



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 160561

(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

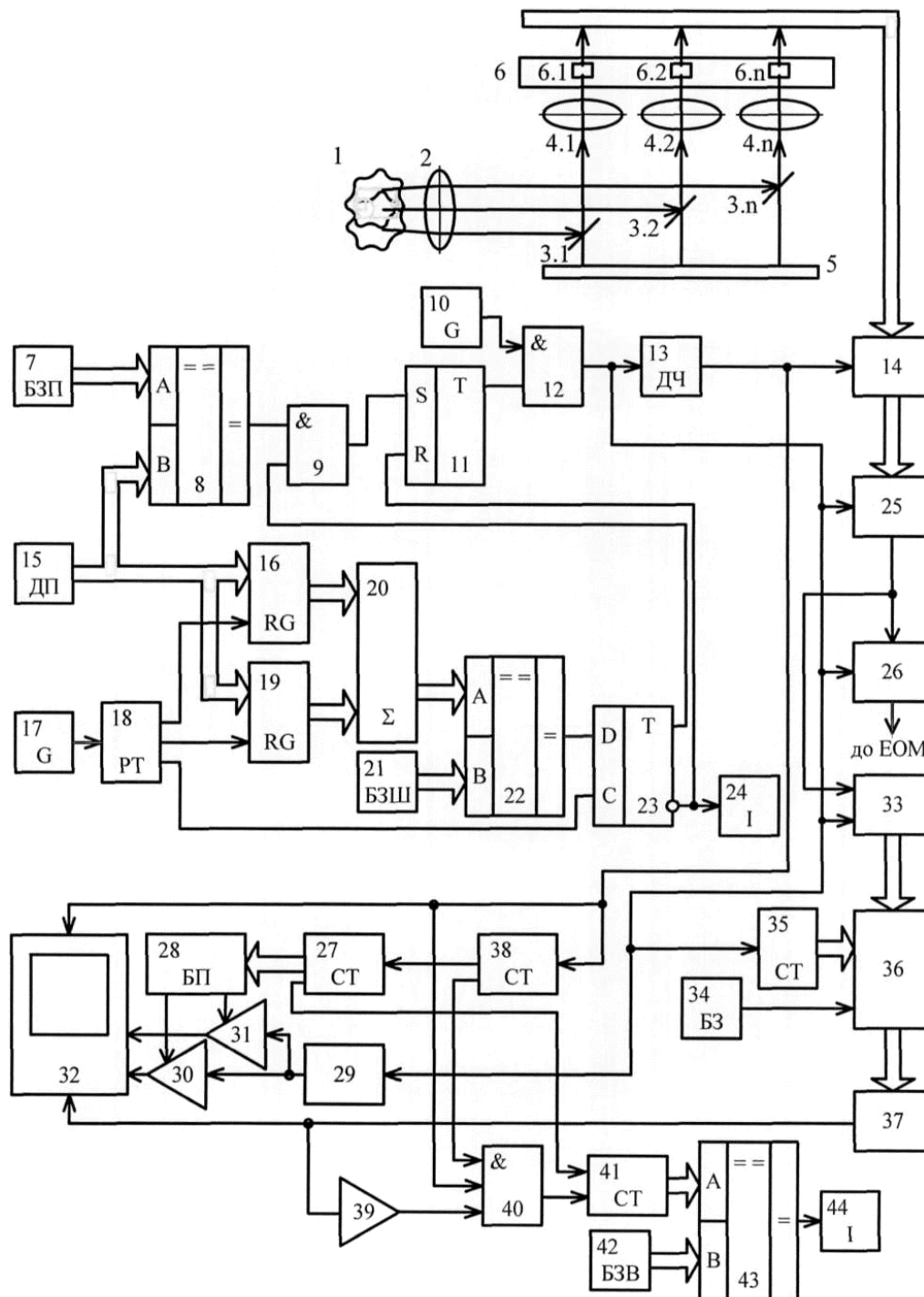
(21) Номер заявки:	u 2024 06330	(72) Винахідник(и):	Грабко Володимир Віталійович (UA), Грабко Валентин Володимирович (UA), Майданюк Євгеній Олександрович (UA)
(22) Дата подання заявки:	31.12.2024	(73) Володілець (володільці):	ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ, вул. Хмельницьке шосе, 95, м. Вінниця, 21021 (UA)
(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності:	18.09.2025		
(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію:	17.09.2025, Бюл.№ 38		

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

Пристрій для тепловізійного діагностування 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 вісі 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 цифрових компаратори, цифровий суматор, два тригери, два елементи І, перший індикатор, блок запуску, буфер даних та цифро-аналоговий перетворювач. 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. 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. 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 першого 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. 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 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

UA 160561 U

якого з'єднаний з колами ЕОМ. Введено компаратор, третій елемент І, два лічильники, третій цифровий компаратор, блок задання вібрації та другий індикатор. Вихід цифро-аналогового перетворювача з'єднаний зі входом компаратора, вихід якого підключений до третього входу третього елементу І, другий вхід якого з'єднаний з виходом дільника частоти, а перший вхід підключений до другого виходу третього лічильника, перший вихід якого з'єднаний з входом першого лічильника, перший вхід якого підключений до виходу третього елементу І. Вихідна цифрова шина з'єднана з першою вхідною цифрою шиною третього цифрового компаратора, друга вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини блока задання вібрації, а вихід з'єднаний зі входом другого індикатора.



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 G 01 K 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, лінійка 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 цифрових 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 вимірювати радіальне биття ротора гідрогенератора в процесі його роботи, оскільки гідрогенератор є специфічною електричною машиною закритого виконання, що ускладнює доступ до його обертових частин.

Найближчим аналогом є пристрій для безконтактного вимірювання температури ротора гідрогенератора (Патент України № 127509, МПК G 01 K 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 цифрових компаратори, цифровий суматор, два тригери, два елементи І, індикатор (в подальшому - перший 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

регистрів 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 першого 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 регистрів, 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 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 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.

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 поставлено задачу 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'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 осі 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 цифрових компаратори, цифровий суматор, два тригери, два елементи І, перший індикатор, блок запуску, буфер даних та ЦАП, 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, 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 регистрів 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 першого 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 регистрів, входи яких підключені, відповідно, до першого та другого виходів розподільвача тактів, третій вхід 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 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 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 компаратор, третій елемент І, два лічильники, третій цифровий компаратор, блок задання вібрації та другий індикатор, причому вихід ЦАП з'єднаний зі входом компаратора, вихід якого підключений до третього входу третього 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 третього елемента І, а вихідна цифрова шина з'єднана з першою вхідною цифровою шиною третього 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 безконтактного вимірювання температури 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; 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 - перший індикатор; 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 - третій лічильник; 39 - компаратор; 40 - третій елемент І; 41 - четвертий лічильник; 42 - блок задання вібрації; 43 - третій цифровий компаратор; 44 - другий індикатор, причому за об'єктивом 2 п дзеркал 3 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, вихід дільника частоти 13 підключений до входу буферного регістра 14 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 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 разом зі входом першого індикатора 24 з'єднані 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 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 розподільувача тактів 18, третій вихід якого з'єднаний з другим входом другого тригера 23, вихід другого генератора імпульсів 17 підключений до входу розподільувача 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 входною 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 входна 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 ЦАП 37 з'єднаний зі входом компаратора 39, вихід якого підключений до третього входу третього елемента І 40, другий вхід якого з'єднаний з виходом дільника частоти 13, а перший вхід підключений до другого виходу третього лічильника 38, перший вихід якого з'єднаний зі входом першого лічильника 27, а вхід підключений до виходу дільника частоти 13, вихід першого лічильника 27 з'єднаний з другим входом четвертого лічильника 41, перший вхід якого підключений до виходу третього елемента І 40, а вихідна цифрова шина з'єднана з першою входною цифровою шиною третього цифрового компаратора 43, друга входна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини блока задання вібрації 42, а вихід з'єднаний зі входом другого індикатора 44, 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, що розташовані на оптичній лінійці 5, та через n лінз 4 на лінійку n ІЧ-датчиків 6, розташованих вздовж радіуса ротора. Очевидно, що при обертанні ротора гідрогенератора в кожен момент часу в поле зору лінійки n ІЧ-датчиків 6 потрапляє лише фрагмент поверхні вздовж радіуса ротора. Отримуючи фрагменти теплового зображення, можна побудувати тепловий портрет всієї поверхні ротора гідрогенератора в процесі його роботи. Зауважимо, що частина датчиків лінійки n ІЧ-датчиків 6 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 32 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.

Якщо ж швидкість обертання ротора гідрогенератора 1 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 32.

Залежно від кутової швидкості обертання ω ротора гідрогенератора вибрана частота формування імпульсів f_1 першого генератора імпульсів 10, що пов'язано співвідношенням $f_1/n = \omega/(2\pi \cdot m)$, де $m=360/\beta$, 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 $\Delta T=n/n_1$ 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 ротора гідрогенератора 1 (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 в інтерфейсний блок 26, в якому він перетворюється в цифрову форму та 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 поступає 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 дільника частоти 13 через послідовно ввімкнені третій 38 та перший 27 лічильники, загальний коефіцієнт перерахунку яких 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.

Підкреслимо, що частина датчиків лінійки n ІЧ-датчиків 6, 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 38 та перший 27 лічильники мають загальний коефіцієнт перерахунку m . Враховуючи те, що лише незначна частина датчиків лінійки n ІЧ-датчиків 6 використовується для відслідковування радіального биття ротора гідрогенератора 1, то, очевидно, що коефіцієнт перерахунку третього лічильника 38 дещо менший від m , а до значення m його доповнює перший лічильник 27.

А тому при надходженні послідовності імпульсів з дільника частоти 13 в момент заповнення імпульсами третього лічильника 38 на його другому виході з'являється сигнал логічної одиниці, який разом з послідовністю імпульсів з дільника частоти 13 поступає на входи третього елемента І 40. Одночасно послідовність сигналів, пропорційних температурі сканованої поверхні, з виходу ЦАП 37 подається на компаратор 39 і з виходу останнього у вигляді сигналів логічного нуля або одиниці надходить на третій вхід третього елемента І 40. Очевидно, що коли температура сканованої поверхні менша порогу спрацьовування компаратора 39, то на його виході присутній сигнал логічного нуля, внаслідок чого на виході третього елемента І 40 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 компаратора 39 формуються сигнали логічної одиниці та на виході третього елемента І 40 формується послідовність імпульсів, яка надходить на вхід четвертого лічильника 41.

У разі, коли рівень радіального биття незначний і цифровий код на виході четвертого лічильника 41 менше значення цифрового коду, що записаний в блоці задання вібрації 42, на виході третього цифрового компаратора 43 присутній сигнал логічного нуля. Якщо рівень радіального биття зростає, то на виході третього цифрового компаратора 43 з'являється сигнал логічної одиниці, який подається на другий індикатор 44.

Після завершення сканування вздовж лінійки п ІЧ-датчиків 6 на виході першого лічильника 27 з'являється сигнал логічної одиниці, яким скидається четвертий лічильник 41 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 32.

Очевидно, що згідно з запропонованим алгоритмом сканування ротора гідрогенератора здійснюється спочатку вздовж деякого радіуса R_j . Коли закінчено сканування п точок, що лежать на радіусі R_j , здійснюється сканування п 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

15 Пристрій для тепловізійного діагностування ротора гідрогенератора, що містить об'єktiv, 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, розподільювач тактів, два регістри, два цифрових компаратори, цифровий суматор, два тригери, два елементи І, перший індикатор, блок запуску, буфер даних та цифро-аналоговий перетворювач, 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, 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 разом зі входом першого 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 розподільювача тактів, третій вихід якого з'єднаний з другим входом другого тригера, вихід другого генератора імпульсів підключений до входу розподільювача 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, вхідна цифрова шина аналого-цифрового перетворювача підключена до першої вхідної цифрової шини буфера даних, вхідна цифрова шина якого з'єднана із 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 введено компаратор, третій елемент І, два лічильники, третій цифровий компаратор, блок задання вібрації та другий індикатор, причому вихід цифро-аналогового перетворювача з'єднаний зі входом компаратора, вихід якого підключений до третього входу третього 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 третього елемента І, а вихідна цифрова шина з'єднана з першою входною цифровою шиною третього цифрового компаратора, друга входна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини блока задання вібрації, а вихід з'єднаний зі входом другого індикатора.
- 5

