УКРАЇНА **(19) UA** **(11) 159958** **(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 05999**
(22) Дата подання заявки: **17.12.2024**
(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: **24.07.2025**
(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію: **23.07.2025, Бюл.№ 30**

(72) Винахідник(и):
Грабко Володимир Віталійович (UA),
Грабко Валентин Володимирович (UA),
Ощепков Віктор Сергійович (UA),
Поліщук Володимир Леонідович (UA)

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

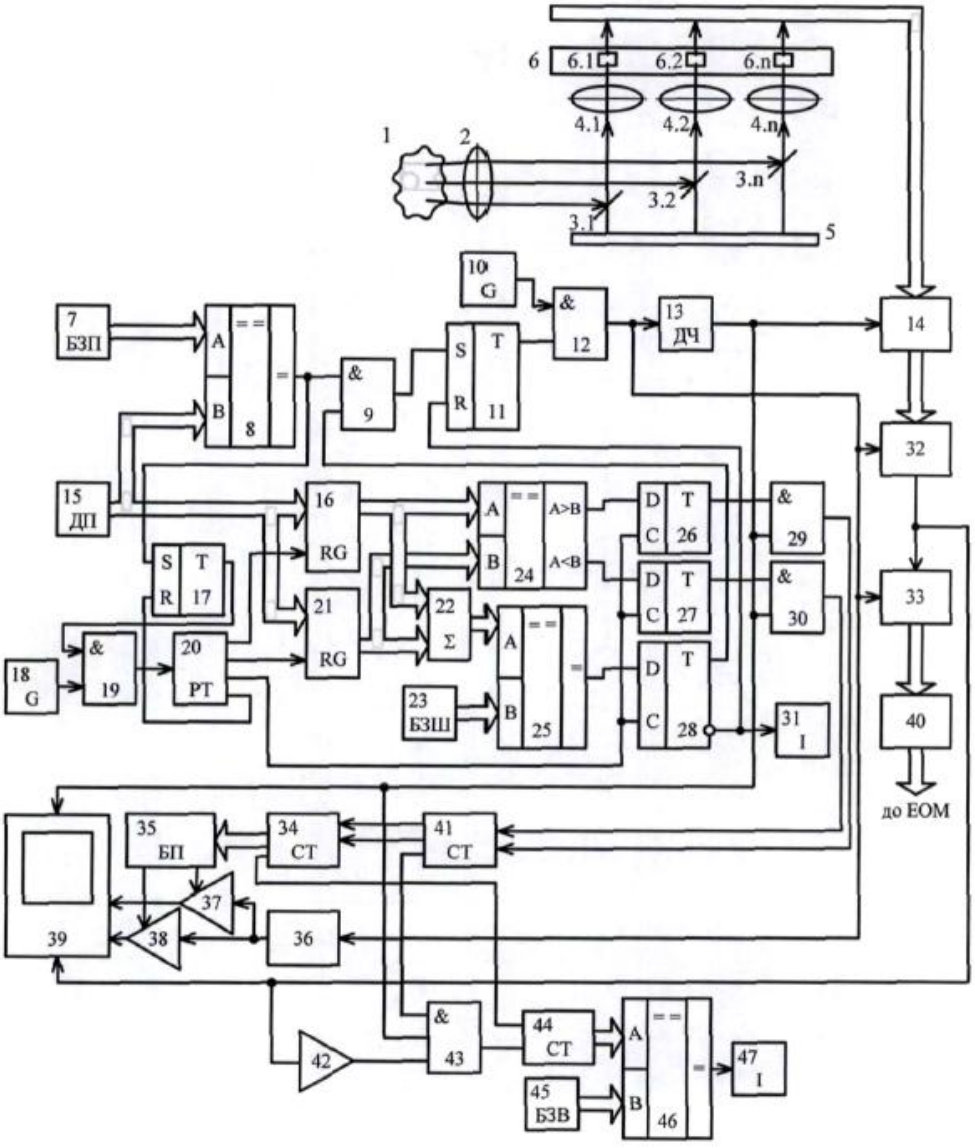
(54) ПРИСТРІЙ ТЕПЛОВІЗІЙНОГО ДІАГНОСТУВАННЯ РОТОРА ГІДРОГЕНЕРАТОРА

(57) Реферат:

Пристрій для тепловізійного діагностування ротора гідрогенератора містить об'єктив, за яким n дзеркал закріплені на оптичній лінійці таким чином, що їх площини утворюють кут 45° з головною оптичною віссю і на одній оптичній осі з дзеркалами встановлені n лінз, лінійка n окремих інфрачервоних датчиків, дільник частоти, буферний регістр, відеоконтрольний блок, два керовані підсилювачі, генератор напруги, блок пам'яті, перший лічильник, аналого-цифровий перетворювач, інтерфейсний блок, комутатор, блок задання положення, перший індикатор, блок задання швидкості, цифровий суматор, три цифрові компаратори, два регістри, датчик положення, п'ять елементів І, розподілювач тактів, п'ять тригерів, два генератори імпульсів. Вихід дільника частоти підключений до входу буферного регістра та до першого входу відеоконтрольного блока, другий та третій входи якого з'єднані з виходами першого та другого керованих підсилювачів, перші входи яких підключені до виходу генератора напруги, що змінюється ступінчасто. Другі входи з'єднані, відповідно, з першим та другим виходами блока пам'яті, вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини першого лічильника. Четвертий вхід відеоконтрольного блока разом з першим входом аналого-цифрового перетворювача з'єднані з виходом комутатора, вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини буферного регістра, вхідна цифрова шина якого з'єднана з виходами лінійки n окремих інфрачервоних датчиків. Вихідна цифрова шина аналого-цифрового перетворювача підключена через інтерфейсний блок в кола ЕОМ. Вихідна цифрова шина блока задання положення з'єднана з першою вхідною цифровою шиною першого цифрового компаратора, друга вхідна цифрова шина якого разом з вхідними цифровими шинами першого та другого регістрів підключені до вихідної цифрової шини датчика положення. Вихід першого цифрового компаратора з'єднаний з першим входом першого елемента І, другий вхід якого підключений до першого виходу другого тригера. 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. 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 розподілювача тактів, третій вихід якого підключений до другого входу другого тригера. Вихід другого елемента І з'єднаний з другим входом аналого-цифрового перетворювача. Вихід першого тригера підключений до першого входу другого елемента І, другий вхід якого з'єднаний

UA 159958 U

з виходом першого генератора імпульсів. Вихід підключений до входів дільника частоти, генератора напруги, що змінюється ступінчасто, та комутатора. Вихідні цифрові шини першого та другого регістрів з'єднані, відповідно, з першою і другою вхідними цифровими шинами третього цифрового компаратора, перший і другий виходи якого підключені, відповідно, до перших входів четвертого і п'ятого тригерів, другі входи яких з'єднані з третім виходом розподілювача тактів. Виходи підключені, відповідно, до перших входів четвертого і п'ятого елементів І, другі входи яких з'єднані з виходом дільника частоти. Вихід першого цифрового компаратора з'єднаний з першим входом третього тригера, другий вхід якого підключений до четвертого виходу розподілювача тактів. Вихід з'єднаний з першим входом третього елемента І, другий вхід якого підключений до виходу другого генератора імпульсів, а вихід з'єднаний з входом розподілювача тактів. В нього введено компаратор, шостий елемент І, два лічильники, четвертий цифровий компаратор, блок задання вібрації та другий індикатор. Вихід комутатора з'єднаний зі входом компаратора, вихід якого підключений до третього входу шостого елемента І, другий вхід якого з'єднаний з виходом дільника частоти. Перший вхід підключений до третього виходу другого лічильника, перший і другий виходи якого з'єднані, відповідно, з першим та другим входами першого лічильника. Перший та другий входи підключені, відповідно, до виходів четвертого і п'ятого елементів І. Вихід першого лічильника з'єднаний з другим входом третього лічильника, перший вхід якого підключений до виходу шостого елемента І. 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. Вихід з'єднаний зі входом другого індикатора.



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

Відомий пристрій для безконтактного вимірювання температури ротора гідрогенератора (Патент України № 66867, М. кл. G01K 13/08, бюл. № 2, 2012), що містить об'єктив, за яким n дзеркал закріплені на оптичній лінійці таким чином, що їх площини утворюють кут 45° з головною оптичною віссю і на одній оптичній осі з дзеркалами встановлені n лінз, вихід дільника частоти підключений до входів буферного регістра, лічильника та до першого входу відеоконтрольного блока, другий та третій входи якого з'єднані з виходами першого та другого керованих підсилювачів, перші входи яких підключені до виходу генератора напруги, що змінюється ступінчасто, а другі входи з'єднані, відповідно, з першим та другим виходами блока пам'яті, вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини лічильника, четвертий вхід відеоконтрольного блока разом з першим входом аналого-цифрового перетворювача (АЦП) з'єднані з виходом комутатора, вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини буферного регістра, вхідна цифрова шина якого з'єднана з виходами лінійки η окремих інфрачервоних (ІЧ) датчиків, вихідна цифрова шина АЦП підключена через інтерфейсний блок в кола ЕОМ, вихідна цифрова шина блока задання положення з'єднана з першою вхідною цифровою шиною першого цифрового компаратора, друга вхідна цифрова шина якого разом з вхідними цифровими шинами першого та другого регістрів підключені до вихідної цифрової шини датчика положення, вихід першого цифрового компаратора з'єднаний з першим входом першого елемента І, другий вхід якого підключений до першого виходу другого тригера, а вихід з'єднаний з першим входом першого тригера, другий вхід якого разом зі входом індикатора підключені до другого виходу другого тригера, перший вхід якого з'єднаний з виходом другого цифрового компаратора, друга вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини блока задання швидкості, а перша вхідна цифрова шина з'єднана з вихідною цифровою шиною цифрового суматора, перша і друга вхідні цифрові шини якого підключені, відповідно, до вихідних цифрових шин першого та другого регістрів, входи яких з'єднані, відповідно, з першим та другим виходами розподілювача тактів, третій вихід якого підключений до другого входу другого тригера, вихід другого генератора імпульсів з'єднаний з входом розподілювача тактів, вихід першого тригера підключений до першого входу другого елемента І, другий вхід якого з'єднаний з виходом першого генератора імпульсів, а вихід підключений до входів дільника частоти, генератора напруги, що змінюється ступінчасто, комутатора та до другого входу АЦП.

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

Як найближчий аналог вибрано пристрій для безконтактного вимірювання температури ротора гідрогенератора (Патент України № 80568, М. кл. G01L 13/08, бюл. № 11, 2013), що містить об'єктив, за яким n дзеркал закріплені на оптичній лінійці таким чином, що їх площини утворюють кут 45° з головною оптичною віссю і на одній оптичній осі з дзеркалами встановлені n лінз, лінійка n окремих ІЧ датчиків, дільник частоти, буферний регістр, відеоконтрольний блок, два керовані підсилювачі, генератор напруги, блок пам'яті, лічильник (в подальшому - перший лічильник), АЦП, інтерфейсний блок, комутатор, блок задання положення, індикатор (в подальшому - перший індикатор), блок задання швидкості, цифровий суматор, три цифрові компаратори, два регістри, датчик положення, п'ять елементів І, розподілювач тактів, п'ять тригерів, два генератори імпульсів, причому вихід дільника частоти підключений до входу буферного регістра та до першого входу відеоконтрольного блока, другий та третій входи якого з'єднані з виходами першого та другого керованих підсилювачів, перші входи яких підключені до виходу генератора напруги, що змінюється ступінчасто, а другі входи з'єднані, відповідно, з першим та другим виходами блока пам'яті, вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини першого лічильника, четвертий вхід відеоконтрольного блока разом з першим входом АЦП з'єднані з виходом комутатора, вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини буферного регістра, вхідна цифрова шина якого з'єднана з виходами лінійки n окремих ІЧ датчиків, вихідна цифрова шина АЦП підключена через інтерфейсний блок в кола ЕОМ, вихідна цифрова шина блока задання положення з'єднана з першою вхідною цифровою шиною першого цифрового компаратора, друга вхідна цифрова шина якого разом з вхідними цифровими шинами першого та другого регістрів підключені до вихідної цифрової шини датчика положення, вихід першого цифрового компаратора з'єднаний з першим входом першого елемента І, другий вхід якого підключений до першого виходу другого тригера, а вихід з'єднаний з першим входом першого тригера, другий вхід якого разом зі входом першого індикатора

підключені до другого виходу другого тригера, перший вхід якого з'єднаний з виходом другого цифрового компаратора, друга вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини блока задання швидкості, а перша вхідна цифрова шина з'єднана з вихідною цифровою шиною цифрового суматора, перша і друга вхідні цифрові шини якого підключені, відповідно, до вихідних цифрових шин першого та другого регістрів, входи яких з'єднані, відповідно, з першим та другим виходами розподілювача тактів, третій вихід якого підключений до другого входу другого тригера, вихід другого елемента І з'єднаний з другим входом АЦП, вихід першого тригера підключений до першого входу другого елемента І, другий вхід якого з'єднаний з виходом першого генератора імпульсів, а вихід підключений до входів дільника частоти, генератора напруги, що змінюється ступінчасто, та комутатора, вихідні цифрові шини першого та другого регістрів з'єднані, відповідно, з першою і другою вхідними цифровими шинами третього цифрового компаратора, перший і другий виходи якого підключені, відповідно, до перших входів четвертого і п'ятого тригерів, другі входи яких з'єднані з третім виходом розподілювача тактів, а виходи підключені, відповідно, до перших входів четвертого і п'ятого елементів І, другі входи яких з'єднані, відповідно, з виходом дільника частоти, а виходи підключені, відповідно, до першого і другого входів першого лічильника, вихід першого цифрового компаратора з'єднаний з першим входом третього тригера, другий вхід якого підключений до четвертого виходу розподілювача тактів, а вихід з'єднаний з першим входом третього елемента І, другий вхід якого підключений до виходу другого генератора імпульсів, а вихід з'єднаний з входом 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 об'єктив, за яким n дзеркал закріплені на оптичній лінійці таким чином, що їх площини утворюють кут 45° з головною оптичною віссю і на одній оптичній осі з дзеркалами встановлені n лінз, лінійка n окремих ІЧ датчиків, дільник частоти, буферний регістр, відеоконтрольний блок, два керовані підсилювачі, генератор напруги, блок пам'яті, перший лічильник, АЦП, інтерфейсний блок, комутатор, блок задання положення, перший індикатор, блок задання швидкості, цифровий суматор, три цифрові компаратори, два регістри, датчик положення, п'ять елементів І, розподілювач тактів, п'ять тригерів, два генератори імпульсів, причому вихід дільника частоти підключений до входу буферного регістра та до першого входу відеоконтрольного блока, другий та третій входи якого з'єднані з виходами першого та другого керованих підсилювачів, перші входи яких підключені до виходу генератора напруги, що змінюється ступінчасто, а другі входи з'єднані, відповідно, з першим та другим виходами блока пам'яті, вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини першого лічильника, четвертий вхід відеоконтрольного блока разом з першим входом АЦП з'єднані з виходом комутатора, вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини буферного регістра, вхідна цифрова шина якого з'єднана з виходами лінійки n окремих ІЧ датчиків, вихідна цифрова шина АЦП підключена через інтерфейсний блок в кола ЕОМ, вихідна цифрова шина блока задання положення з'єднана з першою вхідною цифровою шиною першого цифрового компаратора, друга вхідна цифрова шина якого разом з вхідними цифровими шинами першого та другого регістрів підключені до вихідної цифрової шини датчика положення, вихід першого цифрового компаратора з'єднаний з першим входом першого елемента І, другий вхід якого підключений до першого виходу другого тригера, а вихід з'єднаний з першим входом першого тригера, другий вхід якого разом зі входом першого індикатора підключені до другого виходу другого тригера, перший вхід якого з'єднаний з виходом другого цифрового компаратора, друга вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини блока задання швидкості, а перша вхідна цифрова шина з'єднана з вихідною цифровою шиною цифрового суматора, перша і друга вхідні цифрові шини якого підключені, відповідно, до вихідних цифрових шин першого та другого регістрів, входи яких з'єднані, відповідно, з першим та другим виходами розподілювача тактів, третій вихід якого підключений до другого входу другого тригера, вихід другого елемента І з'єднаний з другим входом АЦП, вихід першого тригера підключений до першого входу другого елемента І, другий вхід якого з'єднаний з

виходом першого генератора імпульсів, а вихід підключений до входів дільника частоти, генератора напруги, що змінюється ступінчасто, та комутатора, вихідні цифрові шини першого та другого регістрів з'єднані, відповідно, з першою і другою вхідними цифровими шинами третього цифрового компаратора, перший і другий виходи якого підключені, відповідно, до перших входів четвертого і п'ятого тригерів, другі входи яких з'єднані з третім виходом розподілювача тактів, а виходи підключені, відповідно, до перших входів четвертого і п'ятого елементів І, другі входи яких з'єднані з виходом дільника частоти, вихід першого цифрового компаратора з'єднаний з першим входом третього тригера, другий вхід якого підключений до четвертого виходу розподілювача тактів, а вихід з'єднаний з першим входом третього елемента І, другий вхід якого підключений до виходу другого генератора імпульсів, а вихід з'єднаний з входом розподілювача тактів, введено компаратор, шостий елемент І, два лічильники, четвертий цифровий компаратор, блок задання вібрації та другий індикатор, причому вихід комутатора з'єднаний зі входом компаратора, вихід якого підключений до третього входу шостого елемента І, другий вхід якого з'єднаний з виходом дільника частоти, а перший вхід підключений до третього виходу другого лічильника, перший і другий виходи якого з'єднані, відповідно, з першим та другим входами першого лічильника, а перший та другий входи підключені, відповідно, до виходів четвертого і п'ятого елементів І, вихід першого лічильника з'єднаний з другим входом третього лічильника, перший вхід якого підключений до виходу шостого 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'єкт дослідження - ротор гідрогенератора; 2 - об'єктив; 3 - n дзеркал; 4 - n лінз; 5 - оптична лінійка; 6 - лінійка n ІЧ датчиків; 7 - блок задання положення; 8 - перший цифровий компаратор; 9 - перший елемент І; 10 - перший генератор імпульсів; 11 - перший тригер; 12 - другий елемент І; 13 - дільник частоти; 14 - буферний регістр; 15 - датчик положення; 16 - перший регістр; 17 - третій тригер; 18 - другий генератор імпульсів; 19 - третій елемент І; 20 - розподілювач тактів; 21 - другий регістр; 22 - цифровий суматор; 23 - блок задання швидкості; 24, 25 - третій та другий цифрові компаратори, відповідно; 26, 27, 28 - четвертий, п'ятий і другий тригери відповідно; 29, 30 - четвертий і п'ятий елементи І, відповідно; 31 - перший індикатор; 32 - комутатор; 33 - АЦП; 34 - перший лічильник; 35 - блок пам'яті; 36 - генератор напруги, що змінюється ступінчасто; 37, 38 - перший та другий керовані підсилювачі, відповідно; 39 - відеоконтрольний блок; 40 - інтерфейсний блок; 41 - другий лічильник; 42 - компаратор; 43 - шостий елемент І; 44 - третій лічильник; 45 - блок задання вібрації; 46 - четвертий цифровий компаратор; 47 - другий індикатор, причому за об'єктивом 2 n дзеркал 3 закріплені на оптичній лінійці 5 таким чином, що їх площини утворюють кут 45° з головною оптичною віссю і на одній оптичній осі з дзеркалами встановлені n лінз 4, вихід дільника частоти 13 підключений до входу буферного регістра 14 та до першого входу відеоконтрольного блока 39, другий та третій входи якого з'єднані з виходами першого 37 та другого 38 керованих підсилювачів, перші входи яких підключені до виходу генератора напруги, що змінюється ступінчасто, 36, а другі входи з'єднані, відповідно, з першим та другим виходами блока пам'яті 35, вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини першого лічильника 34, четвертий вхід відеоконтрольного блока 39 разом з першим входом АЦП 33 з'єднані з виходом комутатора 32, вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини буферного регістра 14, вхідна цифрова шина якого з'єднана з виходами лінійки n окремих 14 датчиків 6, вихідна цифрова шина АЦП 33 підключена через інтерфейсний блок 40 в кола ЕОМ, вихідна цифрова шина блока задання положення 7 з'єднана з першою вхідною цифровою шиною першого цифрового компаратора 8, друга вхідна цифрова шина якого разом з вхідними цифровими шинами першого 16 та другого 21 регістрів підключені до вихідної цифрової шини датчика положення 15, вихід першого цифрового компаратора 8 з'єднаний з першим входом першого елемента І 9, другий вхід якого підключений до першого виходу другого тригера 28, а вихід з'єднаний з першим входом першого тригера 11, другий вхід якого разом зі входом першого індикатора 31 підключені до другого виходу другого тригера 28, перший вхід якого з'єднаний з виходом другого цифрового компаратора 25, друга вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини блока задання швидкості 23, а перша вхідна цифрова шина з'єднана з вихідною цифровою шиною цифрового суматора 22, перша і друга вхідні цифрові шини якого підключені, відповідно, до вихідних цифрових шин першого 16 та другого 21 регістрів, входи яких з'єднані, відповідно, з першим та другим виходами розподілювача тактів 20, третій вихід якого підключений до другого входу другого тригера 28, вихід другого елемента

112 з'єднаний з другим входом АЦП 33, вихід першого тригера 11 підключений до першого входу другого елемента 112, другий вхід якого з'єднаний з виходом першого генератора імпульсів 10, а вихід підключений до входів дільника частоти 13, генератора напруги, що змінюється ступінчасто, 36 та комутатора 32, вихідні цифрові шини першого 16 та другого 21 регістрів з'єднані, відповідно, з першою і другою вхідними цифровими шинами третього цифрового компаратора 24, перший і другий виходи якого підключені, відповідно, до перших входів четвертого 26 і п'ятого 27 тригерів, другі входи яких з'єднані з третім виходом розподілювача тактів 20, а виходи підключені, відповідно, до перших входів четвертого 29 і п'ятого 30 елементів І, другі входи яких з'єднані, відповідно, з виходом дільника частоти 13, вихід першого цифрового компаратора 8 з'єднаний з першим входом третього тригера 17, другий вхід якого підключений до четвертого виходу розподілювача тактів 20, а вихід з'єднаний з першим входом третього елемента І 19, другий вхід якого підключений до виходу другого генератора імпульсів 18, а вихід з'єднаний з входом розподілювача тактів 20, вихід комутатора 32 з'єднаний зі входом компаратора 42, вихід якого підключений до третього входу шостого елемента І 43, другий вхід якого з'єднаний з виходом дільника частоти 13, а перший вхід підключений до третього виходу другого лічильника 41, перший і другий виходи якого з'єднані, відповідно, з першим та другим входами першого лічильника 34, а перший та другий входи підключені, відповідно, до виходів четвертого 29 і п'ятого 30 елементів І, вихід першого лічильника 34 з'єднаний з другим входом третього лічильника 44, перший вхід якого підключений до виходу шостого елемента І 43, а вихідна цифрова шина з'єднана з першою вхідною цифровою шиною четвертого цифрового компаратора 46, друга вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини блока задання вібрації 45, а вихід з'єднаний зі входом другого індикатора 47, позицією 1 позначено ротор гідрогенератора.

Запропонований пристрій працює так. При подачі напруги живлення перший 10 та другий 18 генератори імпульсів починають формувати відповідні послідовності імпульсів. Потік інфрачервоного випромінювання, який створюється поверхнею ротора гідрогенератора 1, що знаходиться на деякій відстані від оптичної системи пристрою, потрапляє через об'єктив 2, через n дзеркал 3, що розташовані на оптичній лінійці 5, та через n лінз 4 на лінійку n ІЧ датчиків 6, розташованих вздовж радіуса ротора. Очевидно, що при обертанні ротора гідрогенератора 1 в кожен момент часу в поле зору лінійки n ІЧ датчиків 6 потрапляє лише фрагмент поверхні вздовж радіуса ротора. Отримуючи фрагменти теплового зображення, можна побудувати тепловий портрет всієї поверхні ротора гідрогенератора 1 в процесі його роботи.

Зауважимо, що частина датчиків лінійки ІЧ датчиків 6 знаходиться за межами найвіддаленішої точки ротора гідрогенератора 1.

Якщо ротор гідрогенератора 1 знаходиться в нерухомому стані або його швидкість обертання менша від номінальної, то на екран відеоконтрольного блока 39 теплове зображення поверхні ротора не виводиться. Це обумовлено наступним.

В момент обертання ротора, коли він знаходиться в умовному початковому положенні, коди з виходу датчика положення 15 та з виходу блока задання положення 7 співпадають, внаслідок чого на виході першого цифрового компаратора 8 з'являється сигнал логічної одиниці, яким встановлюється третій тригер 17. При цьому третій елемент І 19 відкривається і імпульси з другого генератора імпульсів 18 починають надходити в розподілювач тактів 20. Ці імпульси надходять до моменту завершення повного оберту ротора гідрогенератора 1, на четвертому виході розподілювача тактів 20 з'являється сигнал логічної одиниці, яким третій тригер 17 скидається. При надходженні чергового імпульсу з виходу першого цифрового компаратора 8 цикл роботи повторюється.

Під впливом другого генератора імпульсів 18 почергово на виходах розподілювача тактів 20 формуються сигнали. Сигналом з першого виходу розподілювача тактів 20 в перший регістр 16 записується код з виходу датчика положення 15. В другий регістр 21 сигналом з другого виходу розподілювача тактів 20 записується інший код з виходу датчика положення 15. Різниця зазначених кодів за одиницю часу, що забезпечується другим генератором імпульсів 18, являє собою швидкість обертання ротора гідрогенератора 1, що і визначається в цифровому суматорі 22 та подається на перший вхід другого цифрового компаратора 25, в якому здійснюється порівняння у вигляді кодів поточної швидкості обертання ротора гідрогенератора 1 з номінальною, яка записана в блоці задання швидкості 23. У випадку, коли швидкість менша від номінальної, на виході другого цифрового компаратора 25 з'являється сигнал логічного нуля, який під дією сигналу з третього виходу розподілювача тактів 20 записується в другий тригер 28. При цьому перший індикатор 31 залишається ввімкненим, тепловий портрет ротора не фіксується.

Одночасно сигнали з виходів першого 16 та другого 21 регістрів надходять на входи третього цифрового компаратора 24, де відбувається визначення напряму обертання ротора гідрогенератора 1. Якщо обертання відбувається в одному напрямку, то, наприклад, на першому виході третього цифрового компаратора 24 з'являється сигнал логічної одиниці. Якщо ж обертання відбувається в іншому напрямку, то сигнал логічної одиниці з'являється на другому виході третього цифрового компаратора 24. Сигнали з першого і другого виходів третього цифрового компаратора 24 запам'ятовуються, відповідно, в четвертому 26 і п'ятому 27 тригерах під впливом сигналу з третього виходу розподілювача тактів 20. При цьому четвертий 29 або п'ятий 30 елемент І відкривається та на один з входів другого лічильника 41 надходять імпульси з виходу дільника частоти 13. Таким чином, враховується напрям обертання ротора гідрогенератора 1 при побудові теплового портрета останнього.

Якщо ж швидкість обертання ротора гідрогенератора 1 стає рівною номінальній, то на другому виході другого тригера 28 з'являється сигнал логічного нуля, перший індикатор 31 вимикається, на першому виході другого тригера 28 з'являється сигнал логічної одиниці, який подається на вхід першого елемента І 9. В момент обертання ротора, коли він знаходиться в умовному початковому положенні, коди з виходу датчика положення 15 та з виходу блока задания положення 7 співпадають, на виході першого цифрового компаратора 8 з'являється сигнал логічної одиниці, яким через перший елемент І 9 встановлюється в одиничний стан перший тригер 11. Внаслідок цього імпульси з виходу першого генератора імпульсів 10 через другий елемент І 12 починають надходити в блоки, за допомогою яких формується тепловий портрет на екрані відеоконтрольного блока 39.

Залежно від кутової швидкості обертання ω ротора гідрогенератора 1 вибрана частота формування імпульсів f_1 першого генератора імпульсів 10, що пов'язано співвідношенням $f_1/n=\omega/(2\pi \cdot m)$, де $m=360°/\beta$, β - мінімальний сектор поверхні ротора, що потрапляє в поле зору лінійки n ІЧ датчиків 6, n - коефіцієнт ділення дільника частоти 13, що відповідає кількості окремих ІЧ датчиків 6.1, 6.2,…,6.n. Отже, з частотою f_1/n, при номінальній швидкості обертання ротора, на виході дільника частоти 13 з'являються імпульси, якими фіксуються у буферному регістрі 14 на час $\Delta T=n/f_1$ електричні сигнали в аналоговому вигляді з виходів n окремих ІЧ датчиків 6.1, 6.2,…,6.n. Амплітуди цих сигналів пропорційні температурі елементарних ділянок поверхні об'єкта (кількість таких ділянок $N=n \cdot m$). Комутатором 32 здійснюється зчитування інформації з буферного регістра 14 з наступним її перетворенням із паралельного виду представлення в послідовний. Сформований таким чином сигнал з виходу комутатора 32 потрапляє на вхід відеоконтрольного блока 39 і на вхід АЦП 33, в якому він перетворюється в цифрову форму та через інтерфейсний блок 40 передається в ЕОМ.

Генератор напруги, що змінюється ступінчасто, 36, перший 37 та другий 38 керовані підсилювачі і блок пам'яті 35 призначені для формування сигналів розгортки відеоконтрольного блока 39. Сигнал частотою f_1, що поступає на вхід генератора напруги, що змінюється ступінчасто, 36, на виході приймає ступінчасту форму (містить n складових) і подається на входи першого 37 і другого 38 керованих підсилювачів, коефіцієнт підсилення яких задається вихідними сигналами блока пам'яті 35. При цьому коефіцієнти підсилення першого 37 та другого 38 керованих підсилювачів задаються так, що на їх виходах формуються сигнали, пропорційні $R_i \cdot \sin\varphi_j$ та $R_i \cdot \cos\varphi_j$ відповідно, де R_i - радіус, φ_j - кут координати елементарної ділянки поверхні ротора в полярній системі координат, що обумовлено сигналами з датчика положення 15. При цьому $i=0,n$, $j=0,m$.

На вхід блока пам'яті 35 сигнали надходять або з четвертого 29, або з п'ятого 30 елементів І через послідовно ввімкнені другий 41 та перший 34 лічильники, загальний коефіцієнт перерахунку яких дорівнює т. В результаті на екрані відеоконтрольного блока 39 при наявності одного інформаційного сигналу, двох сигналів розгортки та сигналу з виходу дільника частоти 13 формується зображення, що відповідає тепловому портрету ротора гідрогенератора 1.

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

Як зазначалось, другий 41 та перший 34 лічильники мають загальний коефіцієнт перерахунку т. Враховуючи те, що лише незначна частина датчиків лінійки n ІЧ датчиків 6 використовується для відслідковування радіального биття ротора гідрогенератора 1, то, очевидно, що коефіцієнт перерахунку другого лічильника 41 дещо менший від m, а до значення m його доповнює перший лічильник 34.

А тому при надходженні послідовності імпульсів з дільника частоти 13 через четвертий 29 або п'ятий 30 елементи І в момент заповнення імпульсами другого лічильника 41 на його

третьому виході з'являється сигнал логічної одиниці, який разом з послідовністю імпульсів з дільника частоти 13 через четвертий 29 або п'ятий 30 елементи І надходить на входи шостого елемента І 43. Одночасно послідовність сигналів, пропорційних температурі сканованої поверхні, з виходу комутатора 32 подається на компаратор 42 і з виходу останнього у вигляді сигналів логічного нуля або одиниці надходить на третій вхід шостого елемента І 43. Очевидно, що коли температура сканованої поверхні менша порогу спрацьовування компаратора 42, то на його виході присутній сигнал логічного нуля, внаслідок чого на виході шостого елемента І 43 присутній також сигнал логічного нуля. У разі, коли у зоні сканування з'являється край сканованої поверхні ротора гідрогенератора 1, що свідчить про появу радіального биття в роторі гідрогенератора 1, то на виході компаратора 42 формуються сигнали логічної одиниці та на виході шостого елемента І 43 формується послідовність імпульсів, яка надходить на вхід третього лічильника 44.

У разі, коли рівень радіального биття незначний і цифровий код на виході третього лічильника 44 менше значення цифрового коду, що записаний в блоці задания вібрації 45, на виході четвертого цифрового компаратора 46 присутній сигнал логічного нуля. Якщо рівень радіального биття зростає, то на виході четвертого цифрового компаратора 46 з'являється сигнал логічної одиниці, який подається на другий індикатор 47.

По завершенню сканування вздовж лінійки n ІЧ датчиків 6 на виході першого лічильника 34 з'являється сигнал логічної одиниці, яким скидається третій лічильник 44 та розпочинається сканування наступного сектору ротора гідрогенератора 1.

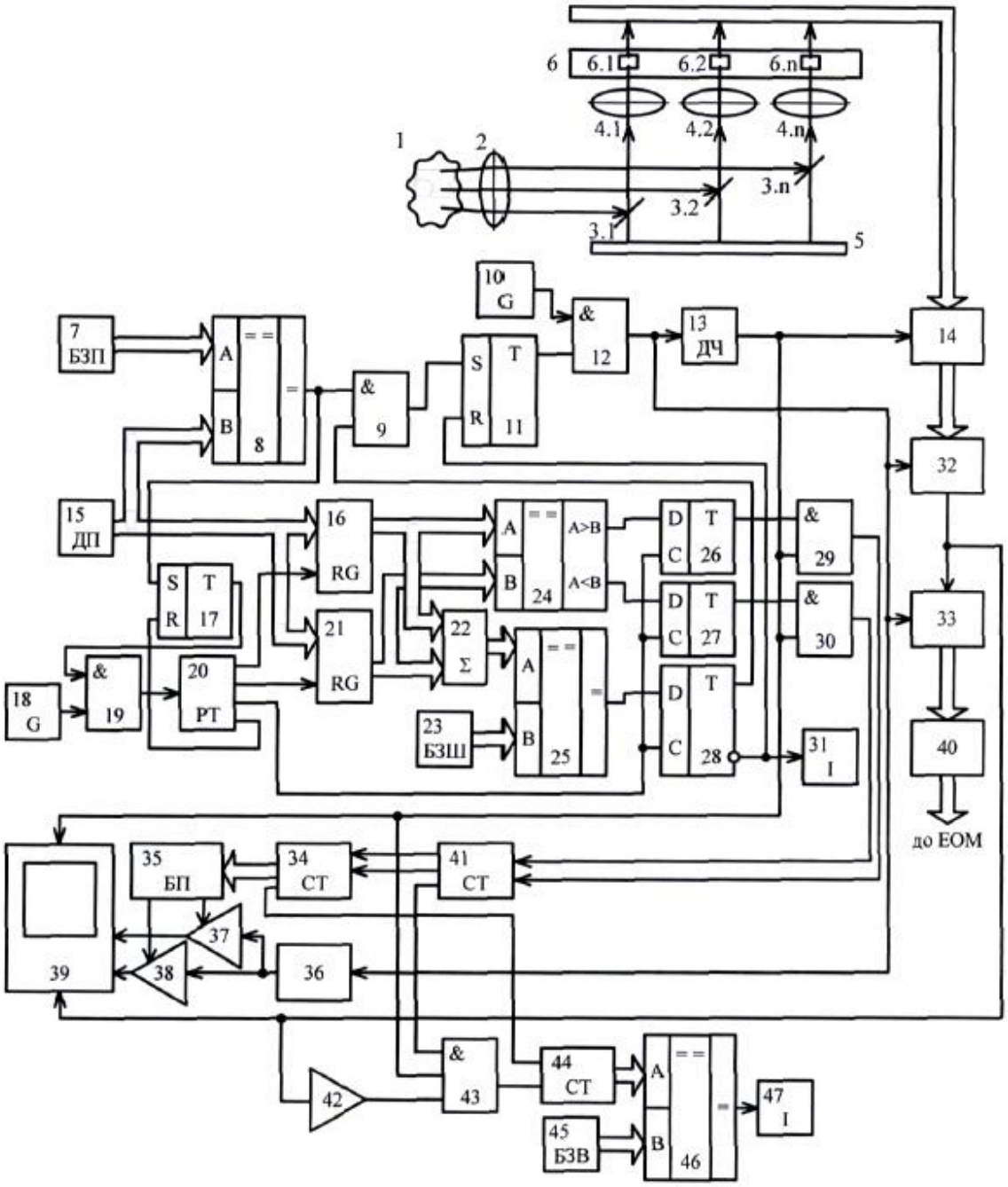
Таким чином в кожному секторі сканування поверхні ротора гідрогенератора 1 можна спостерігати наявність або відсутність радіального биття, що і відображається по зовнішньому контуру зображення у відеоконтрольному блоці 39.

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

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Пристрій для тепловізійного діагностування ротора гідрогенератора, що містить об'єктив, за яким n дзеркал закріплені на оптичній лінійці таким чином, що їх площини утворюють кут 45° з головною оптичною віссю і на одній оптичній осі з дзеркалами встановлені n лінз, лінійка n окремих інфрачервоних датчиків, дільник частоти, буферний регістр, відеоконтрольний блок, два керовані підсилювачі, генератор напруги, блок пам'яті, перший лічильник, аналого-цифровий перетворювач, інтерфейсний блок, комутатор, блок задання положення, перший індикатор, блок задання швидкості, цифровий суматор, три цифрові компаратори, два регістри, датчик положення, п'ять елементів І, розподілювач тактів, п'ять тригерів, два генератори імпульсів, причому вихід дільника частоти підключений до входу буферного регістра та до першого входу відеоконтрольного блока, другий та третій входи якого з'єднані з виходами першого та другого керованих підсилювачів, перші входи яких підключені до виходу генератора напруги, що змінюється ступінчасто, а другі входи з'єднані, відповідно, з першим та другим виходами блока пам'яті, вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини першого лічильника, четвертий вхід відеоконтрольного блока разом з першим входом аналого-цифрового перетворювача з'єднані з виходом комутатора, вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини буферного регістра, вхідна цифрова шина якого з'єднана з виходами лінійки n окремих інфрачервоних датчиків, вихідна цифрова шина аналого-цифрового перетворювача підключена через інтерфейсний блок в кола ЕОМ, вихідна цифрова шина блока задання положення з'єднана з першою вхідною цифровою шиною першого цифрового компаратора, друга вхідна цифрова шина якого разом з вхідними цифровими шинами першого та другого регістрів підключені до вихідної цифрової шини датчика положення, вихід першого цифрового компаратора з'єднаний з першим входом першого елемента І, другий вхід якого підключений до першого виходу другого тригера, а вихід з'єднаний з першим входом першого тригера, другий вхід якого разом зі входом першого індикатора підключені до другого виходу другого тригера, перший вхід якого з'єднаний з виходом другого цифрового компаратора, друга вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини блока задання швидкості, а перша вхідна цифрова шина з'єднана з вихідною цифровою шиною цифрового суматора, перша і друга вхідні цифрові шини якого підключені, відповідно, до вихідних цифрових шин першого та другого регістрів, входи яких з'єднані, відповідно, з першим

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



Комп'ютерна верстка М. Шамоніна

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