



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 160620

(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**

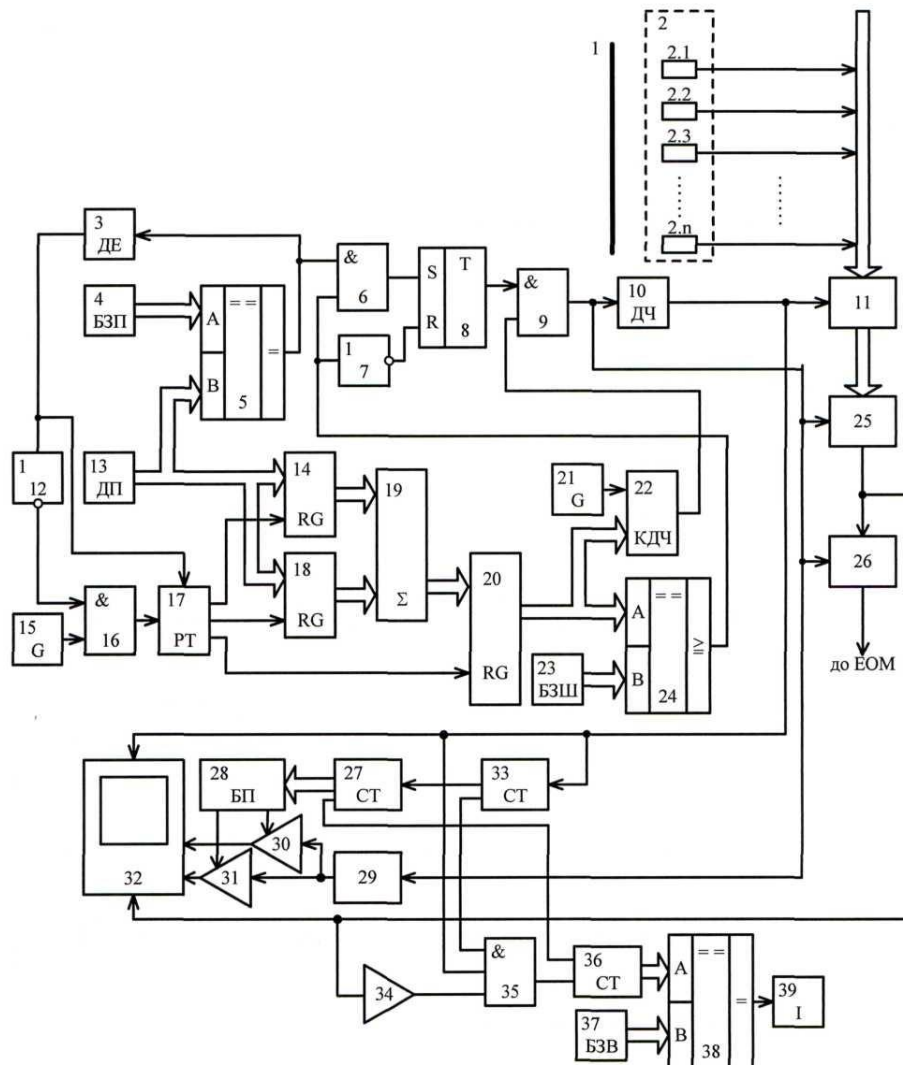
|                                                                                              |                                                                                                                                                                                     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>(21)</b> Номер заявки: <b>u 2024 06036</b>                                                | <b>(72)</b> Винахідник(и):<br><b>Грабко Володимир Віталійович (UA),<br/>Грабко Валентин Володимирович (UA),<br/>Чорна Ольга Анатоліївна (UA),<br/>Лубко Валентин Романович (UA)</b> |
| <b>(22)</b> Дата подання заявки: <b>18.12.2024</b>                                           |                                                                                                                                                                                     |
| <b>(24)</b> Дата, з якої є чинними<br>права інтелектуальної<br>власності: <b>25.09.2025</b>  |                                                                                                                                                                                     |
| <b>(46)</b> Публікація відомостей<br>про державну<br>реєстрацію: <b>24.09.2025, Бюл.№ 39</b> | <b>(73)</b> Володілець (володільці):<br><b>ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ<br/>ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ,<br/>вул. Хмельницьке шосе, 95, м. Вінниця,<br/>21021 (UA)</b>                         |

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

Пристрій для тепловізійного діагностування ротора гідрогенератора містить п окремих інфрачервоних датчиків, блок задання положення, два цифрових компаратори, три елементи І, два елементи НІ, тригер, два генератори імпульсів, дільник частоти, буферний регістр, датчик положення, три регістри, розподільувач тактів, суматор, блок задання швидкості, комутатор, керований дільник частоти, блок підготовки даних, блок пам'яті, перший лічильник, відеоконтрольний блок, два керовані підсилювачі, генератор напруги, диференціюючий елемент. 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 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 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 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 другого цифрового компаратора підключений до другого входу першого елемента І та до входу першого елемента НІ, вихід якого з'єднаний з другим входом тригера, вихід керованого дільника частоти підключений до другого входу другого елемента І, перший та другий виходи розподільувача тактів з'єднані зі входами першого та другого регістрів, відповідно, а третій вихід підключений до входу третього

UA 160620 U

регістра, вихід першого цифрового компаратора з'єднаний зі входом диференціюючого елемента, вихід якого підключений до другого входу розподільвача тактів та до входу другого елемента НІ, вихід якого з'єднаний з першим входом третього елемента І, другий вхід якого підключений до виходу першого генератора імпульсів, а вихід з'єднаний з першим входом розподільвача тактів. В нього введено компаратор, четвертий елемент І, два лічильники, третій цифровий компаратор, блок задання вібрації та індикатор. Вихід комутатора з'єднаний зі входом 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 другого 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 третього лічильника, перший вхід якого підключений до виходу четвертого елемента І. 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 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 на корисну модель України №104551, МПК G01K 13/08, опубл. 10.02.2016, бюл. №3), що містить об'єкти, інфрачервоний приймач, що містить п окремих інфрачервоних сенсорів, блок задання положення, два цифрових компаратори, два елементи I, елемент II, тригер, два генератори імпульсів, дільник частоти, буферний регістр, датчик положення, три регістри, розподільувач тактів, суматор, блок задання швидкості, комутатор, керований дільник частоти, блок підготовки даних, блок пам'яті, лічильник, відеоконтрольний блок, два керовані підсилювачі, генератор напруги, причому п 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 I, вихід якого з'єднаний з першим входом тригера, вихід якого підключений до першого входу другого елемента I, 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 блоку, вихід дільника частоти підключений до першого входу відеоконтрольного блоку, 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 блоку, 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 розподільувача 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 I та до входу елемента II, вихід якого з'єднаний з другим входом тригера, вихід керованого дільника частоти підключений до другого входу другого елемента I, третій вихід розподільувача 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 до корисної моделі є пристрій для безконтактного вимірювання температури ротора гідрогенератора (Патент на корисну модель України №116408, МПК G01K 13/08, опубл. 12.03.2018, бюл. №5), що містить об'єкти, інфрачервоний приймач, що містить п окремих інфрачервоних датчиків, блок задання положення, два цифрових компаратори, три елементи I, два елементи II, тригер, два генератори імпульсів, дільник частоти, буферний регістр, датчик положення, три регістри, розподільувач 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, диференціюючий елемент, причому п 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 I, вихід якого з'єднаний з першим входом тригера, вихід якого підключений до першого входу другого елемента I, 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 блоку, вихід дільника частоти підключений до першого входу відеоконтрольного блоку, до входів першого лічильника 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 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 другого цифрового компаратора підключений до другого входу першого елемента І та до входу першого елемента ІІ, вихід якого з'єднаний з другим входом тригера, вихід керованого дільника частоти підключений до другого входу другого елемента І, перший та другий виходи розподільювача тактів з'єднані зі входами першого та другого регістрів, відповідно, а третій вихід підключений до входу третього регістра, вихід першого цифрового компаратора з'єднаний зі входом диференціюючого елемента, вихід якого підключений до другого входу розподільювача тактів та до входу другого елемента ІІ, вихід якого з'єднаний з першим входом третього елемента І, другий вхід якого підключений до виходу першого генератора імпульсів, а вихід з'єднаний з першим входом розподільювача 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 пристрій для тепловізійного діагностування ротора гідрогенератора, що містить п окремих інфрачервоних датчиків, блок задання положення, два цифрових компаратори, три елементи І, два елементи ІІ, триггер, два генератори імпульсів, дільник частоти, буферний регістр, датчик положення, три регістри, розподільювач тактів, суматор, блок задання швидкості, комутатор, керований дільник частоти, блок підготовки даних, блок пам'яті, перший лічильник, відеоконтрольний блок, два керовані підсилювачі, генератор напруги, диференціюючий елемент, причому п 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 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 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 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 другого цифрового компаратора підключений до другого входу першого елемента І та до входу першого елемента ІІ, вихід якого з'єднаний з другим входом тригера, вихід керованого дільника частоти підключений до другого входу другого елемента І, перший та другий виходи

розподільювача тактів з'єднані зі входами першого та другого регістрів, відповідно, а третій вихід підключений до входу третього регістра, вихід першого цифрового компаратора з'єднаний зі входом диференціюючого елемента, вихід якого підключений до другого входу розподільювача тактів та до входу другого елемента HI, вихід якого з'єднаний з першим входом третього елемента I, другий вхід якого підключений до виходу першого генератора імпульсів, а вихід з'єднаний з першим входом розподільювача тактів, згідно з корисною моделлю, в нього введено компаратор, четвертий елемент I, два лічильники, третій цифровий компаратор, блок задання вібрації та індикатор, причому вихід комутатора з'єднаний зі входом 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 другого 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 третього лічильника, перший вхід якого підключений до виходу четвертого елемента I, 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 індикатора.

Суть корисної моделі пояснюється кресленням, на якому зображена структурна схема пристрою для тепловізійного діагностування ротора гідрогенератора.

На схемі: 1 - об'єктив; 2 - інфрачервоний приймач, що містить n окремих інфрачервоних датчиків; 3 - диференціюючий елемент; 4 - блок задання положення; 5 - перший цифровий компаратор; 6 - перший елемент I; 7 - перший елемент HI; 8 - тригер; 9 - другий елемент I; 10 - дільник частоти; 11 - буферний регістр; 12 - другий елемент HI; 13 - датчик положення; 14 - перший регістр; 15 - перший генератор імпульсів; 16 - третій елемент I; 17 - розподільювач тактів; 18 - другий регістр; 19 - цифровий суматор; 20 - третій регістр; 21 - другий генератор імпульсів; 22 - керований дільник частоти; 23 - блок задання швидкості; 24 - другий цифровий компаратор; 25 - комутатор; 26 - блок підготовки даних; 27 - перший лічильник; 28 - блок пам'яті; 29 - генератор напруги; 30, 31 - перший та другий керовані підсилювачі; 32 - відеоконтрольний блок; 33 - другий лічильник; 34 - компаратор; 35 - четвертий елемент I; 36 - третій лічильник; 37 - блок задання вібрації; 38 - третій цифровий компаратор; 39 - індикатор, причому n виходів 2.1...2.n інфрачервоного приймача 2 підключені до вхідної шини буферного регістра 11, блок задання положення 4 та датчик положення 13 з'єднані своїми вихідними цифровими шинами, відповідно, з першою та другою вхідними цифровими шинами першого цифрового компаратора 5, вихід якого підключений до першого входу першого елемента I 6, вихід якого з'єднаний з першим входом тригера 8, вихід якого підключений до першого входу другого елемента I 9, вихід якого з'єднаний з першим входом блока підготовки даних 26 та зі входами дільника частоти 10, комутатора 25 та генератора напруги 29, вихід якого підключений до других входів першого 30 та другого 31 керованих підсилювачів, виходи яких з'єднані, відповідно, із третім та другим входами відеоконтрольного блока 32, вихід дільника частоти 10 підключений до першого входу відеоконтрольного блока 32 та до входу буферного регістра 11, вихідна шина якого з'єднана зі вхідною шиною комутатора 25, вихід якого підключений до другого входу блока підготовки даних 26 та до четвертого входу відеоконтрольного блока 32, вихідна цифрова шина першого лічильника 27 з'єднана зі вхідною цифровою шиною блока пам'яті 28, перший та другий виходи якого підключені до перших входів, відповідно, другого 31 та першого 30 керованих підсилювачів, вихідна цифрова шина датчика положення 13 з'єднана зі вхідними цифровими шинами першого 14 та другого 18 регістрів, вихідні цифрові шини яких підключені до першої та другої вхідних цифрових шин цифрового суматора 19, вихід блока підготовки даних 26 з'єднаний з колами ЕОМ, вихідна цифрова шина блока задання швидкості 23 підключена до другої вхідної цифрової шини другого цифрового компаратора 24, 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 24 та до вхідної цифрової шини керованого дільника частоти 22, вхід якого з'єднаний з виходом другого генератора імпульсів 21, вихід другого цифрового компаратора 24 підключений до другого входу першого елемента I 6 та до входу першого елемента HI 7, вихід якого з'єднаний з другим входом тригера 8, вихід керованого дільника частоти 22 підключений до другого входу другого елемента I 9, перший та другий виходи розподільювача тактів 17 з'єднані зі входами першого 14 та другого 18 регістрів, відповідно, а третій вихід підключений до входу третього регістра 20, вихід першого цифрового компаратора 5 з'єднаний зі входом диференціюючого елемента 3, вихід якого підключений до другого входу розподільювача тактів 17 та до входу другого елемента HI 12, вихід якого з'єднаний з першим входом третього елемента I 16, другий вхід якого підключений до виходу першого генератора імпульсів 15, а

вихід з'єднаний з першим входом розподільвача тактів 17, вихід комутатора 25 з'єднаний зі входом компаратора 34, вихід якого підключений до третього входу четвертого елемента І 35, другий вхід якого з'єднаний з виходом дільника частоти 10, а перший вхід підключений до другого виходу другого лічильника 33, перший вихід якого з'єднаний зі входом першого лічильника 27, а вхід підключений до виходу дільника частоти 10, вихід першого лічильника 27 з'єднаний з другим входом третього лічильника 36, перший вхід якого підключений до виходу четвертого елемента І 35, а вихідна цифрова шина з'єднана з першою вхідною цифровою шиною третього цифрового компаратора 38, друга вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини блока задання вібрації 37, а вихід з'єднаний зі входом індикатора 39.

Запропонований пристрій працює так. При подачі напруги живлення перший 15 та другий 21 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 η окремих інфрачервоних датчиків 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 датчиків лінійки 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 32 теплове зображення поверхні ротора не виводиться. Це зумовлено наступним. Під впливом першого генератора імпульсів 15 по чергові на виходах розподільвача тактів 17 формуються сигнали. Сигналом з першого виходу розподільвача тактів 17 в перший регістр 14 записується код з виходу датчика положення 13. В другий регістр 18 сигналом з другого виходу розподільвача тактів 17 записується інший код з виходу датчика положення 13. Різниця зазначених кодів за одиницю часу, що забезпечується першим генератором імпульсів 15, являє собою швидкість обертання ротора гідрогенератора, що і визначається в цифровому суматорі 19. Сигналом з третього виходу розподільвача тактів 17 ця різниця кодів записується в третій регістр 20, з якого вона подається на вхідну цифрову шину керованого дільника частоти 22 та першу вхідну цифрову шину другого цифрового компаратора 24, в якому здійснюється порівняння у вигляді кодів поточної швидкості обертання ротора гідрогенератора з мінімальною, яка записана в блоці задання швидкості 23. У випадку, коли швидкість менша від мінімальної, на виході другого цифрового компаратора 24 присутній сигнал логічного нуля, внаслідок чого перший елемент І 6 закритий та на його виході присутній сигнал логічного нуля. При цьому тепловий портрет ротора не фіксується.

Якщо ж швидкість обертання ротора гідрогенератора стає рівною або більшою за мінімальну, то на виході другого цифрового компаратора 24 з'являється сигнал логічної одиниці, який подається на другий вхід першого елемента І 6, а на виході елемента ІІ 7 з'являється сигнал логічного нуля. В момент обертання ротора, коли він знаходиться в умовному початковому положенні, коди з виходу датчика положення 13 та з виходу блока задання положення 4 співпадають, на виході першого цифрового компаратора 5 з'являється сигнал логічної одиниці, яким через перший елемент І 6 встановлюється в одиничний стан тригер 8. При цьому сигнал логічної одиниці з виходу тригера 8 подається на перший вхід другого елемента І 9.

Імпульси з виходу другого генератора імпульсів 21 подаються на вхід керованого дільника частоти 22, який керується кодом з вихідної цифрової шини третього регістра 20. З виходу керованого дільника частоти 22 імпульси подаються на другий вхід другого елемента І 9, вихідні послідовності імпульсів починають надходити в блоки, за допомогою яких формується тепловий портрет ротора гідрогенератора на екрані відеоконтрольного блока 32.

Зазначимо, що в момент обертання ротора, коли він знаходиться в умовному початковому положенні, коди з виходу блока задання положення 4 та з виходу датчика положення 13 співпадають, на виході першого цифрового компаратора 5 з'являється сигнал, який поступає на вхід диференціюючого елемента 3. На його виході формується сигнал, який обнулює розподільвач тактів 17, а також через другий елемент ІІ 12 закриває третій елемент І 16, що в свою чергу зумовлює припинення подачі імпульсів з другого генератора імпульсів 15 в розподільвач тактів 17. Це дозволяє запобігти некоректної ситуації, коли в перший регістр 14 записується код, що відповідає найбільшим (останнім) кодам з виходу датчика положення 13, а в другий регістр 18 записується код, що відповідає найменшим (початковим) кодам в

подальшому обертанні ротора. Очевидно, що різниця таких кодів за одиницю часу не відповідатиме значенню швидкості обертання ротора.

В залежності від кутової швидкості  $\omega$  обертання ротора гідрогенератора вибрана частота формування імпульсів  $f_1$  на виході керованого дільника частоти 22, що пов'язано співвідношенням  $f_1/n = \omega/(2\pi \cdot m)$ , де  $m = 360^\circ/\beta$ ,  $\beta$  - мінімальний сектор поверхні ротора, що потрапляє в поле зору інфрачервоного приймача 2,  $n$  - коефіцієнт ділення дільника частоти 10, що відповідає кількості окремих інфрачервоних датчиків інфрачервоного приймача 2. Отже, з частотою  $f_1/n$ , при номінальній швидкості обертання ротора, на виході дільника частоти 10 з'являються імпульси, якими фіксуються у буферному регістрі 11 на час  $\Delta T = n/f_1$  електричні сигнали в аналоговому вигляді з виходів  $\eta$  окремих інфрачервоних датчиків інфрачервоного приймача 2. Амплітуди цих сигналів пропорційні температурі елементарних ділянок поверхні об'єкта (кількість таких ділянок  $N = n \cdot m$ ). Комутатором 25 здійснюється зчитування інформації з буферного регістра 11 з наступним її перетворенням із паралельного виду представлення в послідовний. Сформований таким чином сигнал з виходу комутатора 25 потрапляє на вхід відеоконтрольного блока 32 і на вхід блока підготовки даних 26, в якому він перетворюється в цифрову форму та приводиться до зручного виду для передачі в ЕОМ.

Генератор напруги 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 29, на виході приймає ступінчасту форму (містить  $\eta$  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  $R_i \cdot \sin \varphi_i$  та  $R_j \cdot \cos \varphi_j$ , відповідно, де  $R_i$  - радіус,  $(i, j)$  - 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 28 сигнали надходять з дільника частоти 10 через послідовно ввімкнені другий 33 та перший 27 лічильники, загальний коефіцієнт перерахунку яких дорівнює  $t$ . В результаті на екрані відеоконтрольного блока 32 при наявності одного інформаційного сигналу, двох сигналів розгортки та сигналу з виходу дільника частоти 10 формується зображення, що відповідає тепловому портрету ротора гідрогенератора.

Підкреслимо, що частина датчиків лінійки  $\eta$  окремих інфрачервоних датчиків 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 33 та перший 27 лічильники мають загальний коефіцієнт перерахунку  $ш$ . Враховуючи те, що лише незначна частина лінійки інфрачервоних датчиків 2.1-2.n інфрачервоного приймача 2 використовується для відслідковування радіального биття ротора гідрогенератора, то, очевидно, що коефіцієнт перерахунку другого лічильника 33 дещо менший від  $m$ , а до значення  $m$  його доповнює перший лічильник 27.

А тому при надходженні послідовності імпульсів з дільника частоти 10 в момент заповнення імпульсами другого лічильника 33 на його другому виході з'являється сигнал логічної одиниці, який разом з послідовністю імпульсів з дільника частоти 10 поступає на входи четвертого елемента І 35. Одночасно послідовність сигналів, пропорційних температурі сканованої поверхні, з виходу комутатора 25 подається на компаратор 34 і з виходу останнього у вигляді сигналів логічного нуля або одиниці надходить на третій вхід четвертого елемента І 35. Очевидно, що коли температура сканованої поверхні менша порогу спрацьовування компаратора 34, то на його виході присутній сигнал логічного нуля, внаслідок чого на виході четвертого елемента І 35 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 34 формуються сигнали логічної одиниці та на виході четвертого елемента І 35 формується послідовність імпульсів, яка надходить на вхід третього лічильника 36.

У разі, коли рівень радіального биття незначний і цифровий код на виході третього лічильника 36 менше значення цифрового коду, що записаний в блоці задання вібрації 37, на виході третього цифрового компаратора 38 присутній сигнал логічного нуля. Якщо рівень радіального биття зростає, то на виході третього цифрового компаратора 38 з'являється сигнал логічної одиниці, який подається на індикатор 39.

Після завершення сканування вздовж лінійки інфрачервоних датчиків інфрачервоного приймача 2 на виході першого лічильника 27 з'являється сигнал логічної одиниці, яким

скидається третій лічильник 36 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 32.

Очевидно, що згідно з запропонованим алгоритмом сканування ротора гідрогенератора здійснюється спочатку вздовж деякого радіуса  $R_j$ . Коли закінчено сканування  $n$  точок, що лежать вздовж радіуса  $R_j$ , здійснюється сканування  $n$  точок, що лежать вздовж радіуса  $R_{j+1}$ . Так знаходиться кругова розгортка всього теплового зображення ротора гідрогенератора в процесі його роботи.

Зміна швидкості обертання ротора гідрогенератора фіксується в третьому регістрі 20, внаслідок чого змінюється частота імпульсів на виході керованого дільника частоти 22, що забезпечує стабільне виведення теплового портрета об'єкта дослідження на екран відеоконтрольного блока 32.

#### ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Пристрій для тепловізійного діагностування ротора гідрогенератора, що містить  $n$  окремих інфрачервоних датчиків, блок задання положення, два цифрових компаратори, три елементи І, два елементи НІ, тригер, два генератори імпульсів, дільник частоти, буферний регістр, датчик положення, три регістри, розподільувач тактів, суматор, блок задання швидкості, комутатор, керований дільник частоти, блок підготовки даних, блок пам'яті, перший лічильник, відеоконтрольний блок, два керовані підсилювачі, генератор напруги, диференціюючий елемент, 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 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 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 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 другого цифрового компаратора підключений до другого входу першого елемента І та до входу першого елемента НІ, вихід якого з'єднаний з другим входом тригера, вихід керованого дільника частоти підключений до другого входу другого елемента І, перший та другий виходи розподільувача тактів з'єднані зі входами першого та другого регістрів, відповідно, а третій вихід підключений до входу третього регістра, вихід першого цифрового компаратора з'єднаний зі входом диференціюючого елемента, вихід якого підключений до другого входу розподільувача тактів та до входу другого елемента НІ, вихід якого з'єднаний з першим входом третього елемента І, другий вхід якого підключений до виходу першого генератора імпульсів, а вихід з'єднаний з першим входом розподільувача тактів, який відрізняється тим, що в нього введено компаратор, четвертий елемент І, два лічильники, третій цифровий компаратор, блок задання вібрації та індикатор, причому вихід комутатора з'єднаний зі входом 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 другого 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 третього лічильника, перший вхід якого підключений до виходу четвертого

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 індикатора.

