



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **162695** (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 03892	(72) Винахідник(и): Грабко Володимир Віталійович (UA), Грабко Валентин Володимирович (UA), Чорний Олексій Петрович (UA), Шарандак Олександр Володимирович (UA)
(22) Дата подання заявки: 12.08.2025	(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	

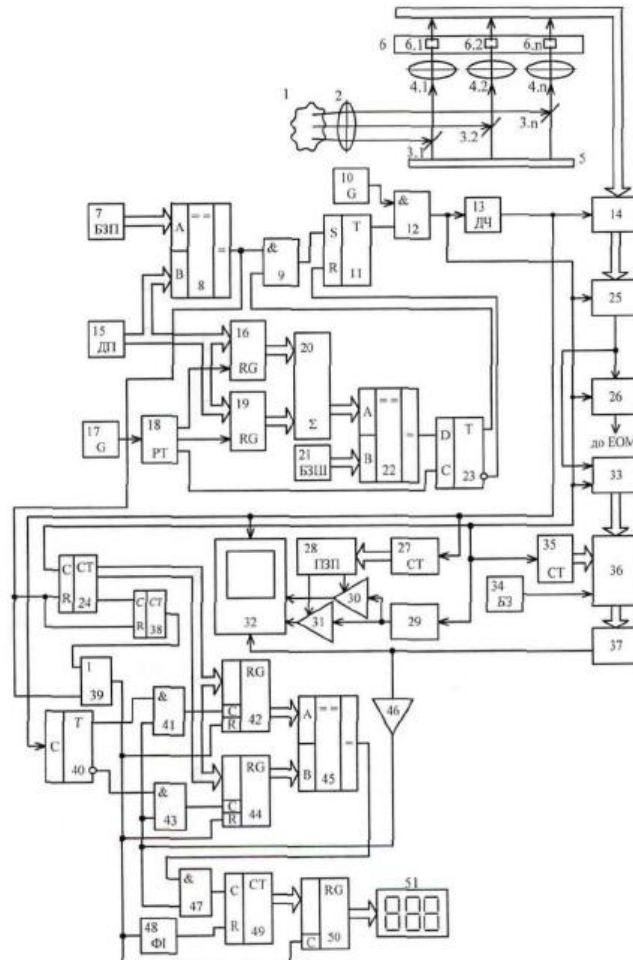
(54) ПРИСТРІЙ ДЛЯ ТЕПЛОВІЗІЙНОГО ДІАГНОСТУВАННЯ ОБМОТОК РОТОРА ГІДРОГЕНЕРАТОРА

(57) Реферат:

Пристрій для тепловізійного діагностування обмоток ротора гідрогенератора містить об'єктив, п дзеркал, закріплених на оптичній лінійці таким чином, що їх площини утворюють кут 45° з головною оптичною віссю, п лінз, що встановлені на одній оптичній осі з дзеркалами. Лінійка п інфрачервоних датчиків, дільник частоти, буферний регістр, комутатор, аналого-цифровий перетворювач, інтерфейсний блок, два генератори імпульсів, два керовані підсилювачі, відеоконтрольний блок, два лічильники, генератор напруги, що змінюється ступінчасто. Блок пам'яті, датчик положення, блок задання положення, блок задання швидкості, розподільувач тактів, два регістри, два цифрові компаратори, цифровий суматор, два тригери, два елементи І, блок запуску, буфер даних та цифро-аналоговий перетворювач. 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, що змінюється ступінчасто. Другі входи з'єднані, відповідно, з першим та другим виходами блока пам'яті, вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини першого лічильника, перший вхід аналого-цифрового перетворювача з'єднаний з виходом комутатора, вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини буферного регістра. Вхідна цифрова шина якого з'єднана з виходами лінійки п окремих інфрачервоних датчиків, вхідна цифрова шина блока задання положення підключена до першої вхідної цифрової шини першого цифрового компаратора, друга вхідна цифрова шина якого разом з вхідними цифровими шинами першого та другого регістрів з'єднані з вихідною цифровою шиною датчика положення, вихід першого цифрового компаратора підключений до першого входу першого елемента І. Другий вхід якого з'єднаний з першим виходом другого тригера, а вихід підключений до першого входу першого тригера, другий вхід якого з'єднаний з другим виходом другого тригера, перший вхід якого підключений до виходу другого цифрового компаратора. Друга вхідна цифрова шина якого з'єднана з вихідною цифровою шиною блока задання швидкості, а перша вхідна цифрова шина підключена до вихідної цифрової шини цифрового суматора, перша і друга вхідні цифрові шини якого з'єднані, відповідно, з вихідними цифровими шинами першого та другого регістрів. Входи яких підключені, відповідно, до першого та другого виходів розподільувача тактів, третій вхід якого з'єднаний з другим входом другого тригера, вихід другого генератора імпульсів підключений до входу розподільувача тактів, вихід першого тригера з'єднаний з першим входом другого елемента І, другий вхід якого підключений до

UA 162695 U

виходу першого генератора імпульсів, а вихід з'єднаний з входами дільника частоти, генератора напруги, що змінюється ступінчасто, комутатора та з другим входом аналого-цифрового перетворювача. Вихідна цифрова шина аналого-цифрового перетворювача підключена до першої вхідної цифрової шини буфера даних, вихідна цифрова шина якого з'єднана зі вхідною цифровою шиною цифро-аналогового перетворювача, вихід якого підключений до четвертого входу відеоконтрольного блока, вихід блока запуску з'єднаний зі входом буфера даних, друга вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини другого лічильника, вхід якого разом з другим входом інтерфейсного блока з'єднані з виходом другого елемента І, вихід комутатора підключений до першого входу інтерфейсного блока, вихід якого з'єднаний з колами ЕОМ. В нього введено три лічильники, три регістри, три елементи І, елемент АБО, третій тригер, компаратор, третій цифровий компаратор, формувач імпульсів та цифровий індикатор. Вихід дільника частоти з'єднаний зі входом третього тригера, перший та другий виходи якого підключені, відповідно, до перших входів третього та четвертого елементів І, виходи яких з'єднані з першими входами третього та четвертого регістрів, а другі входи разом з другим входом п'ятого елемента І підключені до виходу компаратора, вхід якого з'єднаний з виходом цифро-аналогового перетворювача. 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 третього та четвертого регістрів, вхідні цифрові шини яких підключені до вихідної цифрової шини третього лічильника, а другі входи яких разом з входом формувача імпульсів та входом п'ятого регістра з'єднані з виходом елемента АБО, перший вхід якого підключений до виходу четвертого лічильника. Перший вхід якого з'єднаний з виходом третього лічильника, а другий вхід разом з другими входами третього лічильника та елемента АБО підключені до виходу першого цифрового компаратора, вихід формувача імпульсів з'єднаний з другим входом п'ятого лічильника, перший вхід якого підключений до виходу п'ятого елемента І. Вихідна цифрова шина з'єднана зі вхідною цифровою шиною п'ятого регістра, вихідна цифрова шина якого підключена до вхідної цифрової шини цифрового індикатора, перший вхід третього лічильника з'єднаний з виходом другого 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 № 66867, МПК G01K 13/00, бюл. № 2, 2012), що містить об'єкти, n дзеркал, закріплених на оптичній лінійці таким чином, що їх площини утворюють кут 45° з головною оптичною віссю, n лінз, що встановлені на одній оптичній осі з дзеркалами, лінійку n інфрачервоних (ІЧ) датчиків, дільник частоти, буферний регістр, комутатор, аналого-цифровий перетворювач (АЦП), інтерфейсний блок, два генератори імпульсів, два керовані підсилювачі, відеоконтрольний блок, лічильник, генератор напруги, що змінюється ступінчасто, блок пам'яті, датчик положення, блок задання положення, блок задання швидкості, розподільувач тактів, два регістри, два цифрові компаратори, цифровий суматор, два тригери, два елементи І та індикатор, 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, що змінюється ступінчасто, 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 АЦП з'єднані з виходом комутатора, вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини буферного регістра, вхідна цифрова шина якого з'єднана з виходами лінійки n окремих ІЧ датчиків, вихідна цифрова шина АЦП через інтерфейсний блок з'єднана з колами ЕОМ, вихідна цифрова шина блока задання положення з'єднана з першою вхідною цифровою шиною першого цифрового компаратора, друга вхідна цифрова шина якого разом з вхідними цифровими шинами першого та другого регістрів підключені до вихідної цифрової шини датчика положення, вихід першого цифрового компаратора з'єднаний з першим входом першого елемента І, другий вхід якого підключений до першого виходу другого тригера, а вихід з'єднаний з першим входом першого тригера, другий вхід якого разом зі входом індикатора підключені до другого виходу другого тригера, перший вхід якого з'єднаний з виходом другого цифрового компаратора, друга вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини блока задання швидкості, а перша вхідна цифрова шина з'єднана з вихідною цифровою шиною цифрового суматора, перша і друга вхідні цифрові шини якого підключені, відповідно, до вихідних цифрових шин першого та другого регістрів, входи яких з'єднані, відповідно, з першим та другим виходами розподільувача тактів, третій вихід якого підключений до другого входу другого тригера, вихід другого генератора імпульсів з'єднаний зі входом розподільувача тактів, вихід першого тригера підключений до першого входу другого елемента І, другий вхід якого з'єднаний з виходом першого генератора імпульсів, а вихід підключений до входів дільника частоти, генератора напруги, що змінюється ступінчасто, комутатора та до другого входу АЦП.

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.

За найближчий аналог вибрано пристрій для безконтактного вимірювання температури ротора гідрогенератора (Патент України № 127509, МПК G01K 13/08, бюл. № 15, 2018), що містить об'єкти, n дзеркал, закріплених на оптичній лінійці таким чином, що їх площини утворюють кут 45° з головною оптичною віссю, n лінз, що встановлені на одній оптичній осі з дзеркалами, лінійка n ІЧ-датчиків, дільник частоти, буферний регістр, комутатор, АЦП, інтерфейсний блок, два генератори імпульсів, два керовані підсилювачі, відеоконтрольний блок, два лічильники, генератор напруги, що змінюється ступінчасто, блок пам'яті, датчик положення, блок задання положення, блок задання швидкості, розподільувач тактів, два регістри, два цифрові компаратори, цифровий суматор, два тригери, два елементи І, індикатор, блок запуску, буфер даних та цифро-аналоговий перетворювач (ЦАП), 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, що змінюється ступінчасто, 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, перший вхід АЦП з'єднаний з виходом комутатора, вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини буферного регістра, вхідна цифрова шина якого з'єднана з виходами лінійки n окремих ІЧ датчиків, вихідна цифрова шина блока задання положення підключена до першої вхідної цифрової шини першого цифрового компаратора, друга вхідна цифрова шина

якого разом з вхідними цифровими шинами першого та другого регістрів з'єднані з вихідною цифровою шиною датчика положення, вихід першого цифрового компаратора підключений до першого входу першого елемента І, другий вхід якого з'єднаний з першим виходом другого тригера, а вихід підключений до першого входу першого тригера, другий вхід якого разом зі входом індикатора з'єднані з другим виходом другого тригера, перший вхід якого підключений до виходу другого цифрового компаратора, друга вхідна цифрова шина якого з'єднана з вихідною цифровою шиною блока задання швидкості, а перша вхідна цифрова шина підключена до вихідної цифрової шини цифрового суматора, перша і друга вхідні цифрові шини якого з'єднані, відповідно, з вихідними цифровими шинами першого та другого регістрів, входи яких підключені, відповідно, до першого та другого виходів розподільвача тактів, третій вихід якого з'єднаний з другим виходом другого тригера, вихід другого генератора імпульсів підключений до входу розподільвача тактів, вихід першого тригера з'єднаний з першим виходом другого елемента І, другий вхід якого підключений до виходу першого генератора імпульсів, а вихід з'єднаний з входами дільника частоти, генератора напруги, що змінюється ступінчасто, комутатора та з другим виходом АЦП, вихідна цифрова шина АЦП підключена до першої вхідної цифрової шини буфера даних, вихідна цифрова шина якого з'єднана зі вхідною цифровою шиною ЦАП, вихід якого підключений до четвертого входу відеоконтрольного блока, вихід блока запуску з'єднаний зі входом буфера даних, друга вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини другого лічильника, вхід якого разом з другим виходом інтерфейсного блока з'єднані з виходом другого елемента І, вихід комутатора підключений до першого входу інтерфейсного блока, вихід якого з'єднаний з колами ЕОМ.

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 поставлено задачу створення пристрою 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 в пристрої для тепловізійного діагностування обмоток ротора гідрогенератора, що містить об'єкти, п дзеркал, закріплених на оптичній лінійці таким чином, що їх площини утворюють кут 45° з головною оптичною віссю, п лінз, що встановлені на одній оптичній вісі з дзеркалами, лінійка п ІЧ датчиків, дільник частоти, буферний регістр, комутатор, АЦП, інтерфейсний блок, два генератори імпульсів, два керовані підсилювачі, відеоконтрольний блок, два лічильники, генератор напруги, що змінюється ступінчасто, блок пам'яті, датчик положення, блок задання положення, блок задання швидкості, розподільвач тактів, два регістри, два цифрові компаратори, цифровий суматор, два тригери, два елементи І, блок запуску, буфер даних та ЦАП, 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, що змінюється ступінчасто, 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, перший вхід АЦП з'єднаний з виходом комутатора, вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини буферного регістра, вхідна цифрова шина якого з'єднана з виходами лінійки п окремих ІЧ датчиків, вихідна цифрова шина блока задання положення підключена до першої вхідної цифрової шини першого цифрового компаратора, друга вхідна цифрова шина якого разом з вхідними цифровими шинами першого та другого регістрів з'єднані з вихідною цифровою шиною датчика положення, вихід першого цифрового компаратора підключений до першого входу першого елемента І, другий вхід якого з'єднаний з першим виходом другого тригера, а вихід підключений до першого входу першого тригера, другий вхід якого з'єднаний з другим виходом другого тригера, перший вхід якого підключений до виходу другого цифрового компаратора, друга вхідна цифрова шина якого з'єднана з вихідною цифровою шиною блока задання швидкості, а перша вхідна цифрова шина підключена до вихідної цифрової шини цифрового суматора, перша і друга вхідні цифрові шини якого з'єднані, відповідно, з вихідними цифровими шинами першого та другого регістрів, входи яких підключені, відповідно, до першого та другого виходів розподільвача тактів, третій вихід якого з'єднаний з другим виходом другого тригера, вихід другого генератора імпульсів підключений до входу розподільвача тактів, вихід першого тригера з'єднаний з першим виходом другого елемента І, другий вхід якого підключений

до виходу першого генератора імпульсів, а вихід з'єднаний з входами дільника частоти, генератора напруги, що змінюється ступінчасто, комутатора та з другим входом АЦП, вихідна цифрова шина АЦП підключена до першої вхідної цифрової шини буфера даних, вихідна цифрова шина якого з'єднана зі вхідною цифровою шиною ЦАП, вихід якого підключений до
 5 четвертого входу відеоконтрольного блока, вихід блока запуску з'єднаний зі входом буфера даних, друга вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини другого лічильника, вхід якого разом з другим входом інтерфейсного блока з'єднані з виходом другого елемента І, вихід комутатора підключений до першого входу інтерфейсного блока, вихід якого з'єднаний з колами ЕОМ, згідно з корисною моделлю, введено три лічильники, три регістри, три
 10 елементи І, елемент АБО, третій тригер, компаратор, третій цифровий компаратор, формувач імпульсів та цифровий індикатор, причому вихід дільника частоти з'єднаний зі входом третього тригера, перший та другий виходи якого підключені, відповідно, до перших входів третього та четвертого елементів І, виходи яких з'єднані з першими входами третього та четвертого регістрів, а другі входи разом з другим входом п'ятого елемента І підключені до виходу компаратора, вхід якого з'єднаний з виходом ЦАП, перший вхід п'ятого елемента І підключений
 15 до виходу третього цифрового компаратора, перша та друга вхідні цифрові шини якого з'єднані, відповідно, з вихідними цифровими шинами третього та четвертого регістрів, вхідні цифрові шини яких підключені до вихідної цифрової шини третього лічильника, а другі входи яких разом з входом формувача імпульсів та входом п'ятого регістра з'єднані з виходом елемента АБО,
 20 перший вхід якого підключений до виходу четвертого лічильника, перший вхід якого з'єднаний з виходом третього лічильника, а другий вхід разом з другими входами третього лічильника та елемента АБО підключені до виходу першого цифрового компаратора, вихід формувача імпульсів з'єднаний з другим входом п'ятого лічильника, перший вхід якого підключений до виходу п'ятого елемента І, а вихідна цифрова шина з'єднана зі вхідною цифровою шиною п'ятого регістра, вихідна цифрова шина якого підключена до вхідної цифрової шини цифрового індикатора, перший вхід третього лічильника з'єднаний з виходом другого елемента І.

Пристрій для тепловізійного діагностування обмоток ротора гідрогенератора пояснюється кресленням, на якому зображена його структурна схема.

На схемі: 1 - ротор гідрогенератора; 2 - об'єктив; 3 - п дзеркал; 4 - п лінз; 5 - оптична лінійка;
 30 6 - лінійка п ІЧ датчиків; 7 - блок задання положення; 8 - перший цифровий компаратор; 9 - перший елемент І; 10 - перший генератор імпульсів; 11 - перший тригер; 12 - другий елемент І; 13 - дільник частоти; 14 - буферний регістр; 15 - датчик положення; 16 - перший регістр; 17 - другий генератор імпульсів; 18 - розподільувач тактів; 19 - другий регістр; 20 - цифровий суматор; 21 - блок задання швидкості; 22 - другий цифровий компаратор; 23 - другий тригер; 24 - третій лічильник; 25 - комутатор; 26 - інтерфейсний блок; 27 - перший лічильник; 28 - блок пам'яті; 29 - генератор напруги, що змінюється ступінчасто; 30, 31 - перший та другий керовані підсилювачі; 32 - відеоконтрольний блок; 33 - АЦП; 34 - блок запуску; 35 - другий лічильник; 36 - буфер даних; 37 - ЦАП; 38 - четвертий лічильник; 39 - елемент АБО; 40 - третій тригер; 41 - третій елемент І; 42 - третій регістр; 43 - четвертий елемент І; 44 - четвертий регістр; 45 - третій цифровий компаратор; 46 - компаратор; 47 - п'ятий елемент І; 48 - формувач імпульсів; 49 - п'ятий лічильник; 50 - п'ятий регістр; 51 - цифровий індикатор, причому за об'єктивом 2 п дзеркал 3 закріплені на оптичній лінійці 5 таким чином, що їх площини утворюють кут 45° з
 45 головною оптичною віссю і на одній оптичній осі з дзеркалами встановлені п лінз 4, вихід дільника частоти 13 підключений до входів буферного регістра 14, першого лічильника 27 та до першого входу відеоконтрольного блока 32, другий та третій входи якого з'єднані з виходами першого 30 та другого 31 керованих підсилювачів, перші входи яких підключені до виходу генератора напруги, що змінюється ступінчасто, 29, а другі входи з'єднані, відповідно, з першим та другим виходами блока пам'яті 28, вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини першого лічильника 27, перший вхід АЦП 33 з'єднаний з виходом комутатора
 50 25, вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини буферного регістра 14, вхідна цифрова шина якого з'єднана з виходами лінійки п окремих 6.1 - 6.п ІЧ датчиків 6, вихідна цифрова шина блока задання положення 7 підключена до першої вхідної цифрової шини першого цифрового компаратора 8, друга вхідна цифрова шина якого разом з вхідними цифровими шинами першого 16 та другого 19 регістрів з'єднані з вихідною цифровою шиною датчика положення 15, вихід першого цифрового компаратора 8 підключений до першого входу першого елемента І 9, другий вхід якого з'єднаний з першим виходом другого тригера 23, а вихід підключений до першого входу першого тригера 11, другий вхід якого з'єднаний з другим виходом другого тригера 23, перший вхід якого підключений до виходу другого цифрового компаратора 22, друга вхідна цифрова шина якого з'єднана з вихідною цифровою шиною блока задання швидкості 21, а перша вхідна цифрова шина підключена до вихідної цифрової шини
 60

цифрового суматора 20, перша і друга вхідні цифрові шини якого з'єднані, відповідно, з вихідними цифровими шинами першого 16 та другого 19 регістрів, входи яких підключені, відповідно, до першого та другого виходів розподільвача тактів 18, третій вихід якого з'єднаний з другим входом другого тригера 23, вихід другого генератора імпульсів 17 підключений до входу розподільвача тактів 18, вихід першого тригера 11 з'єднаний з першим входом другого елемента І 12, другий вхід якого підключений до виходу першого генератора імпульсів 10, а вихід з'єднаний з входами дільника частоти 13, генератора напруги, що змінюється ступінчасто, 29, комутатора 25 та з другим входом АЦП 33, вихідна цифрова шина якого підключена до першої вхідної цифрової шини буфера даних 36, вихідна цифрова шина якого з'єднана зі вхідною цифровою шиною ЦАП 37, вихід якого підключений до четвертого входу відеоконтрольного блока 32, вихід блока запуску 34 з'єднаний зі входом буфера даних 36, друга вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини другого лічильника 35, вхід якого разом з другим входом інтерфейсного блока 26 з'єднані з виходом другого елемента І 12, вихід комутатора 25 підключений до першого входу інтерфейсного блока 26, вихід якого з'єднаний з колами ЕОМ, вихід дільника частоти 13 з'єднаний зі входом третього тригера 40, перший та другий виходи якого підключені відповідно до перших входів третього 41 та четвертого 43 елементів І, виходи яких з'єднані з першими входами третього 42 та четвертого 44 регістрів, а другі входи разом з другим входом п'ятого елемента І 47 підключені до виходу компаратора 46, вхід якого з'єднаний з виходом ЦАП 37, перший вхід п'ятого елемента І 47 підключений до виходу третього цифрового компаратора 45, перша та друга вхідні цифрові шини якого з'єднані, відповідно, з вихідними цифровими шинами третього 42 та четвертого 44 регістрів, вхідні цифрові шини яких підключені до вихідної цифрової шини третього лічильника 24, а другі входи яких разом з входом формувача імпульсів 48 та входом п'ятого регістра 50 з'єднані з виходом елемента АБО 39, перший вхід якого підключений до виходу четвертого лічильника 38, перший вхід якого з'єднаний з виходом третього лічильника 24, а другий вхід разом з другими входами третього лічильника 24 та елемента АБО 39 підключені до виходу першого цифрового компаратора 8, вихід формувача імпульсів 48 з'єднаний з другим входом п'ятого лічильника 49, перший вхід якого підключений до виходу п'ятого елемента І 47, а вихідна цифрова шина з'єднана зі вхідною цифровою шиною п'ятого регістра 50, вихідна цифрова шина якого підключена до вхідної цифрової шини цифрового індикатора 51, перший вхід третього лічильника 24 з'єднаний з виходом другого елемента І 12, позицією 1 позначено ротор гідрогенератора.

Запропонований пристрій працює так. При подачі напруги живлення перший 10 та другий 17 генератори імпульсів починають формувати відповідні послідовності імпульсів. Потік інфрачервоного випромінювання, який створюється поверхнею ротора гідрогенератора 1, що знаходиться на деякій відстані від оптичної системи пристрою, потрапляє через об'єктив 2, через лінзу 3, що розташовані на оптичній лінійці 5, та через лінзу 4 на лінійку з ІЧ датчиків 6, розташованих вздовж радіуса ротора. Очевидно, що при обертанні ротора гідрогенератора 1 в кожен момент часу в поле зору лінійки з ІЧ датчиків 6 потрапляє лише фрагмент поверхні вздовж радіуса ротора. Отримуючи фрагменти теплового зображення, можна побудувати тепловий портрет всієї поверхні ротора гідрогенератора 1 в процесі його роботи.

Якщо ротор гідрогенератора 1 знаходиться в нерухомому стані або його швидкість обертання менша від номінальної, то на екран відеоконтрольного блока 32 теплове зображення поверхні ротора не виводиться. Це обумовлено наступним. Під впливом другого генератора імпульсів 17 по чергову на виходах розподільвача тактів 18 формуються сигнали. Сигналом з першого виходу розподільвача тактів 18 в перший регістр 16 записується код з виходу датчика положення 15. В другий регістр 19 сигналом з другого виходу розподільвача тактів 18 записується інший код з виходу датчика положення 15. Різниця зазначених кодів за одиницю часу, що забезпечується другим генератором імпульсів 17, являє собою швидкість обертання ротора гідрогенератора 1, що і визначається в цифровому суматорі 20 та подається на перший вхід другого цифрового компаратора 22, в якому здійснюється порівняння у вигляді кодів поточної швидкості обертання ротора гідрогенератора 1 з номінальною, яка записана в блоці задання швидкості 21. У випадку, коли швидкість менша від номінальної, на виході другого цифрового компаратора 22 з'являється сигнал логічного нуля, який під дією сигналу з третього виходу розподільвача тактів 18 записується в другий тригер 23. При цьому тепловий портрет ротора не фіксується.

Якщо ж швидкість обертання ротора гідрогенератора 1 стає рівною номінальній, то на другому виході другого тригера 23 з'являється сигнал логічного нуля, на його першому виході з'являється сигнал логічної одиниці, який подається на вхід першого елемента І 9. В момент

обертання ротора, коли він знаходиться в умовному початковому положенні, коди з виходу датчика положення 15 та з виходу блока задання положення 7 співпадають, на виході першого цифрового компаратора 8 з'являється сигнал логічної одиниці, яким через перший елемент І 9 встановлюється в одиничний стан перший тригер 11. Внаслідок цього імпульси з виходу першого генератора імпульсів 10 через другий елемент І 12 починають надходити в блоки, за допомогою яких формується тепловий портрет на екрані відеоконтрольного блока 32.

Залежно від кутової швидкості обертання ω ротора гідрогенератора 1 вибрана частота формування імпульсів f_1 першого генератора імпульсів 10, 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 лінійки n ІЧ датчиків 6, n - коефіцієнт ділення дільника частоти 13, що відповідає кількості окремих ІЧ датчиків 6.1, 6.2, ..., 6.n. Отже, з частотою f_1/n , при номінальній швидкості обертання ротора, на виході дільника частоти 13 з'являються імпульси, якими фіксуються у буферному регістрі 14 на час $\Delta T = n/f_1$ електричні сигнали в аналоговому вигляді з виходів n окремих ІЧ датчиків 6.1, 6.2, ..., 6.n. Амплітуди цих сигналів пропорційні температурі елементарних ділянок поверхні об'єкта (кількість таких ділянок $N = n \cdot m$). Комутатором 25 здійснюється зчитування інформації з буферного регістра 14 з наступним її перетворенням із паралельного виду представлення в послідовний. Сформований таким чином сигнал з виходу комутатора 25 потрапляє на вхід відеоконтрольного блока 32 і на вхід АЦП 33, в якому він перетворюється в цифрову форму. З виходу комутатора 25 сигнал також надходить в інтерфейсний блок 26, з виходу якого цей сигнал передається в ЕОМ.

Зазначимо, що потік інформації з виходу комутатора 25 про теплове зображення обмотки ротора потрапляє також в буфер даних 36 через АЦП 33 в цифровій формі. Під управлінням другого лічильника 35 інформація послідовно розміщується в буфері даних 36. Розмір буфера може бути різним, але не меншим, ніж для розміщення в ньому інформації про теплове зображення ротора, що отримується за один оберт ротора. В подальшому цей потік інформації через ЦАП 37 перетворюється в аналогову форму та подається на вхід відеоконтрольного блока 32.

Генератор напруги, що змінюється ступінчасто, 29, перший 30 та другий 31 керовані підсилювачі і блок пам'яті 28 призначені для формування сигналів розгортки відеоконтрольного блока 32. Сигнал частотою f_1 , що надходить на вхід генератора напруги, що змінюється ступінчасто, 29, на виході приймає ступінчасту форму (містить n складових) і подається на входи першого 30 і другого 31 керованих підсилювачів, коефіцієнт підсилення яких задається вихідними сигналами блока пам'яті 28. При цьому коефіцієнти підсилення першого 30 та другого 31 керованих підсилювачів задаються так, що на їх виходах формуються сигнали, пропорційні $R_i \cdot \sin \varphi_j$ та $R_i \cdot \cos \varphi_j$ відповідно, де R_i - радіус, φ_j - кут координати елементарної ділянки поверхні ротора в полярній системі координат, що обумовлено сигналами з датчика положення 15. При цьому $i = 0, n$, $j = 0, m$.

На вхід блока пам'яті 28 сигнали надходять з першого лічильника 27, коефіцієнт перерахунку якого дорівнює m . В результаті на екрані відеоконтрольного блока 32 при наявності одного інформаційного сигналу, двох сигналів розгортки та сигналу з виходу дільника частоти 13 формується зображення, що відповідає тепловому портрету ротора гідрогенератора 1.

У випадку, коли оперативному персоналу необхідно відстежити фрагмент теплового зображення, який може мати інтерес для попереднього дослідження, сигналом з блока запуску 34 буфер даних 36 переводиться в режим повторного неперервного зчитування записаної в ньому інформації з подальшим її виведенням через ЦАП 37 на відеоконтрольний блок 32. Цей процес здійснюється до тих пір, поки активним є сигнал з виходу блока запуску 34.

Очевидно, що згідно запропонованого алгоритму 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 13 сигнал з'являється кожен раз, коли закінчується сканування вздовж лінійки окремих інфрачервоних датчиків 6.1 - 6.n. По кожному імпульсу з виходу дільника частоти 13 третій тригер 40 кожен раз перемикається з одного положення в інше.

В період, коли ротор обертається з номінальною швидкістю, на виході другого елемента І 12 встановлюється послідовність імпульсів, яка формується першим генератором імпульсів 10, і ці імпульси надходять на перший вхід третього лічильника 24, внаслідок чого на його виході нарощується цифровий код від нульового значення до максимального, що відповідає кількості окремих інфрачервоних датчиків 6.1 - 6.n. Послідовно за ним ввімкнений четвертий лічильник

38, коефіцієнт ділення якого відповідає розміру одного полюса обмотки ротора гідрогенератора 1 в перерахунку на кількість секторів його сканування.

5 Якщо на виході одного з окремих інфрачервоних датчиків 6.1 - 6.n з'являється підвищене значення напруги, що відповідає підвищеній температурі фрагменту поверхні обмотки ротора гідрогенератора 1, то на виході компаратора 46 формується імпульс, який подається на третій 41 та четвертий 43 елементи І. Залежно від положення третього тригера 40 логічний сигнал з'являється або на першому, або на другому його виходах. Внаслідок цього цифровий код, що відповідає номеру інфрачервоного датчика в лінійці 6 окремих інфрачервоних датчиків 6.1 - 6.n, з виходу третього лічильника 24 надходить на входи третього 42 та четвертого 44 регістрів. І 10 коли під дією третього тригера 40 та компаратора 46 відкривається третій 41 та четвертий 43 елементи І, то цифровий код з виходу третього лічильника 24 заноситься в третій 42 та четвертий 44 регістри. Зазначимо, що при ввімкненні пристрою, коли в третьому 42 та четвертому 44 регістрах записаний нульовий цифровий код, при запису цифрового коду з виходу третього лічильника 24 в третій 42 або четвертий 44 регістри на виході третього 15 цифрового компаратора 45 присутній сигнал логічного нуля.

При скануванні наступного сектора поверхні полюса ротора гідрогенератора 1, тобто, коли тим же інфрачервоним датчиком, що і в попередньому скануванні, фіксується підвищена температура, то в третій 42 або четвертий 44 регістри (в той, в якому записаний нульовий цифровий код) заноситься цифровий код з виходу третього лічильника 24, який співпадає з 20 кодом, записаним при попередньому скануванні, і на виході третього цифрового компаратора 45 з'являється сигнал, що надходить на перший вхід п'ятого елемента І 47. При цьому на його другому вході присутній сигнал з виходу компаратора 46, внаслідок чого на перший вхід п'ятого лічильника 49 надходить імпульс, яким нарощується в ньому цифровий код, що свідчить про наявність підвищеної температури в сусідніх секторах в одному витку полюса обмотки ротора 25 гідрогенератора 1.

Таке сканування та відповідна обробка інформації здійснюється над кожним полюсом обмотки ротора гідрогенератора 1 протягом повного оберту ротора гідрогенератора 1, внаслідок чого однаковий цифровий код періодично з виходу третього лічильника 24 заноситься 30 почергово то в третій 42, то в четвертий 44 регістри (за умови, що існує область підвищеної температури одного витка полюса обмотки ротора). Після завершення сканування одного полюсу обмотки на виході четвертого лічильника 38 з'являється імпульс, яким через елемент АБО 39 обнуляються третій 42 та четвертий 44 регістри. Цим же сигналом цифровий код з виходу п'ятого лічильника 49 переноситься в п'ятий регістр 50 і по завершенні імпульсу на виході формувача імпульсів 48 з'являється сигнал, яким обнуляється п'ятий лічильник 49. 35

Після цього розпочинається сканування другого полюса обмотки ротора гідрогенератора 1. По завершенні сканування всіх полюсів обмотки ротора гідрогенератора 1 на виході першого цифрового компаратора 8 з'являється імпульс, яким обнуляється третій 24 та четвертий 38 лічильники і через елемент АБО 39 обнуляються третій 42 та четвертий 44 40 регістри. Цим же сигналом цифровий код з виходу п'ятого лічильника 49 переноситься в п'ятий регістр 50 і по завершенні імпульсу на виході формувача імпульсів 48 з'являється сигнал, яким обнуляється п'ятий лічильник 49.

Цифровий код з виходу п'ятого регістра 50 заноситься в цифровий індикатор 51, на якому почергово відображається довжина області підвищеної температури вздовж одного витка кожного полюса обмотки ротора гідрогенератора 1, що і є сигналом для обслуговуючого 45 персоналу щодо можливості подальшої експлуатації гідрогенератора.

У разі, коли підвищену температуру має тільки фрагмент ізоляції витка полюса обмотки в цифровому індикаторі 51 фіксується число, що підтверджує виникнення локальної області підвищеної температури.

50 Цикл сканування поверхні ротора гідрогенератора 1 повторюється.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Пристрій для тепловізійного діагностування обмоток ротора гідрогенератора, що містить об'єктив, n дзеркал, закріплених на оптичній лінійці таким чином, що їх площини утворюють кут 55 45° з головною оптичною віссю, n лінз, що встановлені на одній оптичній осі з дзеркалами, лінійку n інфрачервоних датчиків, дільник частоти, буферний регістр, комутатор, аналого-цифровий перетворювач, інтерфейсний блок, два генератори імпульсів, два керовані підсилювачі, відеоконтрольний блок, два лічильники, генератор напруги, що змінюється ступінчасто, блок пам'яті, датчик положення, блок задання положення, блок задання швидкості, 60 розподільувач тактів, два регістри, два цифрові компаратори, цифровий суматор, два тригери,

два елементи І, блок запуску, буфер даних та цифро-аналоговий перетворювач, 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, що змінюється ступінчасто, 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, перший вхід аналого-цифрового перетворювача з'єднаний з виходом комутатора, вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини буферного регістра, вхідна цифрова шина якого з'єднана з виходами лінійки n окремих інфрачервоних датчиків, вихідна цифрова шина блока задання положення підключена до першої вхідної цифрової шини першого цифрового компаратора, друга вхідна цифрова шина якого разом з вхідними цифровими шинами першого та другого регістрів з'єднані з вихідною цифровою шиною датчика положення, вихід першого цифрового компаратора підключений до першого входу першого елемента І, другий вхід якого з'єднаний з першим виходом другого тригера, а вихід підключений до першого входу першого тригера, другий вхід якого з'єднаний з другим виходом другого тригера, перший вхід якого підключений до виходу другого цифрового компаратора, друга вхідна цифрова шина якого з'єднана з вихідною цифровою шиною блока задання швидкості, а перша вхідна цифрова шина підключена до вихідної цифрової шини цифрового суматора, перша і друга вхідні цифрові шини якого з'єднані, відповідно, з вихідними цифровими шинами першого та другого регістрів, входи яких підключені, відповідно, до першого та другого виходів розподільвача тактів, третій вихід якого з'єднаний з другим входом другого тригера, вихід другого генератора імпульсів підключений до входу розподільвача тактів, вихід першого тригера з'єднаний з першим входом другого елемента І, другий вхід якого підключений до виходу першого генератора імпульсів, а вихід з'єднаний з входами дільника частоти, генератора напруги, що змінюється ступінчасто, комутатора та з другим входом аналого-цифрового перетворювача, вихідна цифрова шина аналого-цифрового перетворювача підключена до першої вхідної цифрової шини буфера даних, вихідна цифрова шина якого з'єднана зі вхідною цифровою шиною цифро-аналогового перетворювача, вихід якого підключений до четвертого входу відеоконтрольного блока, вихід блока запуску з'єднаний зі входом буфера даних, друга вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини другого лічильника, вхід якого разом з другим входом інтерфейсного блока з'єднані з виходом другого елемента І, вихід комутатора підключений до першого входу інтерфейсного блока, вихід якого з'єднаний з колами ЕОМ, який **відрізняється** тим, що в нього введено три лічильники, три регістри, три елементи І, елемент АБО, третій тригер, компаратор, третій цифровий компаратор, формувач імпульсів та цифровий індикатор, причому вихід дільника частоти з'єднаний зі входом третього тригера, перший та другий входи якого підключені, відповідно, до перших входів третього та четвертого елементів І, виходи яких з'єднані з першими входами третього та четвертого регістрів, а другі входи разом з другим входом п'ятого елемента І підключені до виходу компаратора, вхід якого з'єднаний з виходом цифро-аналогового перетворювача, 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 третього та четвертого регістрів, вхідні цифрові шини яких підключені до вихідної цифрової шини третього лічильника, а другі входи яких разом з входом формувача імпульсів та входом п'ятого регістра з'єднані з виходом елемента АБО, перший вхід якого підключений до виходу четвертого лічильника, перший вхід якого з'єднаний з виходом третього лічильника, а другий вхід разом з другими входами третього лічильника та елемента АБО підключені до виходу першого цифрового компаратора, вихід формувача імпульсів з'єднаний з другим входом п'ятого лічильника, перший вхід якого підключений до виходу п'ятого елемента І, а вихідна цифрова шина з'єднана зі вхідною цифровою шиною п'ятого регістра, вихідна цифрова шина якого підключена до вхідної цифрової шини цифрового індикатора, перший вхід третього лічильника з'єднаний з виходом другого елемента І.

