



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 159967

(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

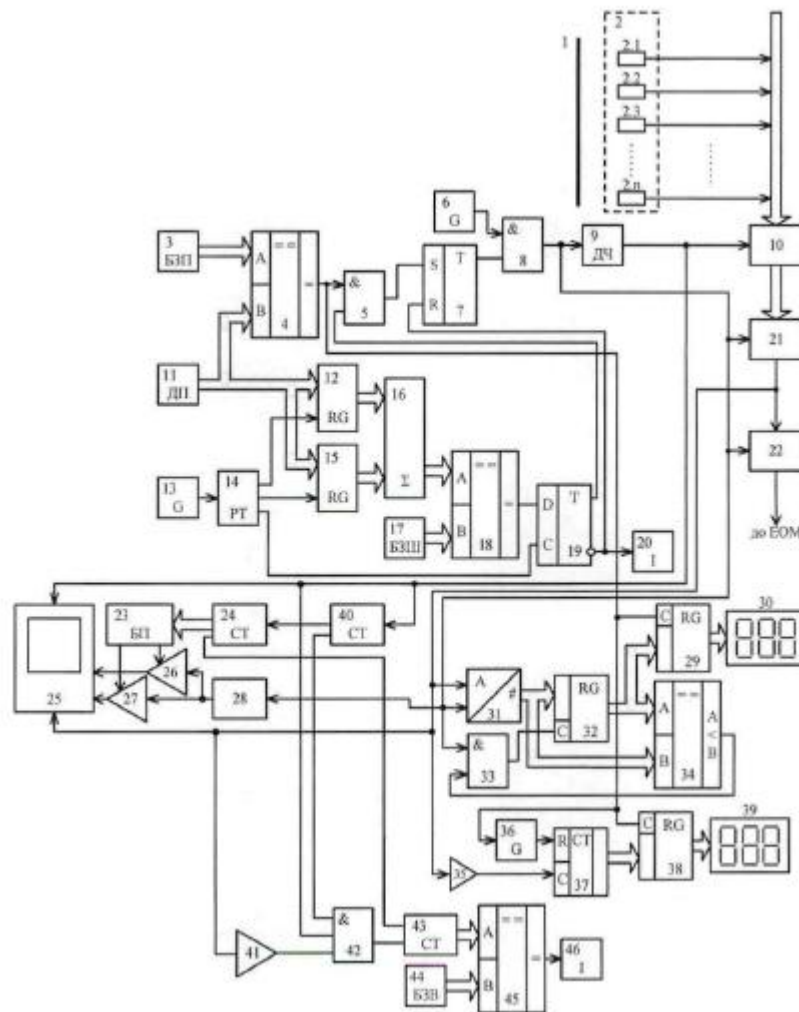
(21) Номер заявки: u 2024 06332	(72) Винахідник(и): Грабко Володимир Віталійович (UA), Грабко Валентин Володимирович (UA), Некрутенко В'ячеслав Олександрович (UA)
(22) Дата подання заявки: 31.12.2024	
(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: 24.07.2025	
(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію: 23.07.2025, Бюл.№ 30	(73) Володілець (володільці): ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ, вул. Хмельницьке шосе, 95, м. Вінниця 21021 (UA)

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

Пристрій для тепловізійного діагностування ротора гідрогенератора містить об'єктив, інфрачервоний приймач, що містить п окремих інфрачервоних сенсорів, дільник частоти, буферний регістр, комутатор, блок підготовки даних, два генератори імпульсів, два керовані підсилювачі, відеоконтрольний блок, два лічильники, генератор напруги, блок пам'яті, датчик положення, блок задання положення, блок задання швидкості, розподільювач тактів, п'ять регістрів, три цифрові компаратори, цифровий суматор, два тригери, три елементи І, перший індикатор, аналого-цифровий перетворювач, формувач сигналу, перший компаратор та два цифрові індикатори. При цьому 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, 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 блока підготовки даних разом з четвертим входом відеоконтрольного блока з'єднані з виходом комутатора, вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини буферного регістра, вхідна цифрова шина якого з'єднана з виходами п окремих інфрачервоних сенсорів інфрачервоного приймача, вихід блока підготовки даних підключений в кола ЕОМ, вхідна 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 зі 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, комутатора та до другого входу

UA 159967 U

блока підготовки даних, вихідна цифрова шина аналого-цифрового перетворювача з'єднана з вхідною цифровою шиною третього регістра, вихідна цифрова шина якого підключена до вхідної цифрової шини четвертого регістра та до першої вхідної цифрової шини третього цифрового компаратора, друга вхідна цифрова шина якого з'єднана з вихідною цифровою шиною аналого-цифрового перетворювача, а вихід підключений до другого входу третього елемента І, перший вхід якого разом з другим входом аналого-цифрового перетворювача з'єднані з виходом другого елемента І, а вихід підключений до входу третього регістра, вихід комутатора з'єднаний з першим входом 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. Введено другий компаратор, четвертий елемент І, два лічильники, четвертий цифровий компаратор, блок задання вібрації та другий індикатор. При цьому 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.



Корисна модель відноситься 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 № 66866, М. кл. G01K 13/00, бюл. № 2, 2012), що містить об'єкти, інфрачервоний приймач, що містить п окремих інфрачервоних сенсорів, дільник частоти, буферний регістр, комутатор, блок підготовки даних, два генератори імпульсів, два керовані підсилювачі, відеоконтрольний блок, лічильник, генератор напруги, блок пам'яті, 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, а другі входи з'єднані, відповідно, з першим та другим виходами блока пам'яті, вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини лічильника, четвертий вхід відеоконтрольного блока разом з першим входом блока підготовки даних з'єднані з виходом комутатора, вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини буферного регістра, вхідна цифрова шина якого з'єднана з виходами п окремих інфрачервоних сенсорів інфрачервоного приймача, вихід блока підготовки даних підключений 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 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, комутатора та до другого входу блока підготовки даних.

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.

За прототип обрано пристрій для безконтактного вимірювання температури ротора гідрогенератора (Патент України № 128194, М. кл. G01K 13/08, бюл. № 17, 2018), що містить об'єкти, інфрачервоний приймач, що містить п окремих інфрачервоних сенсорів, дільник частоти, буферний регістр, комутатор, блок підготовки даних, два генератори імпульсів, два керовані підсилювачі, відеоконтрольний блок, два лічильники, генератор напруги, блок пам'яті, датчик положення, блок задання положення, блок задання швидкості, розподільувач тактів, п'ять регістрів, три цифрові компаратори, цифровий суматор, два тригери, три елементи І, індикатор (в подальшому - перший індикатор), аналого-цифровий перетворювач (АЦП), 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, 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 блока підготовки даних разом з четвертим входом відеоконтрольного блока з'єднані з виходом комутатора, вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини буферного регістра, вхідна цифрова шина якого з'єднана з виходами п окремих інфрачервоних сенсорів інфрачервоного приймача, вихід блока підготовки даних підключений в кола ЕОМ, 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 розподільвача тактів, третій вихід якого підключений до другого входу другого тригера, вихід другого генератора імпульсів з'єднаний зі 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, комутатора та до другого входу блока підготовки даних, вихідна цифрова шина АЦП з'єднана з вхідною цифровою шиною третього регістра, вихідна цифрова шина якого підключена до вхідної цифрової шини четвертого регістра та до першої вхідної цифрової шини третього цифрового компаратора, друга вхідна цифрова шина якого з'єднана з вихідною цифровою шиною АЦП, а вихід підключений до другого входу третього елемента І, перший вхід якого разом з другим входом АЦП з'єднані з виходом другого елемента І, а вихід підключений до входу третього регістра, вихід комутатора з'єднаний з першим входом 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 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 досягається тим, що в пристрій для тепловізійного діагностування ротора гідрогенератора, що містить об'єктив, інфрачервоний приймач, що містить п окремих інфрачервоних сенсорів, дільник частоти, буферний регістр, комутатор, блок підготовки даних, два генератори імпульсів, два керовані підсилювачі, відеоконтрольний блок, два лічильники, генератор напруги, блок пам'яті, датчик положення, блок задання положення, блок задання швидкості, розподільвач тактів, п'ять регістрів, три цифрові компаратори, цифровий суматор, два тригери, три елементи І, перший індикатор, аналого-цифровий перетворювач (АЦП), 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, 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 блока підготовки даних разом з четвертим входом відеоконтрольного блока з'єднані з виходом комутатора, вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини буферного регістра, вхідна цифрова шина якого з'єднана з виходами п окремих інфрачервоних сенсорів інфрачервоного приймача, вихід блока підготовки даних підключений в кола ЕОМ, 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 розподільвача тактів, третій вихід якого підключений до другого входу другого тригера, вихід другого генератора імпульсів з'єднаний зі 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, комутатора та до другого входу блока підготовки даних, вихідна цифрова шина АЦП з'єднана з вхідною цифровою шиною третього регістра, вихідна цифрова шина якого підключена до вхідної цифрової шини четвертого регістра та до першої вхідної цифрової шини третього цифрового компаратора, друга вхідна цифрова шина якого з'єднана з вихідною цифровою шиною АЦП, а вихід підключений до другого входу третього елемента І, перший вхід якого разом з другим входом АЦП з'єднані з виходом другого елемента І, а вихід підключений до входу третього регістра, вихід комутатора з'єднаний з першим входом 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 - об'єкти; 2 - інфрачервоний приймач, що містить n окремих інфрачервоних сенсорів 2.1-2.n; 3 - блок задання положення; 4 - перший цифровий компаратор; 5 - перший елемент І; 6 - перший генератор імпульсів; 7 - перший тригер; 8 - другий елемент І; 9 - дільник частоти; 10 - буферний регістр; 11 - датчик положення; 12 - перший регістр; 13 - другий генератор імпульсів; 14 - розподільвач тактів; 15 - другий регістр; 16 - цифровий суматор; 17 - блок задання швидкості; 18 - другий цифровий компаратор; 19 - другий тригер; 20 - перший індикатор; 21 - комутатор; 22 - блок підготовки даних; 23 - блок пам'яті; 24 - перший лічильник; 25 - відеоконтрольний блок; 26, 27 - перший та другий керовані підсилювачі; 28 - генератор напруги; 29 - четвертий регістр; 30 - перший цифровий індикатор; 31 - АЦП; 32 - третій регістр; 33 - третій елемент І; 34 - третій цифровий компаратор; 35 - перший компаратор; 36 - формувач сигналу; 37 - другий лічильник; 38 - п'ятий регістр; 39 - другий цифровий індикатор; 40 - третій лічильник; 41 - другий компаратор; 42 - четвертий елемент І; 43 - четвертий лічильник; 44 - блок задання вібрації; 45 - четвертий цифровий компаратор; 46 - другий індикатор, причому вихід дільника частоти 9 підключений до входу буферного регістра 10 та до першого входу відеоконтрольного блока 25, другий та третій входи якого з'єднані з виходами першого 26 та другого 27 керованих підсилювачів, перші входи яких підключені до виходу генератора напруги 28, а другі входи з'єднані, відповідно, з першим та другим виходами блока пам'яті 23, вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини першого лічильника 24, перший вхід блока підготовки даних 22 разом з четвертим входом відеоконтрольного блока 25 з'єднані з виходом комутатора 21, вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини буферного регістра 10, вхідна цифрова шина якого з'єднана з виходами n окремих інфрачервоних сенсорів 2.1-2.n інфрачервоного приймача 2, вихід блока підготовки даних 22 підключений в кола ЕОМ, вихідна цифрова шина блока задання положення 3 з'єднана з першою вхідною цифровою шиною першого цифрового компаратора 4, друга вхідна цифрова шина якого разом з вхідними цифровими шинами першого 12 та другого 15 регістрів підключені до вихідної цифрової шини датчика положення 11, вихід першого цифрового компаратора 4 з'єднаний з першим входом першого елемента І 5, другий вхід якого підключений до першого виходу другого тригера 19, а вихід з'єднаний з першим входом першого тригера 7, другий вхід якого разом зі входом першого індикатора 20 підключені до другого виходу другого тригера 19, перший вхід якого з'єднаний з виходом другого цифрового компаратора 18, друга вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини блока задання швидкості 17, а

перша вхідна цифрова шина з'єднана з вихідною цифровою шиною цифрового суматора 16, перша і друга вхідні цифрові шини якого підключені, відповідно, до вихідних цифрових шин першого 12 та другого 15 регістрів, входи яких з'єднані, відповідно, з першим та другим виходами розподільвача тактів 14, третій вихід якого підключений до другого входу другого тригера 19, вихід другого генератора імпульсів 13 з'єднаний зі входом розподільвача тактів 14, вихід першого тригера 7 підключений до першого входу другого елемента І 8, другий вхід якого з'єднаний з виходом першого генератора імпульсів 6, а вихід підключений до входів дільника частоти 9, генератора напруги 28, комутатора 21 та до другого входу блока підготовки даних 22, вихідна цифрова шина АЦП 31 з'єднана з вхідною цифровою шиною третього регістра 32, вихідна цифрова шина якого підключена до вхідної цифрової шини четвертого регістра 29 та до першої вхідної цифрової шини третього цифрового компаратора 34, друга вхідна цифрова шина якого з'єднана з вихідною цифровою шиною АЦП 31, а вихід підключений до другого входу третього елемента І 33, перший вхід якого разом з другим входом АЦП 31 з'єднані з виходом другого елемента І 8, а вихід підключений до входу третього регістра 32, вихід комутатора 21 з'єднаний з першим входом АЦП 31 та зі входом першого компаратора 35, вихід якого підключений до першого входу другого лічильника 37, вихідна цифрова шина якого з'єднана з вхідною цифровою шиною п'ятого регістра 38, а другий вхід підключений до виходу формувача сигналу 36, вхід якого разом зі входами четвертого 29 та п'ятого 38 регістрів з'єднані з виходом першого цифрового компаратора 4, вихідні цифрові шини четвертого 29 та п'ятого 38 регістрів підключені, відповідно, до вхідних цифрових шин першого 30 та другого 39 цифрових індикаторів, вихід комутатора 21 з'єднаний зі входом другого компаратора 41, вихід якого підключений до третього входу четвертого елемента І 42, другий вхід якого з'єднаний з виходом дільника частоти 9, а перший вхід підключений до другого виходу третього лічильника 40, перший вихід якого з'єднаний зі входом першого лічильника 24, а вхід підключений до виходу дільника частоти 9, вихід першого лічильника 24 з'єднаний з другим входом четвертого лічильника 43, перший вхід якого підключений до виходу четвертого елемента І 42, а вихідна цифрова шина з'єднана з першою вхідною цифровою шиною четвертого цифрового компаратора 45, друга вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини блока задання вібрації 44, а вихід з'єднаний зі входом другого індикатора 46, позицією 1 позначено об'єktiv.

Запропонований пристрій працює так. При подачі напруги живлення перший 6 та другий 13 генератори імпульсів починають формувати відповідні послідовності імпульсів. Потік інфрачервоного випромінювання, який створюється поверхнею ротора гідрогенератора, що знаходиться на деякій відстані від оптичної системи пристрою, потрапляє через об'єktiv 1 на лінійку n окремих інфрачервоних сенсорів 2.1-2. n інфрачервоного приймача 2, розташованих вздовж радіуса ротора. Очевидно, що при обертанні ротора гідрогенератора в кожен момент часу в поле зору інфрачервоного приймача 2 потрапляє лише фрагмент поверхні вздовж радіуса ротора. Отримуючи фрагменти теплового зображення, можна побудувати тепловий портрет всієї поверхні ротора гідрогенератора в процесі його роботи. Зауважимо, що частина лінійки інфрачервоних сенсорів 2.1-2. n інфрачервоного приймача 2 знаходиться за межами найвіддаленішої точки ротора гідрогенератора.

Якщо ротор гідрогенератора знаходиться в нерухомому стані або його швидкість обертання менша від номінальної, то на екран відеоконтрольного блока 25 теплове зображення поверхні ротора не виводиться. Це обумовлено наступним. Під впливом другого генератора імпульсів 13 по чергову на виходах розподільвача тактів 14 формуються сигнали. Сигналом з першого виходу розподільвача тактів 14 в перший регістр 12 записується код з виходу датчика положення 11. В другий регістр 15 сигналом з другого виходу розподільвача тактів 14 записується інший код з виходу датчика положення 11. Різниця зазначених кодів за одиницю часу, що забезпечується другим генератором імпульсів 13, являє собою швидкість обертання ротора гідрогенератора, що і визначається в цифровому суматорі 16 та подається на перший вхід другого цифрового компаратора 18, в якому здійснюється порівняння у вигляді кодів поточної швидкості обертання ротора гідрогенератора з номінальною, яка записана в блоці задання швидкості 17. У випадку, коли швидкість менша від номінальної, на виході другого цифрового компаратора 18 з'являється сигнал логічного нуля, який під дією сигналу з третього виходу розподільвача тактів 14 записується в другий тригер 19. При цьому перший індикатор 20 залишається ввімкненим, тепловий портрет ротора не фіксується.

Якщо ж швидкість обертання ротора гідрогенератора стає рівною номінальній, то на другому виході другого тригера 19 з'являється сигнал логічного нуля, перший індикатор 20 вимикається, на першому виході другого тригера 19 з'являється сигнал логічної одиниці, який подається на вхід першого елемента І 5. В момент обертання ротора, коли він знаходиться в умовному

початковому положенні, коди з виходу датчика положення 11 та з виходу блока задання положення 3 співпадають, на виході першого цифрового компаратора 4 з'являється сигнал логічної одиниці, яким через перший елемент І 5 встановлюється в одиничний стан перший тригер 7. Внаслідок цього імпульси з виходу першого генератора імпульсів 6 через другий елемент І 8 починають надходити в блоки, за допомогою яких формується тепловий портрет на екрані відеоконтрольного блока 25.

В залежності від кутової швидкості обертання ω ротора гідрогенератора вибрана частота формування імпульсів f_1 першого генератора імпульсів 6, що пов'язано співвідношенням $f_1/n=\omega/(2\pi\cdot m)$, де $m=360^\circ/\beta$, β - мінімальний сектор поверхні ротора, що потрапляє в поле зору інфрачервоного приймача 2, n - коефіцієнт ділення дільника частоти 9, що відповідає кількості окремих інфрачервоних сенсорів 2.1-2.n інфрачервоного приймача 2. Отже, з частотою f_1/n , при номінальній швидкості обертання ротора, на виході дільника частоти 9 з'являються імпульси, якими фіксуються у буферному регістрі 10 на час $\Delta T=n/f_1$ електричні сигнали в аналоговому вигляді з виходів n окремих інфрачервоних сенсорів 2.1-2.n інфрачервоного приймача 2. Амплітуди цих сигналів пропорційні температурі елементарних ділянок поверхні об'єкта (кількість таких ділянок $N=n\cdot m$). Комутатором 21 здійснюється зчитування інформації з буферного регістра 10 з наступним її перетворенням із паралельного виду представлення в послідовний. Сформований таким чином сигнал з виходу комутатора 21 потрапляє на вхід відеоконтрольного блока 25 і на вхід блока підготовки даних 22, в якому він перетворюється в цифрову форму та приводиться до зручного виду для передачі в ЕОМ.

Генератор напруги 28, перший 26 та другий 27 керовані підсилювачі і блок пам'яті 23 призначені для формування сигналів розгортки відеоконтрольного блока 25. Сигнал частотою f_1 , що надходить на вхід генератора напруги 28, на виході приймає ступінчасту форму (містить n складових) і подається на входи першого 26 і другого 27 керованих підсилювачів, коефіцієнт підсилення яких задається вихідними сигналами блока пам'яті 23. При цьому коефіцієнти підсилення першого 26 та другого 27 керованих підсилювачів задаються так, що на їх виходах формуються сигнали, пропорційні $R_i\cdot\sin\phi_j$ та $R_i\cdot\cos\phi_j$ відповідно, де R_i - радіус, ϕ_j - кут координати елементарної ділянки поверхні ротора в полярній системі координат, що обумовлено сигналами з датчика положення 11. При цьому $i=\overline{0,n}$, $j=\overline{0,m}$.

На вхід блока пам'яті 23 сигнали надходять з дільника частоти 9 через послідовно ввімкнені третій 40 та перший 24 лічильники, загальний коефіцієнт перерахунку яких дорівнює m . В результаті на екрані відеоконтрольного блока 25 при наявності одного інформаційного сигналу, двох сигналів розгортки та сигналу з виходу дільника частоти 9 формується зображення, що відповідає тепловому портрету ротора гідрогенератора.

Визначення найбільш нагрітої точки обмотки ротора гідрогенератора в процесі його роботи відбувається наступним чином. Послідовність сигналів з виходу комутатора 21 потрапляє на перший вхід АЦП 31, в якому по сигналу з першого генератора імпульсів 6 через другий елемент І 8 здійснюється їх перетворення в цифровий код. По закінченні першого перетворення в третьому цифровому компараторі 34 здійснюється порівняння цифрового коду з виходу АЦП 31 та нульового коду, записаного в третьому регістрі 32. При цьому на виході третього цифрового компаратора 34 з'являється сигнал логічної одиниці, яким відкривається третій елемент І 33 і по сигналу з виходу другого елемента І 8 цифровий код з виходу АЦП 31 записується в третій регістр 32. При черговому циклі аналого-цифрового перетворення на виході АЦП 31 з'являється цифровий код, який порівнюється з кодом, записаним в третьому регістрі 32. І, якщо цифровий код на виході АЦП 31 перевищує код, записаний в третьому регістрі 32, то відбувається перезапис коду в третій регістр 32. Таким чином, в процесі аналого-цифрового перетворення сигналів, що відповідають температурі різних точок обмотки ротора гідрогенератора, в третьому регістрі 32 зберігається код, що відповідає найвищій температурі обмотки ротора. По завершенню повного оберту ротора гідрогенератора на виході першого цифрового компаратора 4 з'являється імпульс, яким інформація з третього регістра 32 переписується в четвертий регістр 29 та виводиться на перший цифровий індикатор 30.

Розмір області підвищеної температури обмотки ротора визначається так. Інформаційний сигнал з комутатора 21, що надходить на вхід першого компаратора 35, залежно від значення вимірюваної температури, на його виході перетворюється в логічний сигнал нуля або одиниці та у вигляді імпульсів подається на вхід другого лічильника 37, яким підраховується кількість точок теплового портрета ротора гідрогенератора, температура яких перевищує значення, що визначається порогом спрацювання першого компаратора 35. По завершенню сканування всіх точок теплового портрета обмотки ротора гідрогенератора на виході першого цифрового компаратора 4 з'являється імпульс, яким дані з другого лічильника 37 (кількість точок з підвищеною температурою) переносяться в п'ятий регістр 38 та відображаються на другому

цифровому індикаторі 39. По закінченні імпульсу з виходу першого цифрового компаратора 4 на виході формувача сигналу 36 з'являється короткий імпульс, яким другий лічильник 37 обнуляється. Число, що записане в п'ятому регістрі 38 свідчить про розмір локальної області підвищеної температури обмотки ротора гідрогенератора, за яким оперативний персонал

приймає рішення про роботоздатність гідрогенератора. Підкреслимо, що частина датчиків лінійки n окремих інфрачервоних сенсорів 2.1-2. n інфрачервоного приймача 2, які найбільше віддалені від осі ротора гідрогенератора, 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 40 та перший 24 лічильники мають загальний коефіцієнт перерахунку m . Враховуючи те, що лише незначна частина лінійки інфрачервоних сенсорів 2.1-2. n інфрачервоного приймача 2 використовується для відслідковування радіального биття ротора гідрогенератора, то, очевидно, що коефіцієнт перерахунку третього лічильника 40 дещо менший від m , а до значення m його доповнює перший лічильник 24.

А тому при надходженні послідовності імпульсів з дільника частоти 9 в момент заповнення імпульсами третього лічильника 40 на його другому виході з'являється сигнал логічної одиниці, який разом з послідовністю імпульсів з дільника частоти 9 надходить на входи четвертого елемента І 42. Одночасно послідовність сигналів, пропорційних температурі сканованої поверхні, з виходу комутатора 21 подається на другий компаратор 41 і з виходу останнього у вигляді сигналів логічного нуля або одиниці надходить на третій вхід четвертого елемента І 42. Очевидно, що коли температура сканованої поверхні менша порогу спрацювання другого компаратора 41, то на його виході присутній сигнал логічного нуля, внаслідок чого на виході четвертого елемента І 42 присутній також сигнал логічного нуля. У разі, коли у зоні сканування з'являється край сканованої поверхні ротора гідрогенератора, що свідчить про появу радіального биття в роторі гідрогенератора, то на виході другого компаратора 41 формуються сигнали логічної одиниці та на виході четвертого елемента І 42 формується послідовність імпульсів, яка надходить на вхід четвертого лічильника 43.

У разі, коли рівень радіального биття незначний і цифровий код на виході четвертого лічильника 43 менше значення цифрового коду, що записаний в блоці задання вібрації 44, на виході четвертого цифрового компаратора 45 присутній сигнал логічного нуля. Якщо рівень радіального биття зростає, то на виході четвертого цифрового компаратора 45 з'являється сигнал логічної одиниці, який подається на другий індикатор 46.

По завершенні сканування вздовж лінійки інфрачервоних сенсорів 2.1-2. n інфрачервоного приймача 2 на виході першого лічильника 24 з'являється сигнал логічної одиниці, яким скидається четвертий лічильник 43 та розпочинається сканування наступного сектору ротора гідрогенератора.

Таким чином в кожному секторі сканування поверхні ротора гідрогенератора можна спостерігати наявність або відсутність радіального биття, що і відображається по зовнішньому контуру зображення у відеоконтрольному блоці 25.

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.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Пристрій для тепловізійного діагностування ротора гідрогенератора, що містить об'єктив, інфрачервоний приймач, що містить n окремих інфрачервоних сенсорів, дільник частоти, буферний регістр, комутатор, блок підготовки даних, два генератори імпульсів, два керовані підсилювачі, відеоконтрольний блок, два лічильники, генератор напруги, блок пам'яті, датчик положення, блок задання положення, блок задання швидкості, розподільувач тактів, п'ять регістрів, три цифрові компаратори, цифровий суматор, два тригери, три елементи І, перший індикатор, аналого-цифровий перетворювач, 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, 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 блока підготовки даних разом з четвертим входом відеоконтрольного блока з'єднані з виходом

комутатора, вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини буферного регістра, вхідна цифрова шина якого з'єднана з виходами n окремих інфрачервоних сенсорів інфрачервоного приймача, вихід блока підготовки даних підключений в кола EOM, вихідна цифрова шина блока задання положення з'єднана з першою вхідною цифровою шиною

5 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 I, 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

10 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

15 другого тригера, вихід другого генератора імпульсів з'єднаний зі входом розподільювача тактів, вихід першого тригера підключений до першого входу другого елемента I, другий вхід якого з'єднаний з виходом першого генератора імпульсів, а вихід підключений до входів дільника частоти, генератора напруги, комутатора та до другого входу блока підготовки даних, вихідна цифрова шина аналого-цифрового перетворювача з'єднана з вхідною цифровою шиною

20 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 аналого-цифрового перетворювача, а вихід підключений до другого входу третього елемента I, перший вхід якого

25 разом з другим входом аналого-цифрового перетворювача з'єднані з виходом другого елемента I, а вихід підключений до входу третього регістра, вихід комутатора з'єднаний з першим входом 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,

30 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 I, два лічильники, четвертий цифровий компаратор, блок задання вібрації та другий індикатор,

35 причому вихід комутатора з'єднаний зі входом другого компаратора, вихід якого підключений до третього входу четвертого елемента I, 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

40 підключений до виходу четвертого елемента I, 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.

