



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 159654

(13) U

(51) МПК

G01K 13/08 (2006.01)

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

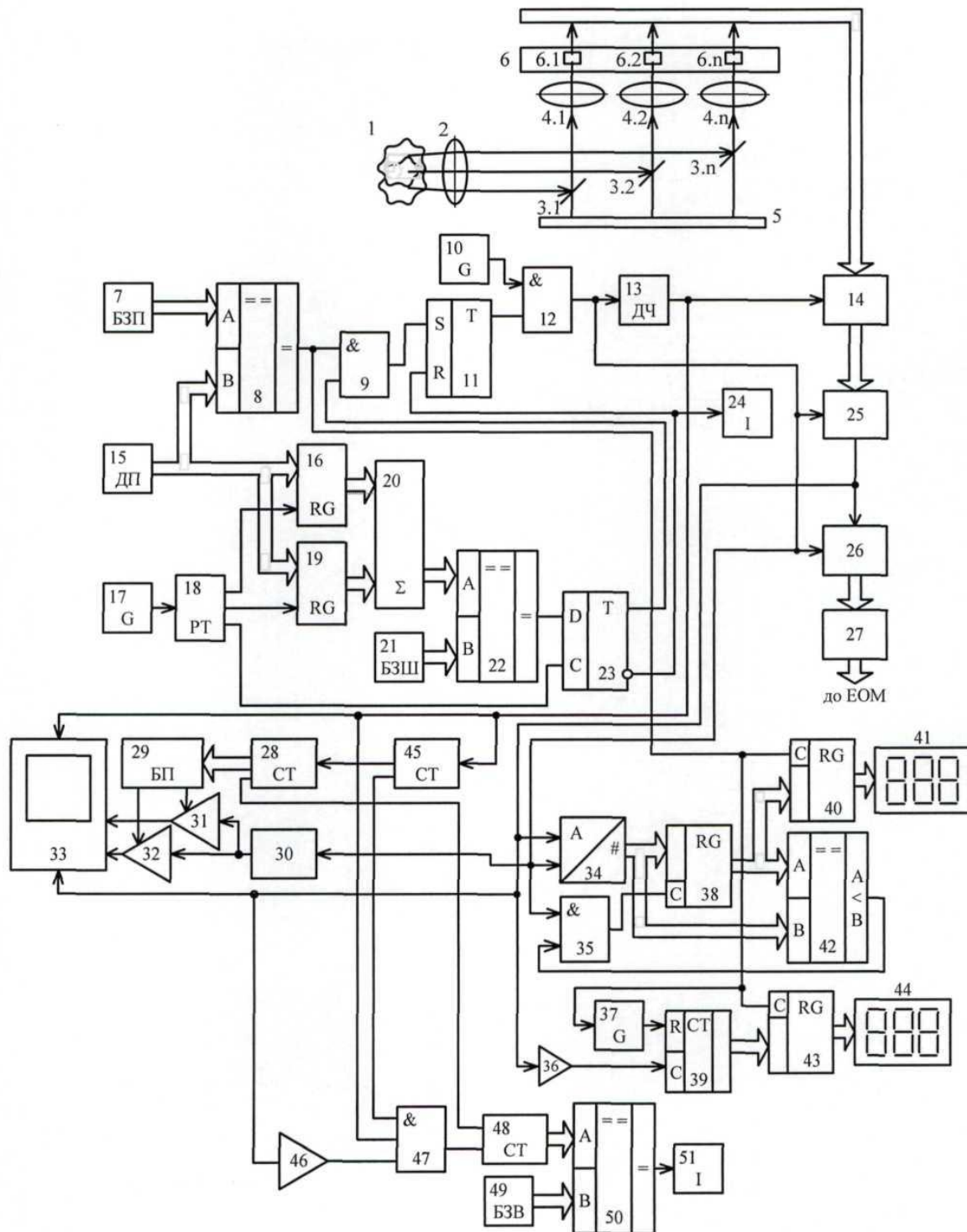
(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки:	u 2024 06334	(72) Винахідник(и):	Грабко Володимир Віталійович (UA), Грабко Валентин Володимирович (UA), Гурківський Віктор Сергійович (UA)
(22) Дата подання заявки:	31.12.2024	(73) Володілець (володільці):	ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ, вул. Хмельницьке шосе, 95, м. Вінниця, 21021 (UA)
(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності:	19.06.2025		
(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію:	18.06.2025, Бюл.№ 25		

(54) ПРИСТРІЙ ДЛЯ ТЕПЛОВІЗІЙНОГО ДІАГНОСТУВАННЯ РОТОРА ГІДРОГЕНЕРАТОРА**(57) Реферат:**

Пристрій для тепловізійного діагностування ротора гідрогенератора містить об'єktiv, дзеркала та лінзи для кожного з інфрачервоних приймачів, блок синхронізації, блок обробки сигналу, відеоконтрольний блок, інформаційний блок. Потік інфрачервоного випромінювання, що створюється поверхнею контролюваного об'єкта, через об'єktiv потрапляє на інфрачервоні приймачі, звідки сигнал через блок обробки сигналу з врахуванням швидкості обертання ротора гідрогенератора подається на відеоконтрольний блок, внаслідок чого на екрані останнього формується тепловий портрет ротора, що обертається. Паралельно виводиться в інформаційному блоці значення найбільшої температури обмотки ротора гідрогенератора та розмір області підвищеної температури обмотки ротора. Сигнали, що відповідають температурі окремих точок поверхні ротора гідрогенератора, переводяться в цифровий код з подальшим його передаванням в комп'ютер. Виводиться інформація про рівень радіального биття ротора гідрогенератора.

UA 159654 U



Корисна модель належить до безконтактної термометрії і може бути використана для безконтактного вимірювання температури об'єктів, що обертаються, з подальшою оцінкою радіального биття, зокрема ротора гідрогенераторів.

Відомий пристрій для безконтактного вимірювання температури ротора гідрогенератора (Патент України № 66867, МПК G01K 13/08, бюл. № 2, 2012), що містить об'єкти, за яким п дзеркал закріплені на оптичній лінійці таким чином, що їх площини утворюють кут 45° з головною оптичною віссю і на одній оптичній осі з дзеркалами встановлені п лінз, 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 аналого-цифрового перетворювача (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 п окремих ІЧ датчиків, вихідна цифрова шина першого АЦП підключена через інтерфейсний блок в кола 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 розподільвача тактів, третій вихід якого підключений до другого входу другого тригера, вихід другого генератора імпульсів з'єднаний з входом розподільвача 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 першого АЦП.

Головним недоліком даного пристрою є те, що він не дозволяє вимірювати радіальне биття ротора гідрогенератора в процесі його роботи, оскільки гідрогенератор є специфічною електричною машиною закритого виконання, що ускладнює доступ до його обертових частин.

Як найближчий аналог вибраний пристрій для безконтактного вимірювання температури ротора гідрогенератора (Патент України № 128524, МПК G01K 13/08, бюл. № 18, 2018), що містить об'єкти, за яким п дзеркал закріплені 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 ІЧ-датчиків, дільник частоти, буферний регістр, комутатор, два 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, три цифрові компаратори, два тригери, п'ять регістрів, три елементи І, розподільвач тактів, цифровий суматор, блок задання швидкості, індикатор (в подальшому - перший індикатор), формувач сигналу, компаратор (в подальшому - перший компаратор) та два цифрові 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, 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, четвертий вхід відеоконтрольного блока разом з першим входом першого 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 п окремих ІЧ датчиків, вихідна цифрова шина першого АЦП підключена через інтерфейсний блок в кола 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 першого 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 розподільювача тактів, третій вихід якого підключений до другого входу другого тригера, вихід другого генератора імпульсів з'єднаний з входом розподільювача 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 першого АЦП, вихідна цифрова шина другого 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 третього цифрового компаратора, друга вхідна цифрова шина якого з'єднана з вихідною цифровою шиною другого АЦП, а вихід підключений до другого входу третього елемента І, перший вхід якого разом з другим входом другого АЦП з'єднані з виходом другого елемента І, а вихід підключений до входу третього регістра, вихід комутатора з'єднаний з першим входом другого АЦП та зі входом першого компаратора, вихід якого підключений до першого входу другого лічильника, вихідна цифрова шина якого з'єднана з вхідною цифровою шиною п'ятого регістра, а другий вхід підключений до виходу формувача сигналу, вхід якого разом зі входами четвертого та п'ятого регістрів з'єднані з виходом першого цифрового компаратора, 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 вимірювати тепловий портрет ротора гідрогенератора в процесі його роботи з подальшою оцінкою рівня радіального биття ротора, із-за відсутності можливості доступу до його обертових частин, враховуючи, що гідрогенератор є специфічною електричною машиною закритого виконання.

В основу корисної моделі поставлена задача створення пристрою для тепловізійного діагностування ротора гідрогенератора, в якому за рахунок введення нових блоків та зв'язків між ними з'являється можливість на працюючому гідрогенераторі за вимірюваним тепловим портретом ротора в процесі його обертання оцінювати рівень радіального биття ротора, що дозволяє розширити функціональні можливості пристрою.

Поставлена задача вирішується тим, що в пристрій для тепловізійного діагностування ротора гідрогенератора, що містить об'єктив, за яким n дзеркал закріплені 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, два 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, три цифрові компаратори, два тригери, п'ять регістрів, три елементи І, розподільювач тактів, цифровий суматор, блок задання швидкості, перший індикатор, формувач сигналу, перший компаратор та два цифрові індикатори, причому вихід дільника частоти підключений до входу буферного регістра 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, четвертий вхід відеоконтрольного блока разом з першим входом першого 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 першого АЦП підключена через інтерфейсний блок в кола 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 першого 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 розподільювача тактів, третій вихід якого підключений до другого входу другого тригера, вихід другого генератора імпульсів з'єднаний з входом розподільювача 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 першого АЦП, вихідна цифрова шина другого 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 третього цифрового компаратора, друга вхідна цифрова шина якого з'єднана з вихідною цифровою шиною другого АЦП, а вихід підключений до другого входу третього елемента І, перший вхід якого разом з другим входом другого АЦП з'єднані з виходом другого елемента І, а вихід підключений до входу третього регістра, вихід комутатора з'єднаний з першим входом другого АЦП та зі входом першого компаратора, вихід якого підключений до першого входу другого лічильника, вихідна цифрова шина якого з'єднана з вхідною цифровою шиною п'ятого регістра, а другий вхід підключений до виходу формувача сигналу, вхід якого разом зі входами четвертого та п'ятого регістрів з'єднані з виходом першого цифрового компаратора, вихідні цифрові шини четвертого та п'ятого регістрів підключені, відповідно, до вхідних цифрових шин першого та другого цифрових індикаторів, згідно з корисною моделлю, введено другий компаратор, четвертий елемент І, два лічильники, четвертий цифровий компаратор, блок задання вібрації та другий індикатор, причому вихід комутатора з'єднаний зі входом другого компаратора, вихід якого підключений до третього входу четвертого елемента І, другий вхід якого з'єднаний з виходом дільника частоти, а перший вхід підключений до другого виходу третього лічильника, перший вихід якого з'єднаний зі входом першого лічильника, а вхід підключений до виходу дільника частоти, вихід першого лічильника з'єднаний з другим входом четвертого лічильника, перший вхід якого підключений до виходу четвертого елемента І, а вихідна цифрова шина з'єднана з першою вхідною цифровою шиною четвертого цифрового компаратора, друга вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини блока задання вібрації, а вихід з'єднаний зі входом другого індикатора.

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

На схемі: 1 - ротор гідрогенератора; 2 - об'єктив; 3 - п дзеркал 3.1-3.п; 4 - п лінз 4.1-4.п; 5 - оптична лінійка; 6 - лінійка п окремих ІЧ датчиків 6.1 - 6.п; 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 - розподільювач тактів; 19 - другий регістр; 20 - цифровий суматор; 21 - блок задання швидкості; 22 - другий цифровий компаратор; 23 - другий тригер; 24 - перший індикатор; 25 - комутатор; 26 - перший АЦП; 27 - інтерфейсний блок; 28 - перший лічильник; 29 - блок пам'яті; 30 - генератор напруги, що змінюється ступінчасто; 31, 32 - перший та другий керовані підсилювачі; 33 - відеоконтрольний блок; 34 - другий АЦП; 35 - третій елемент І; 36 - перший компаратор; 37 - формувач сигналу; 38 - третій регістр; 39 - другий лічильник; 40 - четвертий регістр; 41 - перший цифровий індикатор; 42 - третій цифровий компаратор; 43 - п'ятий регістр; 44 - другий цифровий індикатор; 45 - третій лічильник; 46 - другий компаратор; 47 - четвертий елемент І; 48 - четвертий лічильник; 49 - блок задання вібрації; 50 - четвертий цифровий компаратор; 51 - другий індикатор, причому за об'єктивом 2 п дзеркал 3.1-3.п закріплені на оптичній лінійці 5 таким чином, що їх площини утворюють кут 45° з головною оптичною віссю і на одній оптичній осі з дзеркалами встановлені п лінз 4.1-4.п, вихід дільника частоти 13 підключений до входу буферного регістра 14 та до першого входу відеоконтрольного блока 33, другий та третій входи якого з'єднані з виходами першого 31 та другого 32 керованих підсилювачів, перші входи яких підключені до виходу генератора напруги, що змінюється ступінчасто, 30, а другі входи з'єднані, відповідно, з першим та другим виходами блока пам'яті 29, вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини першого лічильника 28, четвертий вхід відеоконтрольного блока 33 разом з першим входом першого АЦП 26 з'єднані з виходом комутатора 25, вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини буферного регістра 14, вхідна цифрова шина якого з'єднана з виходами лінійки 6 п окремих ІЧ датчиків 6.1-6.п, вихідна цифрова шина першого АЦП 26 підключена через інтерфейсний блок 27 в кола ЕОМ, вихідна цифрова шина блока задання положення 7 з'єднана з першою вхідною цифровою шиною першого цифрового компаратора 8, друга вхідна цифрова шина якого разом з вхідними цифровими шинами

першого 16 та другого 19 регістрів підключені до вихідної цифрової шини датчика положення 15, вихід першого цифрового компаратора 8 з'єднаний з першим входом першого елемента І 9, другий вхід якого підключений до першого виходу другого тригера 23, а вихід з'єднаний з першим входом першого тригера 11, другий вхід якого разом зі входом першого індикатора 24 підключені до другого виходу другого тригера 23, перший вхід якого з'єднаний з виходом другого цифрового компаратора 22, друга вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини блока задання швидкості 21, а перша вхідна цифрова шина з'єднана з вихідною цифровою шиною цифрового суматора 20, перша і друга вхідні цифрові шини якого підключені, відповідно, до вихідних цифрових шин першого 16 та другого 19 регістрів, входи яких з'єднані, відповідно, з першим та другим виходами розподільвача тактів 18, третій вихід якого підключений до другого входу другого тригера 23, вихід другого генератора імпульсів 17 з'єднаний з входом розподільвача тактів 18, вихід першого тригера 11 підключений до першого входу другого елемента І 12, другий вхід якого з'єднаний з виходом першого генератора імпульсів 10, а вихід підключений до входів дільника частоти 13, генератора напруги, що змінюється ступінчасто, 30, комутатора 25 та до другого входу першого АЦП 26, вихідна цифрова шина другого АЦП 34 з'єднана з вхідною цифровою шиною третього регістра 38, вихідна цифрова шина якого підключена до вхідної цифрової шини четвертого регістра 40 та до першої вхідної цифрової шини третього цифрового компаратора 42, друга вхідна цифрова шина якого з'єднана з вихідною цифровою шиною другого АЦП 34, а вихід підключений до другого входу третього елемента І 35, перший вхід якого разом з другим входом другого АЦП 34 з'єднані з виходом другого елемента І 12, а вихід підключений до входу третього регістра 38, вихід комутатора 25 з'єднаний з першим входом другого АЦП 34 та зі входом компаратора 36, вихід якого підключений до першого входу другого лічильника 39, вихідна цифрова шина якого з'єднана з вхідною цифровою шиною п'ятого регістра 43, а другий вхід підключений до виходу формувача сигналу 37, вхід якого разом зі входами четвертого 40 та п'ятого 43 регістрів з'єднані з виходом першого цифрового компаратора 8, вихідні цифрові шини четвертого 40 та п'ятого 43 регістрів підключені, відповідно, до вхідних цифрових шин першого 41 та другого 44 цифрових індикаторів, вихід комутатора 25 з'єднаний зі входом другого компаратора 46, вихід якого підключений до третього входу четвертого елемента І 47, другий вхід якого з'єднаний з виходом дільника частоти 13, а перший вхід підключений до другого виходу третього лічильника 45, перший вихід якого з'єднаний зі входом першого лічильника 28, а вхід підключений до виходу дільника частоти 13, вихід першого лічильника 28 з'єднаний з другим входом четвертого лічильника 48, перший вхід якого підключений до виходу четвертого елемента І 47, а вихідна цифрова шина з'єднана з першою вхідною цифровою шиною четвертого цифрового компаратора 50, друга вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини блока задання вібрації 49, а вихід з'єднаний зі входом другого індикатора 51, позицією 1 позначено ротор гідрогенератора.

Запропонований пристрій працює наступним чином. 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 n дзеркал 3.1-3. n , закріплених на оптичній лінійці 5 таким чином, що їх площини утворюють кут 45° з головною оптичною віссю, та через n лінз 4.1-4. n на лінійку 6 n ІЧ датчиків 6.1-6. n , розташованих вздовж радіуса ротора. Очевидно, що при обертанні ротора гідрогенератора 1 в кожен момент часу в поле зору лінійки 6 n ІЧ датчиків 6.1-6. n потрапляє лише фрагмент поверхні вздовж радіуса ротора. Отримуючи фрагменти теплового зображення, можна побудувати тепловий портрет всієї поверхні ротора гідрогенератора 1 в процесі його роботи. Зауважимо, що частина лінійки 6 n ІЧ датчиків 6.1-6. n знаходиться за межами найвіддаленішої точки ротора гідрогенератора 1.

Якщо ротор гідрогенератора 1 знаходиться в нерухомому стані або його швидкість обертання менша від номінальної, то на екран відеоконтрольного блока 33 теплове зображення поверхні ротора не виводиться. Це обумовлено наступним. Під впливом другого генератора імпульсів 17 почергово 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 перший індикатор 24 залишається ввімкненим, тепловий портрет ротора не фіксується.

5 Якщо ж швидкість обертання ротора 1 гідрогенератора стає рівною номінальній, то на другому виході другого тригера 23 з'являється сигнал логічного нуля, перший індикатор 24 вимикається, на першому виході другого тригера 23 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 33.

15 Залежно від кутової швидкості обертання ω ротора 1 гідрогенератора 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 6 n ІЧ датчиків 6.1-6.n, 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 реєстрі 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 реєстра 14 з наступним її перетворенням із паралельного виду представлення в послідовний. Сформований таким чином сигнал з виходу комутатора 25 потрапляє на вхід відеоконтрольного блока 33 і на вхід першого АЦП 26, в якому він перетворюється в цифрову форму та через інтерфейсний блок 27 передається в ЕОМ.

25 Генератор напруги, що змінюється ступінчасто, 30, перший 31 та другий 32 керовані підсилювачі і блок пам'яті 29 призначені для формування сигналів розгортки відеоконтрольного блока 33. Сигнал частотою f_1 , що надходить на вхід генератора напруги, що змінюється ступінчасто, 30, на виході приймає ступінчасту форму (містить n складових) і подається на входи першого 31 і другого 32 керованих підсилювачів, коефіцієнт підсилення яких задається вихідними сигналами блока пам'яті 29. При цьому коефіцієнти підсилення першого 31 та другого 32 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_j - 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 29 сигнали надходять з дільника частоти 13 через послідовно ввімкнені третій 45 та перший 28 лічильники, загальний коефіцієнт перерахунку яких дорівнює m. В результаті на екрані відеоконтрольного блока 33 при наявності одного інформаційного сигналу, двох сигналів розгортки та сигналу з виходу дільника частоти 13 формується зображення, що відповідає тепловому портрету ротора гідрогенератора 1.

Визначення найбільш нагрітої точки обмотки ротора гідрогенератора 1 в процесі його роботи відбувається наступним чином. Послідовність сигналів з виходу комутатора 25 потрапляє на перший вхід другого АЦП 34, в якому по сигналу з першого генератора імпульсів 10 через другий елемент І 12 здійснюється їх перетворення в цифровий код. По закінченню першого перетворення в третьому цифровому компараторі 42 здійснюється порівняння цифрового коду з виходу другого АЦП 34 та нульового коду, записаного в третьому реєстрі 38. При цьому на виході третього цифрового компаратора 42 з'являється сигнал логічної одиниці, яким відкривається третій елемент І 35 і по сигналу з виходу другого елемента І 12 цифровий код з виходу другого АЦП 34 записується в третій реєстр 38. При черговому циклі аналого-цифрового перетворення на виході другого АЦП 34 з'являється цифровий код, який порівнюється з кодом, записаним в третьому реєстрі 38. І якщо цифровий код на виході другого АЦП 34 перевищує код, записаний в третьому реєстрі 38, то відбувається перезапис коду в третій реєстр 38. Таким чином в процесі аналого-цифрового перетворення сигналів, що відповідають температурі різних точок обмотки ротора гідрогенератора, в третьому реєстрі 38 зберігається код, що відповідає найвищій температурі обмотки ротора. По завершенню повного оберту ротора 1 гідрогенератора на виході першого цифрового компаратора 8 з'являється імпульс, яким інформація з третього реєстра 38 переписується в четвертий реєстр 40 та виводиться на перший цифровий індикатор 41.

Розмір області підвищеної температури обмотки ротора здійснюється так. Інформаційний сигнал з комутатора 25, що надходить на вхід першого компаратора 36, в залежності від значення вимірюваної температури, на його виході перетворюється в логічний сигнал нуля або одиниці та у вигляді імпульсів подається на вхід другого лічильника 39, яким підраховується кількість точок теплового портрета ротора гідрогенератора 1, температура яких перевищує значення, що визначається порогом спрацьовування першого компаратора 36. По завершенню сканування всіх точок теплового портрета обмотки ротора гідрогенератора 1 на виході першого цифрового компаратора 8 з'являється імпульс, яким дані з другого лічильника 39 (кількість точок з підвищеною температурою) переносяться в п'ятий регістр 43 та відображаються на другому цифровому індикаторі 44. По закінченні імпульсу з виходу першого цифрового компаратора 8 на виході формувача сигналу 37 з'являється короткий імпульс, яким другий лічильник 39 обнуляється. Число, що записане в п'ятому регістрі 43 свідчить про розмір локальної області підвищеної температури обмотки ротора гідрогенератора 1, за яким оперативний персонал приймає рішення про роботоздатність гідрогенератора.

Підкреслимо, що частина лінійки 6 окремих ІЧ датчиків 6.1, 6.2,...,6.n, які найбільше віддалені від осі ротора гідрогенератора 1, виконують функцію не тільки передачі теплового зображення, що потрапляє в їхнє поле зору, але й функцію формування теплового портрету краю ротора при появі в ньому радіального биття. Це забезпечується так.

Як зазначалось, третій 45 та перший 28 лічильники мають загальний коефіцієнт перерахунку ш. Враховуючи те, що лише незначна частина лінійки окремих ІЧ датчиків 6.1, 6.2,...,6.n використовується для відслідковування радіального биття ротора гідрогенератора 1, то, очевидно, що коефіцієнт перерахунку третього лічильника 45 дещо менший від т, а до значення т його доповнює перший лічильник 28.

При надходженні послідовності імпульсів з дільника частоти 13 в момент заповнення імпульсами третього лічильника 45 на його другому виході з'являється сигнал логічної одиниці, який разом з послідовністю імпульсів з дільника частоти 13 надходить на входи четвертого елемента І 47. Одночасно послідовність сигналів, пропорційних температурі сканованої поверхні, з виходу комутатора 25 подається на другий компаратор 46 і з виходу останнього у вигляді сигналів логічного нуля або одиниці надходить на третій вхід четвертого елемента І 47. Очевидно, що коли температура сканованої поверхні менша порогу спрацьовування другого компаратора 46, то на його виході присутній сигнал логічного нуля, внаслідок чого на виході четвертого елемента І 47 присутній також сигнал логічного нуля. У разі, коли у зоні сканування з'являється край сканованої поверхні ротора гідрогенератора 1, що свідчить про появу радіального биття в роторі гідрогенератора 1, то на виході другого компаратора 46 формуються сигнали логічної одиниці та на виході четвертого елемента І 47 формується послідовність імпульсів, яка надходить на вхід четвертого лічильника 48.

У разі, коли рівень радіального биття незначний і цифровий код на виході четвертого лічильника 48 менше значення цифрового коду, що записаний в блоці задання вібрації 49, на виході четвертого цифрового компаратора 50 присутній сигнал логічного нуля. Якщо рівень радіального биття зростає, то на виході четвертого цифрового компаратора 50 з'являється сигнал логічної одиниці, який подається на другий індикатор 51.

По завершенню сканування вздовж лінійки окремих ІЧ датчиків 6.1, 6.2,...,6.n на виході першого лічильника 28 з'являється сигнал логічної одиниці, яким скидається четвертий лічильник 48 та розпочинається сканування наступного сектору ротора гідрогенератора 1.

Таким чином в кожному секторі сканування поверхні ротора гідрогенератора 1 можна спостерігати наявність або відсутність радіального биття, що і відображається по зовнішньому контуру зображення у відеоконтрольному блоці 33.

Очевидно, що згідно із запропонованим алгоритмом, сканування ротора гідрогенератора 1 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 1 в процесі його роботи.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Пристрій для тепловізійного діагностування ротора гідрогенератора, що містить об'єктив, за яким n дзеркал закріплені 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 датчиків, дільник частоти, буферний регістр, комутатор, два аналого-цифрові перетворювачі, 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, три цифрові компаратори, два тригери, п'ять регістрів, три елементи І, розподільувач тактів, цифровий суматор, блок задання швидкості, перший індикатор, формувач сигналу, перший компаратор та два цифрові індикатори, причому вихід дільника частоти підключений до входу буферного регістра 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, четвертий вхід відеоконтрольного блока разом з першим входом першого аналого-цифрового перетворювача 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 п окремих інфрачервоних датчиків, вихідна цифрова шина першого аналого-цифрового перетворювача підключена через інтерфейсний блок в кола 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 першого 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 з 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 першого аналого-цифрового перетворювача, вихідна цифрова шина другого 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 третього цифрового компаратора, друга вхідна цифрова шина якого з'єднана з вихідною цифровою шиною другого аналого-цифрового перетворювача, а вихід підключений до другого входу третього елемента І, перший вхід якого разом з другим входом другого аналого-цифрового перетворювача з'єднані з виходом другого елемента І, а вихід підключений до входу третього регістра, вихід комутатора з'єднаний з першим входом другого аналого-цифрового перетворювача та зі входом першого компаратора, вихід якого підключений до першого входу другого лічильника, вихідна цифрова шина якого з'єднана з вхідною цифровою шиною п'ятого регістра, а другий вхід підключений до виходу формувача сигналу, вхід якого разом зі входами четвертого та п'ятого регістрів з'єднані з виходом першого цифрового компаратора, вихідні цифрові шини четвертого та п'ятого регістрів підключені, відповідно, до вхідних цифрових шин першого та другого цифрових індикаторів, який **відрізняється** тим, що в нього введено другий компаратор, четвертий елемент І, два лічильники, четвертий цифровий компаратор, блок задання вібрації та другий індикатор, причому вихід комутатора з'єднаний зі входом другого компаратора, вихід якого підключений до третього входу четвертого елемента І, другий вхід якого з'єднаний з виходом дільника частоти, а перший вхід підключений до другого виходу третього лічильника, перший вихід якого з'єднаний зі входом першого лічильника, а вхід підключений до виходу дільника частоти, вихід першого лічильника з'єднаний з другим входом четвертого лічильника, перший вхід якого підключений до виходу четвертого елемента І, а вихідна цифрова шина з'єднана з першою вхідною цифровою шиною четвертого цифрового компаратора, друга вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини блока задання вібрації, а вихід з'єднаний зі входом другого індикатора.

