УКРАЇНА **(19) UA** **(11) 160321** **(13) U**

(51) МПК
G01K 13/08 (2006.01)

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

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: **u 2025 00116**
(22) Дата подання заявки: **10.01.2025**
(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: **28.08.2025**
(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію: **27.08.2025, Бюл.№ 35**

(72) Винахідник(и):
Грабко Володимир Віталійович (UA),
Грабко Валентин Володимирович (UA),
Земелєв Вадим Сергійович (UA)

(73) Володілець (володільці):
ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ,
вул. Хмельницьке шосе, 95, м. Вінниця, 21021 (UA)

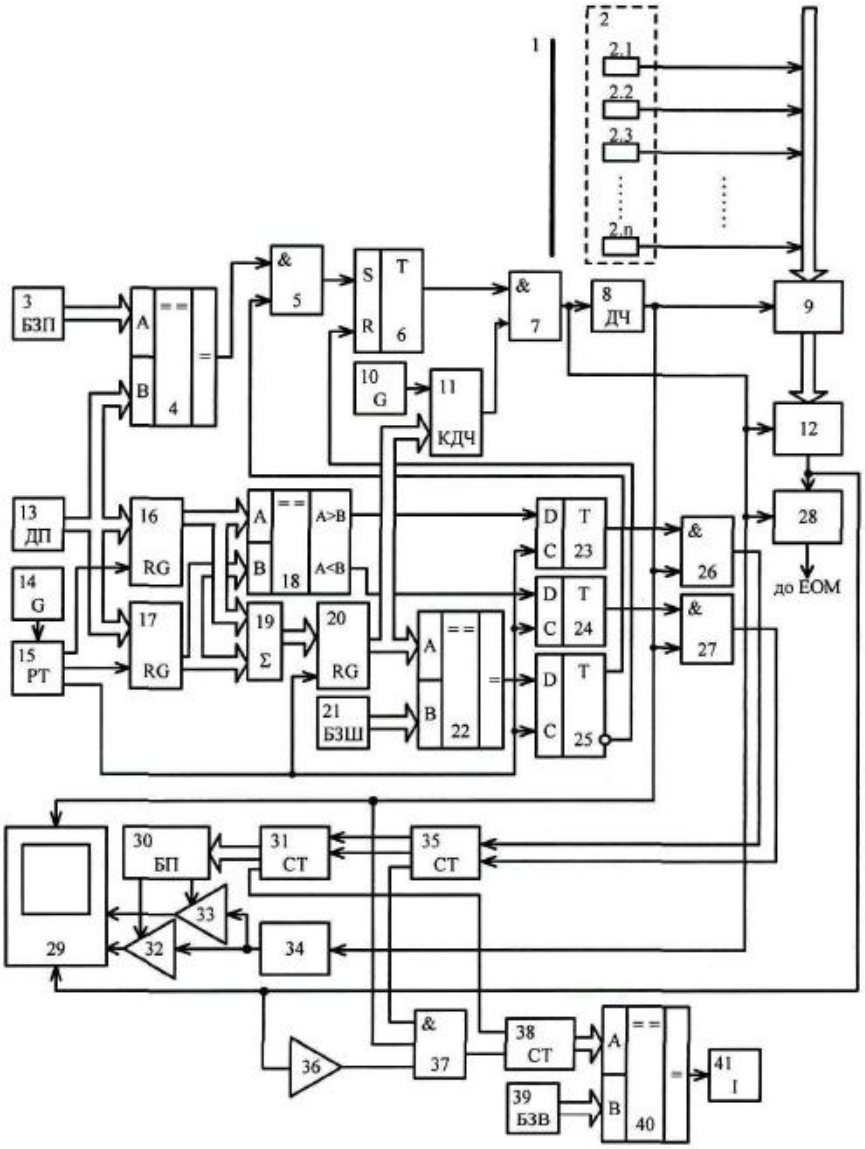
(54) ПРИСТРІЙ ДЛЯ ТЕПЛОВІЗІЙНОГО ДІАГНОСТУВАННЯ РОТОРА ГІДРОГЕНЕРАТОРА

(57) Реферат:

Пристрій для тепловізійного діагностування ротора гідрогенератора містить об'єктив, інфрачервоний приймач, що містить n окремих інфрачервоних сенсорів, блок задання положення, три цифрові компаратори, чотири елементи І, чотири тригери, два генератори імпульсів, дільник частоти, буферний регістр, датчик положення, три регістри, розподілювач тактів, суматор, блок задання швидкості, комутатор, керований дільник частоти, блок підготовки даних, блок пам'яті, перший лічильник, відеоконтрольний блок, два керовані підсилювачі, генератор напруги. N виходів інфрачервоного приймача підключені до вхідної шини буферного регістра. Блок задання положення та датчик положення з'єднані своїми вихідними цифровими шинами, відповідно, з першою та другою вхідними цифровими шинами першого цифрового компаратора, вихід якого підключений до першого входу першого елемента І, вихід якого з'єднаний з першим входом першого тригера, вихід якого підключений до першого входу другого елемента І, вихід якого з'єднаний з першим входом блока підготовки даних та зі входами дільника частоти, комутатора та генератора напруги, вихід якого підключений до других входів першого та другого керованих підсилювачів, виходи яких з'єднані, відповідно, із третім та другим входами відеоконтрольного блока. Вихід дільника частоти підключений до першого входу відеоконтрольного блока та до входу буферного регістра, вихідна цифрова шина якого з'єднана зі вхідною цифровою шиною комутатора, вихід якого підключений до другого входу блока підготовки даних та до четвертого входу відеоконтрольного блока. Вихідна цифрова шина першого лічильника з'єднана зі вхідною цифровою шиною блока пам'яті, перший та другий виходи якого підключені до перших входів, відповідно, другого та першого керованих підсилювачів. Вихідна цифрова шина датчика положення з'єднана зі вхідними цифровими шинами першого та другого регістрів, вихідні цифрові шини яких підключені до першої та другої вхідних цифрових шин цифрового суматора. Вихід блока підготовки даних з'єднаний з колами електронно-обчислювальної машини. Вихідна цифрова шина блока задання швидкості підключена до другої вхідної цифрової шини другого цифрового компаратора. Вихідна цифрова шина цифрового суматора з'єднана з вхідною цифровою шиною третього регістра, вихідна цифрова шина якого підключена до першої вхідної цифрової шини другого цифрового компаратора та до вхідної цифрової шини керованого дільника частоти, вхід якого з'єднаний з виходом другого генератора імпульсів. Вихід керованого дільника частоти підключений до другого входу другого елемента І. Перший та другий виходи розподілювача тактів з'єднані зі входами першого та другого регістрів, відповідно, а третій вихід підключений до входу третього регістра. Вихідні цифрові шини першого та другого регістрів з'єднані з першою та другою

UA 160321 U

вхідними цифровими шинами третього цифрового компаратора, відповідно, перший та другий виходи якого підключені, відповідно, до перших входів другого та третього тригерів, виходи яких з'єднані, відповідно, з першими входами третього та четвертого елементів І, відповідно. Вихід другого цифрового компаратора з'єднаний з першим входом четвертого тригера, перший вихід якого підключений до другого входу першого елемента І, а другий вихід з'єднаний з другим входом першого тригера. Другі входи другого, третього та четвертого тригерів підключені до третього виходу розподілювача тактів. Другі входи третього та четвертого елементів І з'єднані з виходом дільника частоти. Вихід першого генератора імпульсів підключений до входу розподілювача тактів. Введено компаратор, п'ятий елемент І, два лічильники, четвертий цифровий компаратор, блок задання вібрації та індикатор. Вихід комутатора з'єднаний зі входом компаратора, вихід якого підключений до третього входу п'ятого елемента І, другий вхід якого з'єднаний з виходом дільника частоти, а перший вхід підключений до третього виходу другого лічильника, перший та другий виходи якого з'єднані з першим та другим входами першого лічильника, а перший та другий входи підключені, відповідно, до виходів третього та четвертого елементів І. Вихід першого лічильника з'єднаний з другим входом третього лічильника, перший вхід якого підключений до виходу п'ятого 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 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 № 104551, МПК G01K 13/08, опубл. 10.02.2016, бюл. № 3), що містить об'єктив, інфрачервоний приймач, що містить n окремих інфрачервоних сенсорів, блок задання положення, два цифрові компаратори, два елементи І, елемент НІ, тригер, два генератори імпульсів, дільник частоти, буферний регістр, датчик положення, три регістри, розподілювач тактів, суматор, блок задання швидкості, комутатор, керований дільник частоти, блок підготовки даних, блок пам'яті, лічильник, відеоконтрольний блок, два керовані підсилювачі, генератор напруги, причому n виходів інфрачервоного приймача підключені до вхідної шини буферного регістра, блок задання положення та датчик положення з'єднані своїми вихідними цифровими шинами, відповідно, з першою та другою вхідними цифровими шинами першого цифрового компаратора, вихід якого підключений до першого входа першого елемента І, вихід якого з'єднаний з першим входом тригера, вихід якого підключений до першого входу другого елемента І, вихід якого з'єднаний з. першим входом блока підготовки даних та зі входами дільника частоти, комутатора та генератора напруги, вихід якого підключений до других входів першого та другого керованих підсилювачів, виходи яких з'єднані, відповідно, із третім та другим входами відеоконтрольного блока, вихід. дільника частоти підключений до першого входу відеоконтрольного блока, до входів лічильника імпульсів та буферного регістра, вихідна шина якого з'єднана зі вхідною шиною комутатора, вихід якого підключений до другого входу блока підготовки даних та до четвертого входу відеоконтрольного блока, вихідна цифрова шина лічильника з'єднана зі вхідною цифровою шиною блока пам'яті, перший та другий виходи якого підключені до перших входів, відповідно, другого та першого керованих підсилювачів, вихідна цифрова шина датчика положення з'єднана зі вхідними цифровими шинами першого та другого регістрів, вихідні цифрові шини яких підключені до першої та другої вхідних цифрових шин цифрового суматора, вихід першого генератора імпульсів з'єднаний зі входом розподілювача тактів, перший та другий виходи якого підключені, відповідно, до входів першого та другого регістрів, вихід блока підготовки даних з'єднаний з колами ЕОМ, вихідна цифрова шина блока задання швидкості підключена до другої вхідної цифрової шини другого цифрового компаратора, вихідна цифрова шина цифрового суматора з'єднана з вхідною цифровою шиною третього регістра, вихідна цифрова шина якого підключена до першої вхідної цифрової шини другого цифрового компаратора та до вхідної цифрової шини керованого дільника частоти, вхід якого з'єднаний з виходом другого генератора імпульсів, вихід другого цифрового компаратора підключений до другого входу першого елемента І та до входу елемента НІ, вихід якого з'єднаний з другим входом тригера, вихід керованого дільника частоти підключений до другого входу другого елемента І, третій вихід розподілювача тактів з'єднаний зі входом третього регістра.

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 № 131237, МПК G01K 13/08, опубл. 10.01.2019, бюл. № 1), що містить об'єктив, інфрачервоний приймач, що містить n окремих інфрачервоних сенсорів, блок задання положення, три цифрові компаратори, чотири елементи І; чотири тригери, два генератори імпульсів, дільник частоти, буферний регістр, датчик положення, три регістри, розподілювач тактів, суматор, блок задання швидкості, комутатор, керований дільник частоти, блок підготовки даних, блок пам'яті, лічильник (в подальшому - перший лічильник), відеоконтрольний блок, два керовані підсилювачі, генератор напруги, причому n виходів інфрачервоного приймача підключені до вхідної шини буферного регістра, блок задання положення та датчик положення з'єднані своїми вихідними цифровими шинами, відповідно, з першою та другою вхідними цифровими шинами першого цифрового компаратора, вихід якого підключений до першого входу першого елемента І, вихід якого з'єднаний з першим входом першого тригера, вихід якого підключений до першого входу другого елемента І, вихід якого з'єднаний з першим входом блока підготовки даних та зі входами дільника частоти, комутатора та генератора напруги, вихід якого підключений до других входів першого та другого керованих підсилювачів, виходи яких з'єднані, відповідно, із третім та другим входами відеоконтрольного блока, вихід дільника частоти підключений до першого входу відеоконтрольного блока та до входу буферного регістра, вихідна цифрова шина якого з'єднана зі вхідною цифровою шиною комутатора, вихід якого підключений до другого входу блока підготовки даних та до четвертого

входу відеоконтрольного блока, вихідна цифрова шина першого лічильника з'єднана зі вхідною цифровою шиною блока пам'яті, перший та другий виходи якого підключені до перших входів, відповідно, другого та першого керованих підсилювачів, вихідна цифрова шина датчика положення з'єднана зі вхідними цифровими шинами першого та другого регістрів, вихідні цифрові шини яких підключені до першої та другої вхідних цифрових шин цифрового суматора, вихід блока підготовки даних з'єднаний з колами ЕОМ, вихідна цифрова шина блока задання швидкості підключена до другої вхідної цифрової шини другого цифрового компаратора, вихідна цифрова шина цифрового суматора з'єднана з вхідною цифровою шиною третього регістра, вихідна цифрова шина якого підключена до першої вхідної цифрової шини другого цифрового компаратора та до вхідної цифрової шини керованого дільника частоти, вхід якого з'єднаний з виходом другого генератора імпульсів, вихід керованого дільника частоти підключений до другого входу другого елемента І, перший та другий виходи розподілювача тактів з'єднані зі входами першого та другого регістрів, відповідно, а третій вихід підключений до входу третього регістра, вихідні цифрові шини першого та другого регістрів з'єднані з першою та другою вхідними цифровими шинами третього цифрового компаратора, відповідно, перший та другий виходи якого підключені, відповідно, до перших входів другого та третього тригерів, виходи яких з'єднані, відповідно, з першими входами третього та четвертого елементів І, виходи яких підключені до першого та другого входів першого лічильника, відповідно, вихід другого цифрового компаратора з'єднаний з першим входом четвертого тригера, перший вихід якого підключений до другого входу першого елемента І, а другий вихід з'єднаний з другим входом першого тригера, другі; входи другого, третього та у четвертого тригерів підключені до третього виходу розподілювача тактів, другі входи третього та четвертого елементів І з'єднані з виходом дільника частоти, вихід першого генератора імпульсів підключений до входу розподілювача тактів.

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 n окремих інфрачервоних сенсорів, блок задання положення, три цифрові компаратори, чотири елементи І, чотири тригери, два генератори імпульсів, дільник частоти, буферний регістр, датчик положення, три регістри, розподілювач тактів, суматор, блок задання швидкості, комутатор, керований дільник частоти, блок підготовки даних, блок пам'яті, перший лічильник, відеоконтрольний блок, два керовані підсилювачі, генератор напруги, причому n виходів інфрачервоного приймача підключені до вхідної шини буферного регістра, блок задання положення та датчик положення з'єднані своїми вихідними цифровими шинами, відповідно, з першою та другою вхідними цифровими шинами першого цифрового компаратора, вихід якого підключений до першого входу першого елемента І, вихід якого з'єднаний з першим входом першого тригера, вихід якого підключений до першого входу другого елемента І, вихід якого з'єднаний з першим входом блока підготовки даних та зі входами дільника частоти, комутатора та генератора напруги, вихід якого підключений до других входів першого та другого керованих підсилювачів, виходи яких з'єднані, відповідно, із третім та другим входами відеоконтрольного блока, вихід дільника частоти підключений до першого входу відеоконтрольного блока та до входу буферного регістра, вихідна цифрова шина якого з'єднана зі вхідною цифровою шиною комутатора, вихід якого підключений до другого входу блока підготовки даних та до четвертого входу відеоконтрольного блока, вихідна цифрова шина першого лічильника з'єднана зі вхідною цифровою шиною блока пам'яті, перший та другий виходи якого підключені до перших входів відповідно другого та першого, керованих підсилювачів, вихідна цифрова шина датчика положення з'єднана зі вхідними цифровими шинами першого та другого регістрів, вихідні цифрові шини яких підключені до першої та другої вхідних цифрових шин цифрового суматора, вихід блока підготовки даних з'єднаний з колами ЕОМ, вихідна цифрова шина блока задання швидкості підключена до другої вхідної цифрової шини другого цифрового компаратора вихідна цифрова глина цифрового суматора з'єднана з вхідною цифровою шиною третього регістра, вихідна цифрова шина якого підключена до першої вхідної цифрової шини другого цифрового компаратора та до вхідної цифрової шини

керованого дільника частоти, вхід якого; з'єднаний з виходом другого генератора імпульсів, вихід керованого дільника частоти підключений до другого входу другого елемента І, перший та другий виходи розподілювача тактів з'єднані зі входами, першого та другого регістрів, відповідно, а третій вихід підключений до входу третього регістра, вихідні цифрові шини першого та другого регістрів з'єднані з першою та другою вхідними цифровими шинами третього цифрового компаратора, відповідно, перший та другий виходи якого підключені, відповідно, до перших входів другого та третього тригерів, виходи яких з'єднані, відповідно, з першими входами третього та четвертого елементів І, відповідно, вихід другого, цифрового компаратора з'єднаний з першим входом четвертого тригера, перший вихід якого підключений до другого входу першого елемента І, а другий вихід з'єднаний з другим входом першого тригера, другі входи другого, третього та четвертого тригерів підключені; до третього виходу розподілювача тактів, другі входи третього та четвертого елементів І з'єднані з виходом дільника частоти, вихід першого генератора імпульсів підключений до входу розподілювача тактів, згідно з корисною моделлю, введено компаратор, п'ятий елемент І, два лічильники, четвертий цифровий компаратор, блок задання вібрації та індикатор, причому вихід комутатора з'єднаний зі входом компаратора, вихід якого підключений до третього входу п'ятого елемента І, другий вхід якого з'єднаний з виходом дільника частоти, а перший вхід підключений до третього виходу другого лічильника, перший та другий виходи якого з'єднані з першим та другим входами першого лічильника, а перший та другий входи підключені, відповідно, до виходів третього та четвертого елементів І, вихід першого лічильника з'єднаний з другим входом третього лічильника, перший вхід якого підключений до виходу п'ятого 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 індикатора.

Пристрій для тепловізійного діагностування ротора гідрогенератора пояснюється схемою, на якій зображена його структура.

На схемі: 1 - об'єктив; 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 тригер; 7 - другий елемент І; 8 - дільник частоти;,9 - буферний регістр; 10 - другий генератор імпульсів;.11 - керований дільник частоти; 12 - комутатор; 13 - датчик положення; 14 - перший генератор імпульсів; 15 - розподілювач тактів; 16 - перший регістр; 17 - другий регістр; 18.,- третій цифровий компаратор; 19 - цифровий суматор; 20 - третій регістр; 21 - блок задання швидкості; 22 - другий цифровий компаратор; 23 - другий тригер; 24 - третій тригер; 25 - четвертий тригер; 26 - третій елемент І; 27 - четвертий елемент І; 28 - блок підготовки даних; 29 - відеоконтрольний блок; 30 - блок пам'яті; 31 - перший лічильник; 32, 33 - перший та другий керовані підсилювачі; 34 - генератор напруги; 35 - другий лічильник; 36 - компаратор; 37 - п'ятий елемент І; 38 - третій лічильник; 39 - блок задання вібрації; 40, - четвертий цифровий компаратор;, 41 - індикатор.

Виходи окремих інфрачервоних сенсорів 2.1…2,n інфрачервоного приймача 2 підключені до вхідної шини буферного регістра 9, блок задання положення 3 та датчик положення 13 з'єднані своїми вихідними цифровими шинами, відповідно, з першою та другою вхідними цифровими шинами, першого цифрового компаратора 4, вихід якого підключений до першого входу першого елемента І 5, вихід якого з'єднаний з першим входом першого тригера 6, вихід якого підключений до першого входу другого елемента І 7, вихід якого з'єднаний з першим входом блока підготовки даних 28 та зі входами дільника частоти 8, комутатора 12 та генератора напруги 34, вихід якого підключений до других входів першого 32 та другого 33 керованих підсилювачів, виходи яких з'єднані, відповідно, із третім та другим входами відеоконтрольного блока 29, вихід дільника частоти 8 підключений до першого входу відеоконтрольного блока 29 та до входу буферного регістра 9, вихідна цифрова шина якого з'єднана: зі вхідною цифровою шиною комутатора 12, вихід якого підключений до другого входу блока підготовки даних 28 та до четвертого входу відеоконтрольного блока 29, вихідна цифрова шина першого лічильника 31 з'єднана зі вхідною цифровою шиною блока пам'яті 30, перший та другий виходи якого підключені до перших входів, відповідно, другого 33 та першого 32 керованих підсилювачів, вихідна цифрова шина датчика положення 13 з'єднана зі вхідними цифровими шинами першого 16 та другого 17 регістрів, вихідні цифрові шини яких підключені до першої та другої вхідних цифрових шин цифрового суматора 19, вихід блока підготовки даних 28 з'єднаний з колами ЕОМ, вихідна цифрова шина блока задання швидкості 21 підключена до другої вхідної цифрової шини другого цифрового компаратора 22, вихідна цифрова шина цифрового суматора 19 з'єднана з вхідною цифровою шиною третього регістра 20, вихідна цифрова шина якого підключена до першої вхідної цифрової шини другого цифрового компаратора 22 та до

вхідної цифрової шини керованого дільника частоти 11, вхід якого з'єднаний з виходом другого генератора імпульсів 10, вихід керованого дільника частоти 11 підключений до другого входу другого елемента І 7, перший та другий виходи розподілювача тактів 15 з'єднані зі входами першого 16 та другого 17 регістрів, відповідно, а третій вихід підключений до входу третього регістра 20, вихідні цифрові шини першого 16 та другого 17 регістрів з'єднані з першою та другою вхідними цифровими шинами третього цифрового компаратора 18, відповідно, перший та другий виходи якого підключені, відповідно, до перших входів другого 23 та третього 24 тригерів, виходи яких з'єднані, відповідно, з першими. входами третього 26 та четвертого 27 елементів І, відповідно, вихід другого цифрового компаратора, 22 з'єднаний з першим входом четвертого тригера 25, перший вихід якого підключений до другого входу першого елемента І 5, а другий вихід з'єднаний з другим входом першого, тригера 6, другі входи другого 23, третього 24 та четвертого 25 тригерів підключені до третього виходу розподілювача тактів 15, другі входи третього 26 та четвертого 27 елементів І з'єднані з виходом дільника частоти 8, вихід першого генератора імпульсів 14 підключений до входу розподілювача тактів 15, вихід комутатора 12 з'єднаний зі входом компаратора 36, вихід якого підключений до третього входу п'ятого елемента І 37, другий вхід якого з'єднаний з виходом дільника частоти 8, а перший вхід підключений до третього виходу другого лічильника 35, перший та другий виходи якого з'єднані з першим та другим входами першого лічильника 31, а перший та другий входи підключені, відповідно, до виходів третього 26 та четвертого 27 елементів І, вихід першого лічильника 31 з'єднаний з другим входом третього лічильника 38, перший вхід якого підключений до виходу п'ятого елемента І 37, а вихідна цифрова шина з'єднана з першою вхідною цифровою шиною четвертого цифрового компаратора 40, друга вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини блока задання вібрації 39, а вихід з'єднаний зі входом індикатора 41, позицією 1 позначено об'єктив.

Запропонований пристрій працює наступним чином.

При подачі напруги живлення перший 14 та другий 10 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'єктив 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 деякої мінімальної швидкості обертання, то на екран відеоконтрольного блока 29 теплове зображення поверхні ротора не виводиться. Це зумовлено наступним. Під впливом першого генератора імпульсів 14 почергово на виходах розподілювача тактів 15 формуються сигнали. Сигналом з першого виходу розподілювача тактів 15 в перший регістр 16 записується код з виходу датчика положення 13. В другий регістр 17 сигналом з другого виходу розподілювача тактів 15 записується інший код з виходу датчика положення 13. Різниця зазначених кодів за одиницю часу, що забезпечується першим генератором імпульсів 14, являє собою швидкість обертання ротора гідрогенератора, що і визначається в цифровому суматорі 19. Сигналом з третього виходу розподілювача тактів 15 ця різниця кодів записується в третій регістр 20, з якого вона подається на вхідну цифрову шину керованого дільника частоти 11 та першу вхідну цифрову шину другого цифрового компаратора 22, в якому здійснюється порівняння у вигляді кодів поточної швидкості обертання ротора гідрогенератора з мінімальною, яка записана в блоці задання швидкості 21. У випадку, коли швидкість менша від мінімальної, на виході другого цифрового компаратора 22 присутній сигнал логічного нуля, внаслідок чого синхроімпульси з виходу керованого дільника частоти 11 в подальші кола не надходять. При цьому тепловий портрет ротора не фіксується.

Одночасно сигнали з виходів першого 16 та другого 17 регістрів надходять на входи третього цифрового компаратора 18, де відбувається визначення напряму обертання ротора гідрогенератора. Якщо обертання відбувається в одному напрямку, то, наприклад, на першому виході третього цифрового компаратора 18 з'являється сигнал логічної одиниці. Якщо ж обертання відбувається в іншому напрямку, то сигнал логічної одиниці з'являється на другому виході третього цифрового компаратора 18. Сигнали з першого і другого виходів третього цифрового компаратора 18 запам'ятовуються, відповідно, в другому 23 і третьому 24 тригерах

під впливом сигналу з третього виходу розподілювача тактів 15. При цьому третій 26 або четвертий 27 елемент І відкривається та на один з входів другого лічильника 35 та послідовно ввімкненого першого лічильника 31 надходять імпульси з виходу дільника частоти 8. Таким чином враховується напрям обертання ротора гідрогенератора при побудові теплового портрета останнього.

Якщо ж швидкість обертання ротора гідрогенератора стає рівною, або більшою за мінімальну, то на виході другого цифрового компаратора 22 з'являється сигнал логічної одиниці, який подається на перший вхід четвертого тригера 25 і при наявності сигналу на третьому виході розподілювача тактів 15 з виходу четвертого тригера 25 сигнали розблоковують перший елемент І 5 та перший тригер 6. В момент обертання ротора, коли він знаходиться в умовному початковому положенні, коди з виходу датчика положення 13 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 6. При цьому сигнал логічної одиниці з виходу першого тригера 6 подається на перший вхід другого елемента І 7. Зазначимо, що імпульси з виходу другого генератора імпульсів 10 подаються на вхід керованого дільника частоти 11, який керується кодом з вихідної цифрової шини третього регістра 20. Отже, з виходу керованого дільника частоти 11 імпульси подаються на другий вхід другого елемента І 7, вихідні послідовності імпульсів починають надходити в блоки, за допомогою яких формується тепловий портрет ротора гідрогенератора на екрані відеоконтрольного блока 29.

Залежно від кутової швидкості ω обертання ротора гідрогенератора вибрана частота формування імпульсів f_1 на виході керованого дільника частоти 11, 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 інфрачервоного приймача 2, n - коефіцієнт ділення дільника частоти 8, що відповідає кількості окремих інфрачервоних сенсорів інфрачервоного приймача 2. Отже, з частотою f_1/n, при номінальній швидкості обертання ротора, на виході дільника частоти 8 з'являються імпульси, якими фіксуються у буферному регістрі 9 на час $\Delta T = n/f_1$ електричні сигнали в аналоговому вигляді з виходів n окремих інфрачервоних сенсорів інфрачервоного приймача 2. Амплітуди цих сигналів пропорційні температурі елементарних ділянок поверхні об'єкта (кількість таких ділянок $N = n \cdot m$). Комутатором 12 здійснюється зчитування інформації з буферного регістра 9 з наступним її перетворенням із паралельного виду представлення в послідовний. Сформований таким чином сигнал з виходу комутатора 12 потрапляє на вхід відеоконтрольного блока 29 і на вхід блока підготовки даних 28, в якому він перетворюється в цифрову форму та приводиться до зручного виду для передачі в ЕОМ.

Генератор напруги 34, перший, 32 та другий 33 керовані підсилювачі і блок пам'яті 30 призначені для формування сигналів розгортки відеоконтрольного блока 29. Сигнал частотою f_1, що надходить на вхід генератора напруги 34, на виході приймає ступінчасту форму (містить n складових) і подається на входи першого 32 і другого 33 керованих підсилювачів, коефіцієнт підсилення яких задається вихідними сигналами блока пам'яті 30. При цьому коефіцієнти підсилення першого 32 та другого 33 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 13. При цьому $i = \overline{0,n}$, $j = \overline{0,m}$.

На вхід блока пам'яті 30 сигнали надходять з дільника частоти 8 через третій 26 або четвертий 27 елементи І, через послідовно ввімкнені другий 35 та перший 31 лічильники, загальний коефіцієнт перерахунку яких дорівнює m. В результаті на екрані відеоконтрольного блока 29 при наявності одного інформаційного сигналу, двох сигналів розгортки та сигналу з виходу дільника частоти 8 формується зображення, що відповідає тепловому портрету ротора гідрогенератора.

Підкреслимо, що частина сенсорів 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, другий 35 та перший 31 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 другого лічильника 35 дещо менший від m, а до значення m його доповнює перший лічильник 31.

А тому при надходженні послідовності імпульсів з дільника частоти 8 в момент заповнення імпульсами другого лічильника 35 на його третьому виході з'являється сигнал логічної одиниці, який разом з послідовністю імпульсів з дільника частоти 8 надходить на входи п'ятого елемента І 37. Одночасно послідовність сигналів, пропорційних температурі сканованої поверхні, з виходу комутатора 12 подається на компаратор 36 і з виходу останнього у вигляді сигналів логічного нуля або одиниці надходить на третій вхід п'ятого елемента І 37. Очевидно, що коли температура сканованої поверхні менша за поріг спрацьовування компаратора 36; то на його виході присутній сигнал логічного нуля, внаслідок чого на виході п'ятого елемента І 37 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 компаратора 36 формуються сигнали логічної одиниці та на виході п'ятого елемента І 37 формується послідовність імпульсів, яка надходить на вхід третього лічильника 38.

У разі, коли рівень радіального биття незначний і цифровий код на виході третього лічильника 38 менше значення цифрового коду, що записаний в блоці задання вібрації 39, на виході четвертого цифрового компаратора 40 присутній сигнал логічного нуля. Якщо рівень радіального биття зростає, то на виході четвертого цифрового компаратора 40 з'являється сигнал логічної одиниці, який подається на індикатор 41.

По завершенні сканування вздовж лінійки інфрачервоних сенсорів інфрачервоного приймача 2 на виході першого лічильника 31 з'являється сигнал логічної одиниці, яким скидається третій лічильник 38 та розпочинається сканування наступного сектора ротора гідрогенератора.

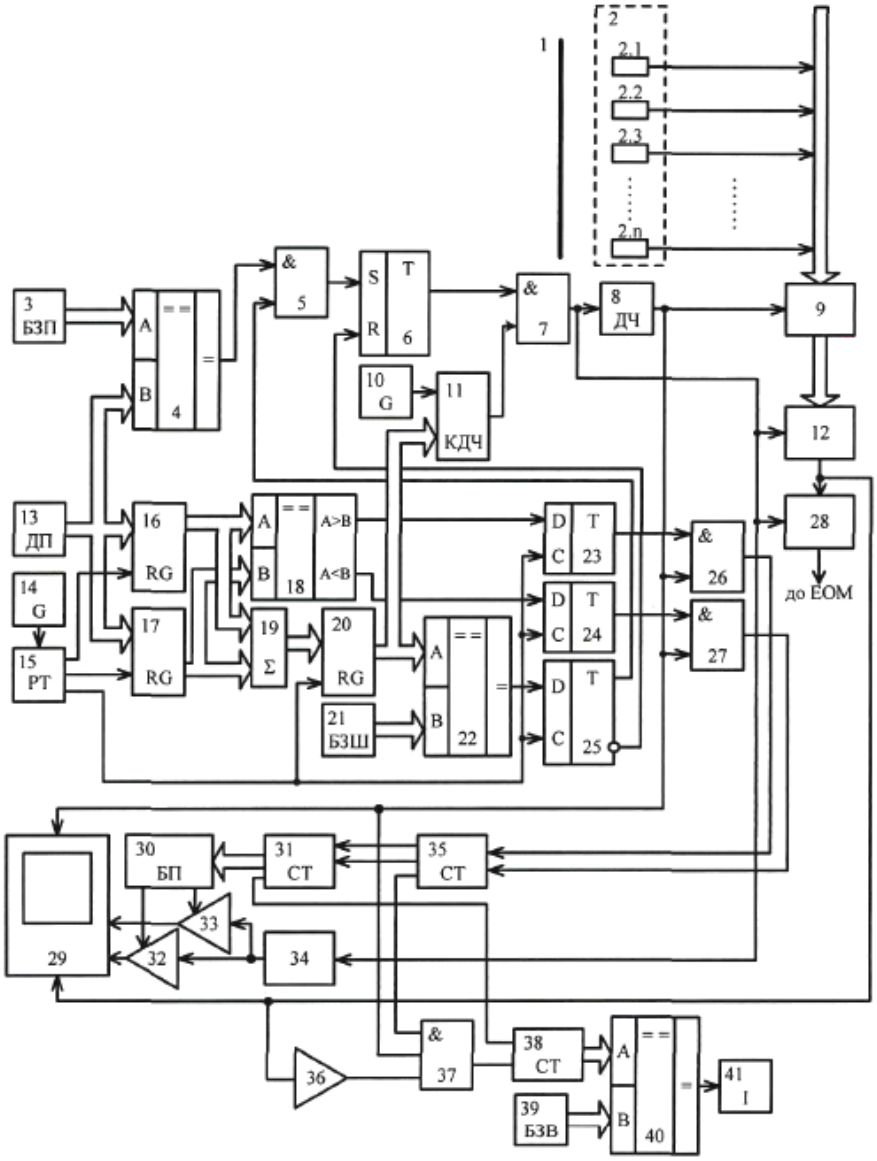
Таким чином, в кожному секторі сканування поверхні ротора гідрогенератора можна спостерігати наявність або відсутність радіального биття, що і відображається по зовнішньому контуру зображення у відеоконтрольному блоці 29.

Очевидно, що, згідно із запропонованим алгоритмом сканування ротора гідрогенератора здійснюється спочатку вздовж деякого радіуса R_j. Коли закінчено сканування n точок, що лежать вздовж радіусу R_j, здійснюється сканування n точок, що лежать вздовж радіусу 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, блок задання положення, три цифрові компаратори, чотири елементи І, чотири тригери, два генератори імпульсів, дільник частоти, буферний регістр, датчик положення, три регістри, розподілювач тактів, суматор, блок задання швидкості, комутатор, керований дільник частоти, блок підготовки даних, блок пам'яті, перший лічильник, відеоконтрольний блок, два керовані підсилювачі, генератор напруги, причому n виходів інфрачервоного приймача підключені до вхідної шини буферного регістра, блок задання положення та датчик положення з'єднані своїми вихідними цифровими шинами, відповідно, з першою та другою вхідними цифровими шинами першого цифрового компаратора, вихід якого підключений до першого входу першого елемента І, вихід якого з'єднаний з першим входом першого тригера, вихід якого підключений до першого входу другого елемента І, вихід якого з'єднаний з першим входом блока підготовки даних та зі входами дільника частоти, комутатора та генератора напруги, вихід якого підключений до других входів першого та другого керованих підсилювачів, виходи яких з'єднані, відповідно, із третім та другим входами відеоконтрольного блока, вихід дільника частоти підключений до першого входу відеоконтрольного блока та до входу буферного регістра, вихідна цифрова шина якого з'єднана зі вхідною цифровою шиною комутатора, вихід якого підключений до другого входу блока підготовки даних та до четвертого входу відеоконтрольного блока, вихідна цифрова шина першого лічильника з'єднана зі вхідною цифровою шиною блока пам'яті, перший та другий виходи якого підключені до перших входів, відповідно, другого та першого керованих підсилювачів, вихідна цифрова шина датчика положення з'єднана зі вхідними цифровими шинами першого та другого регістрів, вихідні цифрові шини яких підключені до першої та другої вхідних цифрових шин цифрового суматора, вихід блока підготовки даних з'єднаний з колами електронно-обчислювальної машини, вихідна цифрова шина блока задання швидкості підключена до другої вхідної цифрової шини другого цифрового компаратора, вихідна цифрова шина цифрового суматора з'єднана з вхідною цифровою шиною третього регістра, вихідна цифрова шина якого підключена до першої вхідної цифрової шини другого цифрового компаратора та до вхідної цифрової шини керованого дільника частоти, вхід якого з'єднаний з

виходом другого генератора імпульсів, вихід керованого дільника частоти підключений до другого входу другого елемента І, перший та другий виходи розподілювача тактів з'єднані зі входами першого та другого регістрів, відповідно, а третій вихід підключений до входу третього регістра, вихідні цифрові шини першого та другого регістрів з'єднані з першою та другою вхідними цифровими шинами третього цифрового компаратора, відповідно, перший та другий виходи якого підключені, відповідно, до перших входів другого та третього тригерів, виходи яких з'єднані, відповідно, з першими входами третього та четвертого елементів І, відповідно, вихід другого цифрового компаратора з'єднаний з першим входом четвертого тригера, перший вихід якого підключений до другого входу першого елемента І, а другий вихід з'єднаний з другим входом першого тригера, другі входи другого, третього та четвертого тригерів підключені до третього виходу розподілювача тактів, другі входи третього та четвертого елементів І з'єднані з виходом дільника частоти, вихід першого генератора імпульсів підключений до входу розподілювача тактів, який **відрізняється** тим, що введено компаратор, п'ятий елемент І, два лічильники, четвертий цифровий компаратор, блок задання вібрації та індикатор, причому вихід комутатора з'єднаний зі входом компаратора, вихід якого підключений до третього входу п'ятого елемента І, другий вхід якого з'єднаний з виходом дільника частоти, а перший вхід підключений до третього виходу другого лічильника, перший та другий виходи якого з'єднані з першим та другим входами першого лічильника, а перший та другий входи підключені, відповідно, до виходів третього та четвертого елементів І, вихід першого лічильника з'єднаний з другим входом третього лічильника, перший вхід якого підключений до виходу п'ятого 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 індикатора.



Комп'ютерна верстка С. Чулій

ДО "Український національний офіс інтелектуальної власності та інновацій", вул. Дмитра Годзенка, 1, м. Київ – 42, 01601