входу другого лічильника 24, вихідна цифрова шина АЦП 27 з'єднана з вхідною цифровою шиною третього регістра 29, вихідна цифрова шина якого підключена до вхідної цифрової шини четвертого

регістра 25 та до першої вхідної цифрової шини другого цифрового компаратора 30, друга вхідна цифрова шина якого з'єднана з вихідною цифровою шиною АЦП 27, а вихід підключений до другого входу другого елемента І 28, перший вхід якого разом з другим входом АЦП 27 з'єднані з виходом першого елемента І 4, а вихід підключений до входу третього регістра 29, вихід комутатора 15 з'єднаний з першим входом АЦП 27 та зі входом першого компаратора 31, вихід якого підключений до першого входу третього лічильника 33, вихідна цифрова шина якого з'єднана з вхідною цифровою шиною п'ятого регістра 34, а другий вхід підключений до виходу другого формувача сигналу 32, вхід якого разом зі входами четвертого 25 та п'ятого 34 регістрів з'єднані з виходом другого лічильника 24, вихідні цифрові шини четвертого 25 та п'ятого 34 регістрів підключені, відповідно, до вхідних цифрових шин першого 26 та другого 35 цифрових індикаторів, вихід дільника частоти 5 з'єднаний зі входом другого тригера 38, перший та другий виходи якого підключені, відповідно, до перших входів третього 39 та четвертого 41 елементів І, виходи яких з'єднані з першими входами шостого 40 та сьомого 42 регістрів, а другі входи разом з другим входом п'ятого елемента І 45 підключені до виходу другого компаратора 44, вхід якого з'єднаний з виходом комутатора 15, перший вхід п'ятого елемента І 45 підключений до виходу третього цифрового компаратора 43, перша та друга вхідні цифрові шини якого з'єднані, відповідно, з вихідними цифровими шинами шостого 40 та сьомого 42 регістрів, вхідні цифрові шини яких підключені до вихідної цифрової шини четвертого лічильника 14, а другі входи яких разом з входом формувача імпульсів 46 та входом восьмого регістра 48 з'єднані з виходом елемента АБО 37, перший вхід якого підключений до виходу п'ятого лічильника 36, перший вхід якого з'єднаний з виходом четвертого лічильника 14, а другий вхід разом з другими входами четвертого лічильника 14 та елемента АБО 37 підключені до виходу першого лічильника 20, вихід формувача імпульсів 46 з'єднаний з другим входом шостого лічильника 47, перший вхід якого підключений до виходу п'ятого елемента І 45, а вихідна цифрова шина з'єднана зі вхідною цифровою шиною восьмого регістра 48, вихідна цифрова шина якого підключена до вхідної цифрової шини третього цифрового індикатора 49, перший вхід четвертого лічильника 14 з'єднаний з виходом першого елемента І 4, позицією 1 позначено об'єktiv.

Запропонований пристрій працює наступним чином.

При подачі напруги живлення перший 3 та другий 8 генератори імпульсів починають формувати відповідні послідовності імпульсів. Потік інфрачервоного випромінювання, який створюється поверхнею ротора гідрогенератора, що знаходиться на деякій відстані від оптичної системи пристрою, потрапляє через об'єktiv 1 на лінійку п окремих інфрачервоних сенсорів 2.1-2.n інфрачервоного приймача 2, розташованих вздовж радіуса ротора. Очевидно, що при обертанні ротора гідрогенератора в кожен момент часу в поле зору інфрачервоного приймача 2 потрапляє лише фрагмент поверхні вздовж радіуса ротора. Отримуючи фрагменти теплового зображення, можна побудувати тепловий портрет всієї поверхні ротора гідрогенератора в процесі його роботи.

Якщо ротор гідрогенератора знаходиться в нерухомому стані або його швидкість обертання менша від номінальної, то на екран відеоконтрольного блока 18 теплове зображення поверхні ротора не виводиться. Це обумовлено наступним.

Сигнали, що надходять з виходів п окремих інфрачервоних сенсорів 2.1-2.n інфрачервоного приймача 2 на вхід блока компараторів 7, перетворюються в цифрову форму та записуються за сигналом логічної одиниці з виходу другого генератора імпульсів 8 в перший регістр 10, а за сигналом логічного нуля, який перетворюється в сигнал логічної одиниці в елементі НІ 9, записуються в другий регістр 11. Зазначимо, що обидва регістри 10 та 11 мають синхронний прямий динамічний вхід і сигнали записуються в них по передньому фронту імпульсів з виходу другого генератора імпульсів 8. Якщо на виході першого цифрового компаратора 12 присутній сигнал логічного нуля, то це значить, що в першому 10 та другому 11 регістрах цифрові коди не співпадають, а отже, частота сигналів другого генератора імпульсів 8 відрізняється від частоти обертання ротора гідрогенератора, що визначається кутовою швидкістю, розташованого по радіусу ротора, мінімального сектора поверхні ротора β , що потрапляє в поле зору інфрачервоного приймача 2. Сигнал логічного нуля з виходу першого цифрового компаратора 12 перезаписується в перший тригер 13 за імпульсом, що з'являється на виході першого формувача сигналу 17 по задньому фронту вихідного імпульсу з другого генератора імпульсів 8. При цьому в першому тригері 13 зберігається сигнал логічного нуля, тепловий портрет ротора не фіксується.

Очевидно, що у разі збігання кутової швидкості мінімального сектора поверхні ротора β з частотою надходження імпульсів другого генератора імпульсів 8 в перший 10 та другий 11 регістри буде записуватись один і той же цифровий код.

Якщо ж швидкість обертання ротора гідрогенератора стає рівною номінальній, то на виході першого цифрового компаратора 12, а отже, і першому виході першого тригера 13 з'являється сигнал логічної одиниці, який подається на вхід першого елемента І 4. Внаслідок цього імпульси з виходу першого генератора імпульсів 3 через перший елемент І 4 починають надходити в

5 блоки, за допомогою яких формується тепловий портрет на екрані відеоконтрольного блока 18.
Залежно від номінальної кутової швидкості обертання ω ротора гідрогенератора вибрана частота формування імпульсів f_1 першого генератора імпульсів 3, що пов'язано співвідношенням $f_1/n = \omega/(2\pi \cdot m)$, де $m = 360^\circ/\beta$, β - мінімальний сектор поверхні ротора, що потрапляє в поле зору інфрачервоного приймача 2, n - коефіцієнт ділення дільника частоти 5, що відповідає кількості окремих інфрачервоних сенсорів 2.1-2.n інфрачервоного приймача 2. Отже, з частотою f_1/n , при номінальній швидкості обертання ротора, на виході дільника частоти 5 з'являються імпульси, якими фіксуються у буферному регістрі 6 на час $\Delta T = n/f_1$ електричні сигнали в аналоговому вигляді з виходів n окремих інфрачервоних сенсорів 2.1-2.n інфрачервоного приймача 2. Амплітуди цих сигналів пропорційні температурі елементарних

15 ділянок поверхні об'єкта (кількість таких ділянок $N=n \cdot m$). Комутатором 15 здійснюється зчитування інформації з буферного регістра 6 з наступним її перетворенням із паралельного виду представлення в послідовний. Сформований таким чином сигнал з виходу комутатора 15 потрапляє на вхід відеоконтрольного блока 18 і на вхід блока підготовки даних 16, в якому він перетворюється в цифрову форму та приводиться до зручного виду для передачі в ЕОМ.
20 Генератор напруги 23, перший 21 та другий 22 керовані підсилювачі і блок пам'яті 19 призначені для формування сигналів розгортки відеоконтрольного блока 18. Сигнал частотою f_1 , що надходить на вхід генератора напруги 23, на виході приймає ступінчасту форму (містить n складових) і подається на входи першого 21 і другого 22 керованих підсилювачів, коефіцієнт підсилення яких задається вихідними сигналами блока пам'яті 19. При цьому коефіцієнти підсилення першого 21 та другого 22 керованих підсилювачів задаються так, що на їх виходах формуються сигнали, пропорційні $R_i \cdot \sin \varphi_i$ та $R_i \cdot \cos \varphi_i$ відповідно, де R_i - радіус, φ_i - кут координати елементарної ділянки поверхні ротора в полярній системі координат. При цьому $i = \overline{0, n}$, $i = \overline{0, m}$.

На вхід блока пам'яті 19 сигнали надходять з першого лічильника 20, коефіцієнт перерахунку якого дорівнює m . В результаті на екрані відеоконтрольного блока 18 при наявності одного інформаційного сигналу, двох сигналів розгортки та сигналу з виходу дільника частоти 5 формується зображення, що відповідає тепловому портрету ротора гідрогенератора.

Визначення найбільш нагрітої точки обмотки ротора гідрогенератора в процесі його роботи відбувається наступним чином. Послідовність сигналів з виходу комутатора 15 потрапляє на 35 перший вхід АЦП 27, в якому за сигналом з першого генератора імпульсів 3 через перший елемент І 4 здійснюється їх перетворення в цифровий код. Після закінчення першого перетворення в другому цифровому компараторі 30 здійснюється порівняння цифрового коду з виходу АЦП 27 та нульового коду, записаного в третьому регістрі 29. При цьому на виході другого цифрового компаратора 30 з'являється сигнал логічної одиниці, яким відкривається 40 другий елемент І 28 і за сигналом з виходу першого елемента І 4 цифровий код з виходу АЦП 27 записується в третій регістр 29. При черговому циклі аналого-цифрового перетворення на виході АЦП 27 з'являється цифровий код, який порівнюється з кодом, записаним в третьому регістрі 29. І якщо цифровий код на виході АЦП 27 перевищує код, записаний в третьому регістрі 29, то відбувається перезапис коду в третій регістр 29. Таким чином в процесі аналого-цифрового перетворення сигналів, що відповідають температурі різних точок обмотки ротора 45 гідрогенератора, в третьому регістрі 29 зберігається код, що відповідає найвищій температурі обмотки ротора. Після завершення повного оберту ротора гідрогенератора на виході другого лічильника 24, коефіцієнт ділення якого дорівнює N , з'являється імпульс, яким інформація з третього регістра 29 переписується в четвертий регістр 25 та виводиться на перший цифровий 50 індикатор 26.

Розмір області підвищеної температури обмотки ротора визначається так. Інформаційний сигнал з комутатора 15, що надходить на вхід першого компаратора 31, залежно від значення вимірюваної температури, на його виході перетворюється в логічний сигнал нуля або одиниці та у вигляді імпульсів подається на вхід третього лічильника 33, яким підраховується кількість 55 точок теплового портрета ротора гідрогенератора, температура яких перевищує значення, що визначається порогом спрацьовування першого компаратора 31. Після завершення сканування всіх точок теплового портрета обмотки ротора гідрогенератора на виході другого лічильника 24 з'являється імпульс, яким дані з третього лічильника 33 (кількість точок з підвищеною температурою) переносяться в п'ятий регістр 34 та відображаються на другому цифровому 60 індикаторі 35. Після закінчення імпульсу з виходу другого лічильника 24 на виході другого

формувача сигналу 32 з'являється короткий імпульс, яким третій лічильник 33 обнуляється. Число, що записане в п'ятому регістрі 34, свідчить про розмір локальної області підвищеної температури обмотки ротора гідрогенератора, за яким оперативний персонал приймає рішення про роботоздатність гідрогенератора.

Очевидно, що згідно з запропонованим алгоритмом сканування ротора гідрогенератора здійснюється спочатку вздовж деякого радіуса R_j . Коли закінчено сканування n точок, що лежать на радіусі R_j , здійснюється сканування n точок, що лежать на радіусі R_{j+1} . Так знаходиться кругова розгортка всього теплового зображення ротора гідрогенератора в процесі його роботи.

Ідентифікація витка обмотки з підвищеною температурою ротора гідрогенератора здійснюється так. Нагадаємо, що на виході дільника частоти 5 сигнал з'являється кожен раз, коли закінчується сканування вздовж лінійки n окремих інфрачервоних сенсорів 2.1 - 2.п. За кожним імпульсом з виходу дільника частоти 5 другий тригер 38 кожен раз перемикається з одного положення в інше.

В період, коли ротор обертається з номінальною швидкістю, на виході першого елемента І 4 встановлюється послідовність імпульсів, яка формується першим генератором імпульсів 3 і через дільник частоти 5 ці імпульси надходять на перший вхід четвертого лічильника 14, внаслідок чого на його виході нарощується цифровий код від нульового значення до максимального, що відповідає кількості n окремих інфрачервоних сенсорів 2.1-2.п. Послідовно за ним ввімкнений п'ятий лічильник 36, коефіцієнт ділення якого відповідає розміру одного полюса обмотки ротора гідрогенератора в перерахунку на кількість секторів його сканування.

Якщо на виході одного з n окремих інфрачервоних сенсорів 2.1-2.п з'являється підвищене значення напруги, що відповідає підвищеній температурі фрагменту поверхні обмотки ротора гідрогенератора, то на виході другого компаратора 44 формується імпульс, який подається на третій 39 та четвертий 41 елементи І. Залежно від положення другого тригера 38 логічний сигнал з'являється або на першому, або на другому його виходах. Внаслідок цього цифровий код, що відповідає номеру інфрачервоного сенсора в лінійці n окремих інфрачервоних сенсорів 2.1-2.п, з виходу четвертого лічильника 14 надходить на входи шостого 40 та сьомого 42 регістрів. І коли під дією другого тригера 38 та другого компаратора 44 відкривається третій 39 та четвертий 41 елементи І, то цифровий код з виходу четвертого лічильника 14 заноситься в шостий 40 та сьомий 42 регістри. Зазначимо, що при ввімкненні пристрою, коли в шостому 40 та сьомому 42 регістрах записаний нульовий цифровий код, при запису цифрового коду з виходу четвертого лічильника 14 в шостий 40 та сьомий 42 регістри на виході третього цифрового компаратора 43 присутній сигнал логічного нуля.

При скануванні наступного сектора поверхні полюса ротора гідрогенератора, тобто коли тим же інфрачервоним сенсором, що і в попередньому скануванні, фіксується підвищена температура, то в шостий 40 та сьомий 42 регістри (в той, в якому записаний нульовий цифровий код) заноситься цифровий код з виходу четвертого лічильника 14, який збігається з кодом, записаним при попередньому скануванні, і на виході третього цифрового компаратора 43 з'являється сигнал, що надходить на перший вхід п'ятого елемента І 45. При цьому на його другому вході присутній сигнал з виходу другого компаратора 44, внаслідок чого на перший вхід п'ятого лічильника 47 надходить імпульс, яким нарощується в ньому цифровий код, що свідчить про наявність підвищеної температури в сусідніх секторах в одному витку полюса обмотки ротора гідрогенератора.

Таке сканування та відповідна обробка інформації здійснюється над кожним полюсом обмотки ротора гідрогенератора протягом повного оберту ротора гідрогенератора, внаслідок чого однаковий цифровий код періодично з виходу четвертого лічильника 14 заноситься по черговому то в шостий 40, то в сьомий 42 регістри (за умови, що існує область підвищеної температури одного витка полюса обмотки ротора). Після завершення сканування одного полюсу обмотки на виході п'ятого лічильника 36 з'являється імпульс, яким через елемент АБО 37 обнуляються шостий 40 та сьомий 42 регістри. Цим же сигналом цифровий код з виходу шостого лічильника 47 переноситься в восьмий регістр 48 і після завершення імпульсу на виході формувача імпульсів 46 з'являється сигнал, яким обнуляється шостий лічильник 47.

Після цього, розпочинається сканування другого полюсу обмотки ротора гідрогенератора.

Після завершення сканування всіх полюсів обмотки ротора гідрогенератора (після завершення повного оберту ротора) на виході першого лічильника 20 з'являється імпульс, яким обнуляється четвертий 14 та п'ятий 36 лічильники і через елемент АБО 37 обнуляються шостий 40 та сьомий 42 регістри. Цим же сигналом цифровий код з виходу шостого лічильника 47 переноситься в восьмий регістр 48 і після завершення імпульсу на виході формувача імпульсів 46 з'являється сигнал, яким обнуляється шостий лічильник 47.

Цифровий код з виходу восьмого регістра 48 заноситься в третій цифровий індикатор 49, на якому почергово відображається довжина області підвищеної температури вздовж одного витка кожного полюсу обмотки ротора гідрогенератора, що і є сигналом для обслуговуючого персоналу щодо можливості подальшої експлуатації гідрогенератора.

5 У разі, коли підвищену температуру має тільки фрагмент ізоляції витка полюса обмотки в третьому цифровому індикаторі 49 фіксується число, що підтверджує виникнення локальної області підвищеної температури.

Цикл сканування поверхні ротора гідрогенератора повторюється.

10 Зазначимо, що частота імпульсів з другого генератора імпульсів 8 збігається з частотою імпульсів, що формуються на виході дільника частоти 5. Тривалість імпульсу на виході формувачів сигналів вибирається суттєво меншою тривалості півперіоду частоти сигналів другого генератора імпульсів 8.

Поріг спрацьовування компараторів в блоці компараторів 7 вибирається дослідним шляхом.

15 ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Пристрій для тепловізійного діагностування обмоток ротора гідрогенератора, що містить об'єктив, інфрачервоний приймач, містить n окремих інфрачервоних сенсорів, дільник частоти, буферний регістр, комутатор, блок підготовки даних, два генератори імпульсів, два керовані підсилювачі, відеоконтрольний блок, три лічильники, генератор напруги, блок пам'яті, п'ять регістрів, два цифрових компаратори, перший тригер, два елементи І, блок компараторів, елемент НІ, два формувачі сигналу, аналого-цифровий перетворювач, перший компаратор та два цифрових індикатори, причому вихід дільника частоти підключений до входів буферного регістра, першого лічильника та до першого входу відеоконтрольного блока, другий та третій входи якого з'єднані з виходами першого та другого керованих підсилювачів, перші входи яких підключені до виходу генератора напруги, а другі входи з'єднані, відповідно, з першим та другим виходами блока пам'яті, вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини першого лічильника, четвертий вхід відеоконтрольного блока разом з першим входом блока підготовки даних з'єднані з виходом комутатора, вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини буферного регістра, вхідна цифрова шина якого з'єднана з виходами n окремих інфрачервоних сенсорів інфрачервоного приймача, вихід блока підготовки даних підключений в кола ЕОМ, вихід першого генератора імпульсів з'єднаний з першим входом першого елемента І, вихід якого підключений до входів дільника частоти, комутатора, генератора напруги та до другого входу блока підготовки даних, вихід першого цифрового компаратора підключений до першого входу першого тригера, вихідна цифрова шина блока компараторів підключена до вхідних цифрових шин першого та другого регістрів, вихідні цифрові шини яких з'єднані з першою та другою вхідними цифровими шинами першого цифрового компаратора, вихід першого тригера з'єднаний з другим входом першого елемента І, а другий вхід підключений до виходу першого формувача сигналу, вхід якого разом із виходами першого регістра та елемента НІ з'єднані з виходом другого генератора імпульсів, вихід елемента НІ підключений до входу другого регістра, вхідна цифрова шина блока компараторів з'єднана з виходами n окремих інфрачервоних сенсорів інфрачервоного приймача, вихід першого елемента І підключений до входу другого лічильника, вихідна цифрова шина аналого-цифрового перетворювача з'єднана з вхідною цифровою шиною третього регістра, вихідна цифрова шина якого підключена до вхідної цифрової шини четвертого регістра та до першої вхідної цифрової шини другого цифрового компаратора, друга вхідна цифрова шина якого з'єднана з вихідною цифровою шиною аналого-цифрового перетворювача, а вихід підключений до другого входу другого елемента І, перший вхід якого разом з другим входом аналого-цифрового перетворювача з'єднані з виходом першого елемента І, а вихід підключений до входу третього регістра, вихід комутатора з'єднаний з першим входом аналого-цифрового перетворювача та із входом першого компаратора, вихід якого підключений до першого входу третього лічильника, вихідна цифрова шина якого з'єднана з вхідною цифровою шиною п'ятого регістра, а другий вхід підключений до виходу другого формувача сигналу, вхід якого разом із виходами четвертого та п'ятого регістрів з'єднані з виходом другого лічильника, вихідні цифрові шини четвертого та п'ятого регістрів підключені, відповідно, до вхідних цифрових шин першого та другого цифрових індикаторів, який **відрізняється** тим, що введено три лічильники, три регістри, три елементи І, елемент АБО, елемент НІ, другий тригер, другий компаратор, третій цифровий компаратор, формувач імпульсів та третій цифровий індикатор, причому вихід дільника частоти з'єднаний із входом другого тригера, перший та другий входи якого підключені, відповідно, до перших входів третього та четвертого елементів І, виходи яких

з'єднані з першими входами шостого та сьомого регістрів, а другі входи разом з другим входом п'ятого елемента І підключені до виходу другого компаратора, вхід якого з'єднаний з виходом комутатора, перший вхід п'ятого елемента І підключений до виходу третього цифрового компаратора, перша та друга вхідні цифрові шини якого з'єднані, відповідно, з вихідними цифровими шинами шостого та сьомого регістрів, вхідні цифрові шини яких підключені до вихідної цифрової шини четвертого лічильника, а другі входи яких разом з входом формувача імпульсів та входом восьмого регістра з'єднані з виходом елемента АБО, перший вхід якого підключений до виходу п'ятого лічильника, перший вхід якого з'єднаний з виходом четвертого лічильника, а другий вхід разом з другими входами четвертого лічильника та елемента АБО підключені до виходу першого лічильника, вихід формувача імпульсів з'єднаний з другим входом шостого лічильника, перший вхід якого підключений до виходу п'ятого елемента І, а вихідна цифрова шина з'єднана із вхідною цифровою шиною восьмого регістра, вихідна цифрова шина якого підключена до вхідної цифрової шини третього цифрового індикатора, перший вхід четвертого лічильника з'єднаний з виходом першого елемента І.

