УКРАЇНА **(19) UA** **(11) 161694** **(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 02742**
(22) Дата подання заявки: **10.06.2025**
(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: **25.12.2025**
(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію: **24.12.2025, Бюл.№ 52**

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

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

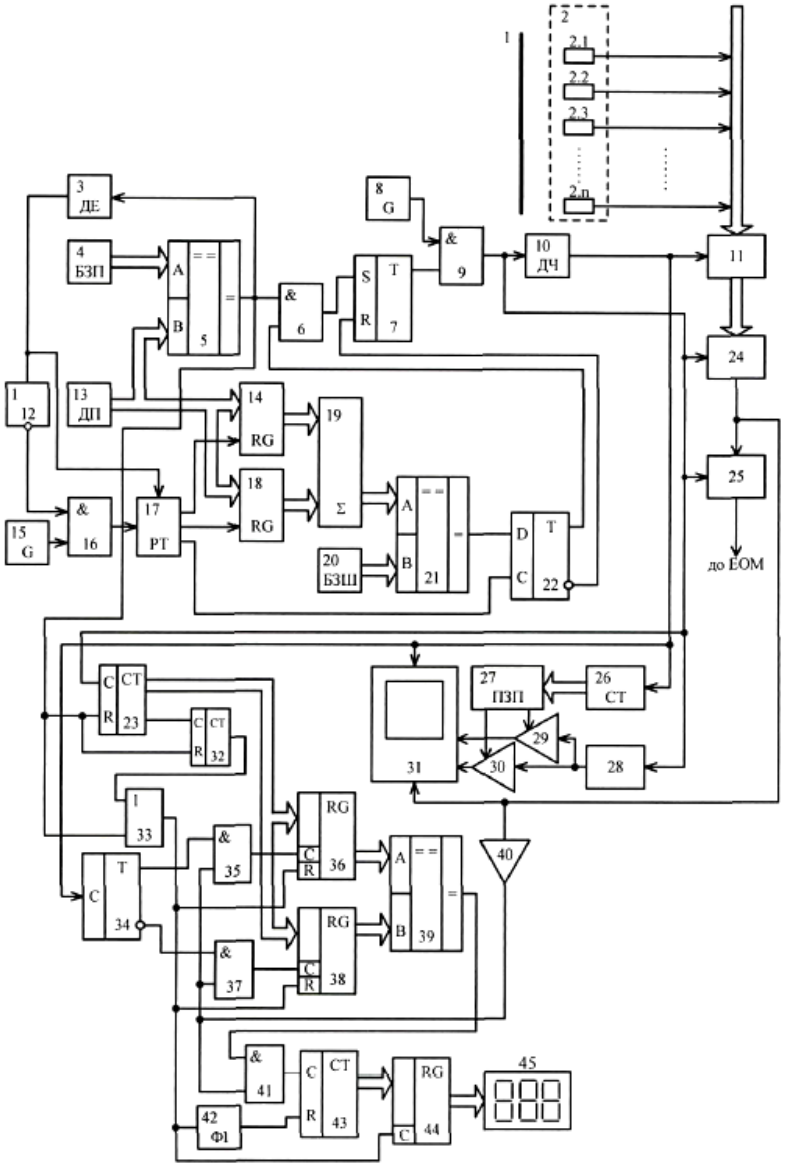
(54) ПРИСТРІЙ ДЛЯ ТЕПЛОВІЗІЙНОГО ДІАГНОСТУВАННЯ ОБМОТОК РОТОРА ГІДРОГЕНЕРАТОРА

(57) Реферат:

Пристрій для тепловізійного діагностування обмоток ротора гідрогенератора містить об'єктив, інфрачервоний приймач, що містить n окремих інфрачервоних сенсорів, дільник частоти, буферний регістр, комутатор, блок підготовки даних, два генератори імпульсів, два керовані підсилювачі, відеоконтрольний блок, перший лічильник, генератор напруги, блок пам'яті, датчик положення, блок задання положення, блок задання швидкості, розподілювач тактів, два регістри, два цифрових компаратори, цифровий суматор, два тригери, три елементи І, диференціюючий елемент та елемент НІ. Вихід дільника частоти підключений до входів буферного регістра, першого лічильника та до першого входу відеоконтрольного блока, другий та третій входи якого з'єднані з виходами першого та другого керованих підсилювачів, перші входи яких підключені до виходу генератора напруги, а другі входи з'єднані, відповідно, з першим та другим виходами блока пам'яті, вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини першого лічильника. Четвертий вхід відеоконтрольного блока разом з першим входом блока підготовки даних з'єднані з виходом комутатора, вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини буферного регістра, вхідна цифрова шина якого з'єднана з виходами n окремих інфрачервоних сенсорів інфрачервоного приймача, вихід блока підготовки даних підключений в кола ЕОМ, вихідна цифрова шина блока задання положення з'єднана з першою вхідною цифровою шиною першого цифрового компаратора, друга вхідна цифрова шина якого разом з вхідними цифровими шинами першого та другого регістрів підключені до вихідної цифрової шини датчика положення. Вихід першого цифрового компаратора з'єднаний з першим входом першого елемента І, другий вхід якого підключений до першого виходу другого тригера, а вихід з'єднаний з першим входом першого тригера, другий вхід якого підключений 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 першого тригера з'єднаний з першим входом другого елемента І, другий вхід якого підключений до виходу першого генератора імпульсів, а вихід з'єднаний з входами дільника частоти, генератора напруги, комутатора та з другим входом блока підготовки даних. Вхід диференціюючого елемента підключений до виходу першого цифрового компаратора, а вихід з'єднаний з входом елемента НІ та першим

UA 161694 U

входом розподілювача тактів, вихід елемента НІ підключений до першого входу третього елемента І, другий вхід якого з'єднаний з виходом другого генератора імпульсів, а вихід підключений до другого входу розподілювача тактів. В пристрій введено три лічильники, три регістри, три елементи І, елемент АБО, третій тригер, компаратор, третій цифровий компаратор, формувач імпульсів та цифровий індикатор. Вихід дільника частоти з'єднаний зі входом третього тригера, перший та другий виходи якого підключені, відповідно, до перших входів четвертого та п'ятого елементів І, виходи яких з'єднані з першими входами третього та четвертого регістрів. Другі входи разом з другим входом шостого елемента І підключені до виходу компаратора, вхід якого з'єднаний з виходом комутатора. Перший вхід шостого елемента І підключений до виходу третього цифрового компаратора, перша та друга вхідні цифрові шини якого з'єднані, відповідно, з вихідними цифровими шинами третього та четвертого регістрів, вхідні цифрові шини яких підключені до вихідної цифрової шини другого лічильника, а другі входи яких разом з входом формувача імпульсів та входом п'ятого регістра з'єднані з виходом елемента АБО, перший вхід якого підключений до виходу третього лічильника, перший вхід якого з'єднаний з виходом другого лічильника, а другий вхід разом з другими входами другого лічильника та елемента АБО підключені до виходу першого цифрового компаратора. Вихід формувача імпульсів з'єднаний з другим входом четвертого лічильника, перший вхід якого підключений до виходу шостого елемента І. Вихідна цифрова шина з'єднана зі вхідною цифровою шиною п'ятого регістра, вихідна цифрова шина якого підключена до вхідної цифрової шини цифрового індикатора. Перший вхід другого лічильника з'єднаний з виходом другого елемента І.



Корисна модель належить до безконтактної термометрії і може бути використана для вимірювання температури об'єктів, що обертаються, зокрема поверхні обмоток ротора гідрогенераторів.

Відомий пристрій для безконтактного вимірювання температури ротора гідрогенератора (Патент України № 66866, МПК G 01 K 13/08, бюл. № 2, 2012), що містить об'єктив, інфрачервоний приймач, що містить n окремих інфрачервоних сенсорів, дільник частоти, буферний регістр, комутатор, блок підготовки даних, два генератори імпульсів, два керовані підсилювачі, відеоконтрольний блок, лічильник, генератор напруги, блок пам'яті, датчик положення, блок задання положення, блок задання швидкості, розподілювач тактів, два регістри, два цифрових компаратори, цифровий суматор, два тригери, два елементи І та індикатор, причому вихід дільника частоти підключений до входів буферного регістра, лічильника та до першого входу відеоконтрольного блока, другий та третій входи якого з'єднані з виходами першого та другого керованих підсилювачів, перші входи яких підключені до виходу генератора напруги, а другі входи з'єднані, відповідно, з першим та другим виходами блока пам'яті, вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини лічильника, четвертий вхід відеоконтрольного блока разом з першим входом блока підготовки даних з'єднані з виходом комутатора, вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини буферного регістра, вхідна цифрова шина якого з'єднана з виходами n окремих інфрачервоних сенсорів інфрачервоного приймача, вихід блока підготовки даних підключений в кола ЕОМ, вихідна цифрова шина блока задання положення з'єднана з першою вхідною цифровою шиною першого цифрового компаратора, друга вхідна цифрова шина якого разом з вхідними цифровими шинами першого та другого регістрів підключені до вихідної цифрової шини датчика положення, вихід першого цифрового компаратора з'єднаний з першим входом першого елемента І, другий вхід якого підключений до першого виходу другого тригера, а вихід з'єднаний з першим входом першого тригера, другий вхід якого разом зі входом індикатора підключені до другого виходу другого тригера, перший вхід якого з'єднаний з виходом другого цифрового компаратора, друга вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини блока задання швидкості, а перша вхідна цифрова шина з'єднана з вихідною цифровою шиною цифрового суматора, перша і друга вхідні цифрові шини якого підключені, відповідно, до вихідних цифрових шин першого та другого регістрів, входи яких з'єднані, відповідно, з першим та другим виходами розподілювача тактів, третій вихід якого підключений до другого входу другого тригера, вихід другого генератора імпульсів з'єднаний зі 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, комутатора та до другого входу блока підготовки даних.

Головним недоліком даного пристрою є те, що він не дозволяє ідентифікувати та фіксувати виток з підвищеною температурою полюса обмотки ротора гідрогенератора в процесі вимірювання його теплового портрету під час 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 № 90253, МПК G 01 K 13/08, бюл. № 10, 2014), що містить об'єктив, інфрачервоний приймач, що містить n окремих інфрачервоних сенсорів, дільник частоти, буферний регістр, комутатор, блок підготовки даних, два генератори імпульсів, два керовані підсилювачі, відеоконтрольний блок, лічильник (в подальшому - перший лічильник), генератор напруги, блок пам'яті, датчик положення, блок задання положення, блок задання швидкості, розподілювач тактів, два регістри, два цифрових компаратори, цифровий суматор, два тригери, три елементи І, індикатор, диференціюючий елемент та елемент НІ, причому вихід дільника частоти підключений до входів буферного регістра, першого лічильника та до першого входу відеоконтрольного блока, другий та третій входи якого з'єднані з виходами першого та другого керованих підсилювачів, перші входи яких підключені до виходу генератора напруги, а другі входи з'єднані, відповідно, з першим та другим виходами блока пам'яті, вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини першого лічильника, четвертий вхід відеоконтрольного блока разом з першим входом блока підготовки даних з'єднані з виходом комутатора, вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини буферного регістра, вхідна цифрова шина якого з'єднана з виходами n окремих інфрачервоних сенсорів інфрачервоного приймача, вихід блока підготовки даних підключений в кола ЕОМ, вихідна цифрова шина блока задання положення з'єднана з першою вхідною цифровою шиною першого цифрового компаратора, друга вхідна цифрова шина якого разом з вхідними цифровими шинами першого та другого регістрів підключені до вихідної цифрової шини датчика положення, вихід першого цифрового компаратора з'єднаний з першим входом першого

елемента І, другий вхід якого підключений до першого виходу другого тригера, а вихід з'єднаний з першим входом першого тригера, другий вхід якого разом зі входом індикатора підключені до другого виходу другого тригера, перший вхід якого з'єднаний з виходом другого цифрового компаратора, друга вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини блока задання швидкості, а перша вхідна цифрова шина з'єднана з вихідною цифровою шиною цифрового суматора, перша і друга вхідні цифрові шини якого підключені, відповідно, до вихідних цифрових шин першого та другого регістрів, входи яких з'єднані, відповідно, з першим та другим виходами розподілювача тактів, третій вихід якого підключений до другого входу другого тригера, вихід першого тригера з'єднаний з першим входом другого елемента І, другий вхід якого підключений до виходу першого генератора імпульсів, а вихід з'єднаний з входами дільника частоти, генератора напруги, комутатора та з другим входом блока підготовки даних, вхід диференціюючого елемента підключений до виходу першого цифрового компаратора, а вихід з'єднаний з входом елемента НІ та першим входом розподілювача тактів, вихід елемента НІ підключений до першого входу третього елемента І, другий вхід якого з'єднаний з виходом другого генератора імпульсів, а вихід підключений до другого входу розподілювача тактів.

Головним недоліком даного пристрою є те, що він не дозволяє ідентифікувати та фіксувати виток з підвищеною температурою полюса обмотки ротора гідрогенератора в процесі вимірювання його теплового портрету під час роботи, оскільки гідрогенератор є специфічною електричною машиною закритого виконання, що ускладнює доступ до його обертових частин.

В основу корисної моделі поставлено задачу створення пристрою для тепловізійного діагностування обмоток ротора гідрогенератора, в якому за рахунок введення нових блоків та зв'язків між ними з'являється можливість на працюючому гідрогенераторі ідентифікувати та фіксувати виток з підвищеною температурою полюса обмотки ротора гідрогенератора в процесі вимірювання його теплового портрету, що розширює функціональні можливості пристрою.

Поставлена задача вирішується тим, що в пристрій для тепловізійного діагностування обмоток ротора гідрогенератор містить об'єктив, інфрачервоний приймач, що містить n окремих інфрачервоних сенсорів, дільник частоти, буферний регістр, комутатор, блок підготовки даних, два генератори імпульсів, два керовані підсилювачі, відеоконтрольний блок, перший лічильник, генератор напруги, блок пам'яті, датчик положення, блок задання положення, блок задання швидкості, розподілювач тактів, два регістри, два цифрових компаратори, цифровий суматор, два тригери, три елементи І, диференціюючий елемент та елемент НІ, причому вихід дільника частоти підключений до входів буферного регістра, першого лічильника та до першого входу відеоконтрольного блока, другий та третій входи якого з'єднані з виходами першого та другого керованих підсилювачів, перші входи яких підключені до виходу генератора напруги, а другі входи з'єднані, відповідно, з першим та другим виходами блока пам'яті, вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини першого лічильника, четвертий вхід відеоконтрольного блока разом з першим входом блока підготовки даних з'єднані з виходом комутатора, вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини буферного регістра, вхідна цифрова шина якого з'єднана з виходами n окремих інфрачервоних сенсорів інфрачервоного приймача, вихід блока підготовки даних підключений в кола ЕОМ, вихідна цифрова шина блока задання положення з'єднана з першою вхідною цифровою шиною першого цифрового компаратора, друга вхідна цифрова шина якого разом з вхідними цифровими шинами першого та другого регістрів підключені до вихідної цифрової шини датчика положення, вихід першого цифрового компаратора з'єднаний з першим входом першого елемента І, другий вхід якого підключений до першого виходу другого тригера, а вихід з'єднаний з першим входом першого тригера, другий вхід якого підключений 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 першого тригера з'єднаний з першим входом другого елемента І, другий вхід якого підключений до виходу першого генератора імпульсів, а вихід з'єднаний з входами дільника частоти, генератора напруги, комутатора та з другим входом блока підготовки даних, вхід диференціюючого елемента підключений до виходу першого цифрового компаратора, а вихід з'єднаний з входом елемента НІ та першим входом розподілювача тактів, вихід елемента НІ підключений до першого входу третього елемента І, другий вхід якого з'єднаний з виходом другого генератора імпульсів, а вихід підключений до другого входу розподілювача тактів, згідно з корисною моделлю, введено три лічильники, три регістри, три елементи І, елемент АБО, третій тригер,

компаратор, третій цифровий компаратор, формувач імпульсів та цифровий індикатор, причому вихід дільника частоти з'єднаний зі входом третього тригера, перший та другий виходи якого підключені, відповідно, до перших входів четвертого та п'ятого елементів І, виходи яких з'єднані з першими входами третього та четвертого регістрів, а другі входи разом з другим входом шостого елемента І підключені до виходу компаратора, вхід якого з'єднаний з виходом комутатора, перший вхід шостого елемента І підключений до виходу третього цифрового компаратора, перша та друга вхідні цифрові шини якого з'єднані, відповідно, з вихідними цифровими шинами третього та четвертого регістрів, вхідні цифрові шини яких підключені до вихідної цифрової шини другого лічильника, а другі входи яких разом з входом формувача імпульсів та входом п'ятого регістра з'єднані з виходом елемента АБО, перший вхід якого підключений до виходу третього лічильника, перший вхід якого з'єднаний з виходом другого лічильника, а другий вхід разом з другими входами другого лічильника та елемента АБО підключені до виходу першого цифрового компаратора, вихід формувача імпульсів з'єднаний з другим входом четвертого лічильника, перший вхід якого підключений до виходу шостого елемента І, а вихідна цифрова шина з'єднана зі вхідною цифровою шиною п'ятого регістра, вихідна цифрова шина якого підключена до вхідної цифрової шини цифрового індикатора, перший вхід другого лічильника з'єднаний з виходом другого елемента І.

Пристрій для тепловізійного діагностування обмоток ротора гідрогенератора пояснюється кресленням, на якому зображена його структурна схема, де 1 - об'єктив; 2 - інфрачервоний приймач, що містить n окремих інфрачервоних сенсорів; 3 - диференціюючий елемент; 4 - блок задання положення; 5 - перший цифровий компаратор; 6 - перший елемент І; 7 - перший тригер; 8 - перший генератор імпульсів; 9 - другий елемент І; 10 - дільник частоти; 11 - буферний регістр; 12 - елемент НІ; 13 - датчик положення; 14 - перший регістр; 15 - другий генератор імпульсів; 16 - третій елемент І; 17 - розподілювач тактів; 18 - другий регістр; 19 - цифровий суматор; 20 - блок задання швидкості; 21 - другий цифровий компаратор; 22 - другий тригер; 23 - другий лічильник; 24 - комутатор; 25 - блок підготовки даних; 26 - перший лічильник; 27 - блок пам'яті; 28 - генератор напруги; 29, 30 - перший та другий керовані підсилювачі; 31 - відеоконтрольний блок; 32 - третій лічильник; 33 - елемент АБО; 34 - третій тригер; 35 - четвертий елемент І; 36 - третій регістр; 37 - п'ятий елемент І; 38 - четвертий регістр; 39 - третій цифровий компаратор; 40 - компаратор; 41 - шостий елемент І; 42 - формувач імпульсів; 43 - четвертий лічильник; 44 - п'ятий регістр; 45 - цифровий індикатор, причому вихід дільника частоти 10 підключений до входів буферного регістра 11, першого лічильника 26 та до першого входу відеоконтрольного блока 31, другий та третій входи якого з'єднані з виходами першого 29 та другого 30 керованих підсилювачів, перші входи яких підключені до виходу генератора напруги 28, а другі входи з'єднані, відповідно, з першим та другим виходами блока пам'яті 27, вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини першого лічильника 26, четвертий вхід відеоконтрольного блока 31 разом з першим входом блока підготовки даних 25 з'єднані з виходом комутатора 24, вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини буферного регістра 11, вхідна цифрова шина якого з'єднана з виходами n окремих інфрачервоних сенсорів 2.1-2.n інфрачервоного приймача 2, вихід блока підготовки 25 даних підключений в кола ЕОМ, вихідна цифрова шина блока задання положення 4 з'єднана з першою вхідною цифровою шиною першого цифрового компаратора 5, друга вхідна цифрова шина якого разом з вхідними цифровими шинами першого 14 та другого 18 регістрів підключені до вихідної цифрової шини датчика положення 13, вихід першого цифрового компаратора 5 з'єднаний з першим входом першого елемента І 6, другий вхід якого підключений до першого виходу другого тригера 22, а вихід з'єднаний з першим входом першого тригера 7, другий вхід якого підключений до другого виходу другого тригера 22, перший вхід якого з'єднаний з виходом другого цифрового компаратора 21, друга вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини блока задання швидкості 20, а перша вхідна цифрова шина з'єднана з вихідною цифровою шиною цифрового суматора 19, перша і друга вхідні цифрові шини якого підключені відповідно до вихідних цифрових шин першого 14 та другого 18 регістрів, входи яких з'єднані відповідно з першим та другим виходами розподілювача тактів 17, третій вихід якого підключений до другого входу другого тригера 22, вихід першого тригера 7 з'єднаний з першим входом другого елемента І 9, другий вхід якого підключений до виходу першого генератора імпульсів 8, а вихід з'єднаний з входами дільника частоти 10, генератора напруги 28, комутатора 24 та з другим входом блока підготовки даних 25, вхід диференціюючого елемента 3 підключений до виходу першого цифрового компаратора 5, а вихід з'єднаний з входом елемента НІ 12 та першим входом розподілювача тактів 17, вихід елемента НІ 12 підключений до першого входу третього елемента І 16, другий вхід якого з'єднаний з виходом другого генератора імпульсів 15, а вихід підключений до другого входу розподілювача тактів 17, вихід

дільника частоти 10 з'єднаний зі входом третього тригера 34, перший та другий виходи якого підключені відповідно до перших входів четвертого 35 та п'ятого 37 елементів І, виходи яких з'єднані з першими входами третього 36 та четвертого 38 регістрів, а другі входи разом з другим входом шостого елемента І 41 підключені до виходу компаратора 40, вхід якого з'єднаний з виходом комутатора 24, перший вхід шостого елемента І 41 підключений до виходу третього цифрового компаратора 39, перша та друга вхідні цифрові шини якого з'єднані відповідно з вихідними цифровими шинами третього 36 та четвертого 38 регістрів, вхідні цифрові шини яких підключені до вихідної цифрової шини другого лічильника 23, а другі входи яких разом з входом формувача імпульсів 42 та входом п'ятого регістра 44 з'єднані з виходом елемента АБО 33, перший вхід якого підключений до виходу третього лічильника 32, перший вхід якого з'єднаний з виходом другого лічильника 23, а другий вхід разом з другими входами другого лічильника 23 та елемента АБО 33 підключені до виходу першого цифрового компаратора 5, вихід формувача імпульсів 42 з'єднаний з другим входом четвертого лічильника 43, перший вхід якого підключений до виходу шостого елемента І 41, а вихідна цифрова шина з'єднана зі вхідною цифровою шиною п'ятого регістра 44, вихідна цифрова шина якого підключена до вхідної цифрової шини цифрового індикатора 45, перший вхід другого лічильника 23 з'єднаний з виходом другого елемента І 9, позицією 1 позначено об'єктив.

Запропонований пристрій працює наступним чином.

При подачі напруги живлення перший 8 та другий 15 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.

Якщо ротор гідрогенератора знаходиться в нерухомому стані або його швидкість обертання менша від номінальної, то на екран відеоконтрольного блока 31 теплове зображення поверхні ротора не виводиться. Це обумовлено наступним. Під впливом другого генератора імпульсів 15 через відкритий третій елемент І 16 сигнали надходять на вхід розподілювача тактів 17 (крім моменту проходження ротором умовного початкового положення). На його виходах формуються сигнали. Сигналом з першого виходу розподілювача тактів 17 в перший регістр 14 записується код з виходу датчика положення 13. В другий регістр 18 сигналом з другого виходу розподілювача тактів 17 записується інший код з виходу датчика положення 13. Різниця зазначених кодів за одиницю часу, що забезпечується другим генератором імпульсів 15, являє собою швидкість обертання ротора гідрогенератора, що і визначається в цифровому суматорі 19 та подається на перший вхід другого цифрового компаратора 21, в якому здійснюється порівняння у вигляді кодів поточної швидкості обертання ротора гідрогенератора з номінальною, яка записана в блоці задання швидкості 20. У випадку, коли швидкість менша від номінальної, на виході другого цифрового компаратора 21 з'являється сигнал логічного нуля, який під дією сигналу з третього виходу розподілювача тактів 17 записується в другий тригер 22. При цьому тепловий портрет ротора не фіксується. 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, і на виході першого цифрового компаратора 5 з'являється сигнал, який надходить на вхід диференціюючого елемента 3. На його виході формується сигнал, який обнуляє розподілювач тактів 17, а також через елемент НІ 12 закриває третій елемент І 16, що в свою чергу зумовлює припинення подачі імпульсів з другого генератора імпульсів 15 на розподілювач тактів 17.

Якщо ж швидкість обертання ротора гідрогенератора стає рівною номінальній, то на другому виході другого тригера 22 з'являється сигнал логічного нуля, на його першому виході з'являється сигнал логічної одиниці, який подається на вхід першого елемента І 6. 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 перший тригер 7. Внаслідок цього імпульси з виходу першого генератора імпульсів 8 через другий елемент І 9 починають надходити в блоки, за допомогою яких формується тепловий портрет на екрані відеоконтрольного блока 31.

Залежно від кутової швидкості обертання ω ротора гідрогенератора вибрана частота формування імпульсів f_1 першого генератора імпульсів, 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 10, що відповідає кількості окремих інфрачервоних сенсорів 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 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 24 здійснюється зчитування інформації з буферного регістра 11 з наступним її перетворенням із паралельного виду представлення в послідовний. Сформований таким чином сигнал з виходу комутатора 24 потрапляє на вхід відеоконтрольного блока 31 і на вхід блока підготовки даних 25, в якому він перетворюється в цифрову форму та приводиться до зручного виду для передачі в ЕОМ.

Генератор напруги 28, перший 29 та другий 30 керовані підсилювачі і блок пам'яті 27 призначені для формування сигналів розгортки відеоконтрольного блока 31. Сигнал частотою f_1, що надходить на вхід генератора напруги 28, на виході приймає ступінчасту форму (містить n складових) і подається на входи першого 29 і другого 30 керованих підсилювачів, коефіцієнт підсилення яких задається вихідними сигналами блока пам'яті 27. При цьому коефіцієнти підсилення першого 29 та другого 30 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 $i=0,n$, $j=0,m$.

На вхід блока пам'яті 27 сигнали надходять з першого лічильника 26, коефіцієнт перерахунку якого дорівнює m. В результаті на екрані відеоконтрольного блока 31 при наявності одного інформаційного сигналу, двох сигналів розгортки та сигналу з виходу дільника частоти 10 формується зображення, що відповідає тепловому портрету ротора гідрогенератора.

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

Ідентифікація витка обмотки з підвищеною температурою ротора гідрогенератора здійснюється так. Нагадаємо, що на виході дільника частоти 10 сигнал з'являється кожен раз, коли закінчується сканування вздовж лінійки окремих інфрачервоних сенсорів 2.1-2.n. По кожному імпульсу з виходу дільника частоти 10 третій тригер 34 кожен раз перемикається з одного положення в інше.

В період, коли ротор обертається з номінальною швидкістю, на виході другого елемента І 9 встановлюється послідовність імпульсів, яка формується першим генератором імпульсів 8, і ці імпульси надходять на перший вхід другого лічильника 23, внаслідок чого на його виході нарощується цифровий код від нульового значення до максимального, що відповідає кількості окремих інфрачервоних сенсорів 2.1-2.n. Послідовно за ним ввімкнений третій лічильник 32, коефіцієнт ділення якого відповідає розміру одного полюса обмотки ротора гідрогенератора в перерахунку на кількість секторів його сканування.

Якщо на виході одного з окремих інфрачервоних сенсорів 2.1-2.n з'являється підвищене значення напруги, що відповідає підвищеній температурі фрагменту поверхні обмотки ротора гідрогенератора, то на виході компаратора 40 формується імпульс, який подається на четвертий 35 та п'ятий 37 елементи І. Залежно від положення третього тригера 34 логічний сигнал з'являється або на першому, або на другому його виходах. Внаслідок цього цифровий код, що відповідає номеру інфрачервоного сенсора в лінійці 2 окремих інфрачервоних сенсорів 2.1-2.n, з виходу другого лічильника 23 надходить на входи третього 36 та четвертого 38 регістрів. І коли під дією третього тригера 34 та компаратора 40 відкривається четвертий 35 та п'ятий 37 елементи І, то цифровий код з виходу другого лічильника 23 заноситься в третій 36 та четвертий 38 регістри. Зазначимо, що при ввімкненні пристрою, коли в третьому 36 та четвертому 38 регістрах записаний нульовий цифровий код, при запису цифрового коду з виходу другого лічильника 23 в третій 36 або четвертий 38 регістри на виході третього цифрового компаратора 39 присутній сигнал логічного нуля.

При скануванні наступного сектора поверхні полюса ротора гідрогенератора, тобто коли тим же інфрачервоним сенсором, що і в попередньому скануванні, фіксується підвищена температура, то в третій 36 або четвертий 38 регістри (в той, в якому записаний нульовий цифровий код) заноситься цифровий код з виходу другого лічильника 23, який співпадає з кодом, записаним при попередньому скануванні, і на виході третього цифрового компаратора 39 з'являється сигнал, що надходить на перший вхід шостого елемента 141. При цьому на його

другому вході присутній сигнал з виходу компаратора 40, внаслідок чого на перший вхід четвертого лічильника 43 надходить імпульс, яким нарощується в ньому цифровий код, що свідчить про наявність підвищеної температури в сусідніх секторах в одному витку полюса обмотки ротора гідрогенератора.

Таке сканування та відповідна обробка інформації здійснюється над кожним полюсом обмотки ротора гідрогенератора протягом повного оберту ротора гідрогенератора, внаслідок чого однаковий цифровий код періодично з виходу другого лічильника 23 заноситься почергово то в третій 36, то в четвертий 38 регістри (за умови, що існує область підвищеної температури одного витка полюса обмотки ротора). Після завершення сканування одного полюсу обмотки на виході третього лічильника 32 з'являється імпульс, яким через елемент АБО 33 обнуляються третій 36 та четвертий 38 регістри. Цим же сигналом цифровий код з виходу четвертого лічильника 43 переноситься в п'ятий регістр 44 і по завершенню імпульсу на виході формувача імпульсів 42 з'являється сигнал, яким обнуляється четвертий лічильник 43.

Після цього розпочинається сканування другого полюсу обмотки ротора гідрогенератора.

Після завершення сканування всіх полюсів обмотки ротора гідрогенератора на виході першого цифрового компаратора 5 з'являється імпульс, яким обнуляється другий 23 та третій 32 лічильники і через елемент АБО 33 обнуляються третій 36 та четвертий 38 регістри. Цим же сигналом цифровий код з виходу четвертого лічильника 43 переноситься в п'ятий регістр 44 і по завершенню імпульсу на виході формувача імпульсів 42 з'являється сигнал, яким обнуляється четвертий лічильник 43.

Цифровий код з виходу п'ятого регістра 44 заноситься в цифровий індикатор 45, на якому почергово відображається довжина області підвищеної температури вздовж одного витка кожного полюсу обмотки ротора гідрогенератора, що і є сигналом для обслуговуючого персоналу щодо можливості подальшої експлуатації гідрогенератора.

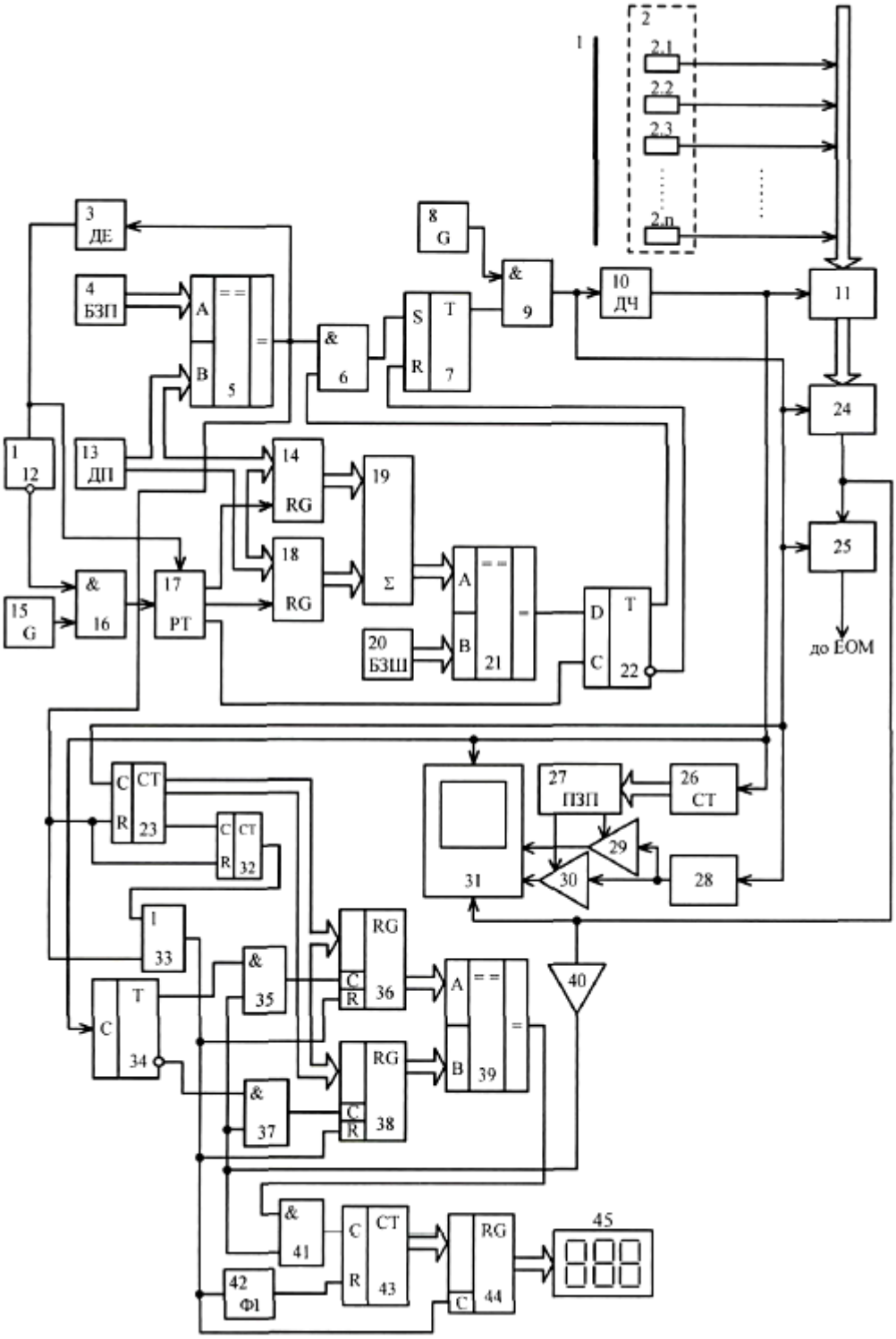
У разі, коли підвищену температуру має тільки фрагмент ізоляції витка полюса обмотки в цифровому індикаторі 45 фіксується число, що підтверджує виникнення локальної області підвищеної температури.

Цикл сканування поверхні ротора гідрогенератора повторюється.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Пристрій для тепловізійного діагностування обмоток ротора гідрогенератора, що містить об'єктив, інфрачервоний приймач, що містить n окремих інфрачервоних сенсорів, дільник частоти, буферний регістр, комутатор, блок підготовки даних, два генератори імпульсів, два керовані підсилювачі, відеоконтрольний блок, перший лічильник, генератор напруги, блок пам'яті, датчик положення, блок задання положення, блок задання швидкості, розподілювач тактів, два регістри, два цифрових компаратори, цифровий суматор, два тригери, три елементи І, диференціюючий елемент та елемент НІ, причому вихід дільника частоти підключений до входів буферного регістра, першого лічильника та до першого входу відеоконтрольного блока, другий та третій входи якого з'єднані з виходами першого та другого керованих підсилювачів, перші входи яких підключені до виходу генератора напруги, а другі входи з'єднані, відповідно, з першим та другим виходами блока пам'яті, вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини першого лічильника, четвертий вхід відеоконтрольного блока разом з першим входом блока підготовки даних з'єднані з виходом комутатора, вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини буферного регістра, вхідна цифрова шина якого з'єднана з виходами n окремих інфрачервоних сенсорів інфрачервоного приймача, вихід блока підготовки даних підключений в кола ЕОМ, вихідна цифрова шина блока задання положення з'єднана з першою вхідною цифровою шиною першого цифрового компаратора, друга вхідна цифрова шина якого разом з вхідними цифровими шинами першого та другого регістрів підключені до вихідної цифрової шини датчика положення, вихід першого цифрового компаратора з'єднаний з першим входом першого елемента І, другий вхід якого підключений до першого виходу другого тригера, а вихід з'єднаний з першим входом першого тригера, другий вхід якого підключений 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 першого тригера з'єднаний з першим входом другого елемента І, другий вхід якого підключений до виходу першого генератора

імпульсів, а вихід з'єднаний з входами дільника частоти, генератора напруги, комутатора та з другим входом блока підготовки даних, вхід диференціюючого елемента підключений до виходу першого цифрового компаратора, а вихід з'єднаний з входом елемента НІ та першим входом розподілювача тактів, вихід елемента НІ підключений до першого входу третього елемента І, другий вхід якого з'єднаний з виходом другого генератора імпульсів, а вихід підключений до другого входу розподілювача тактів, який **відрізняється** тим, що введено три лічильники, три регістри, три елементи І, елемент АБО, третій тригер, компаратор, третій цифровий компаратор, формувач імпульсів та цифровий індикатор, причому вихід дільника частоти з'єднаний зі входом третього тригера, перший та другий виходи якого підключені, відповідно, до перших входів четвертого та п'ятого елементів І, виходи яких з'єднані з першими входами третього та четвертого регістрів, а другі входи разом з другим входом шостого елемента І підключені до виходу компаратора, вхід якого з'єднаний з виходом комутатора, перший вхід шостого елемента І підключений до виходу третього цифрового компаратора, перша та друга вхідні цифрові шини якого з'єднані, відповідно, з вихідними цифровими шинами третього та четвертого регістрів, вхідні цифрові шини яких підключені до вихідної цифрової шини другого лічильника, а другі входи яких разом з входом формувача імпульсів та входом п'ятого регістра з'єднані з виходом елемента АБО, перший вхід якого підключений до виходу третього лічильника, перший вхід якого з'єднаний з виходом другого лічильника, а другий вхід разом з другими входами другого лічильника та елемента АБО підключені до виходу першого цифрового компаратора, вихід формувача імпульсів з'єднаний з другим входом четвертого лічильника, перший вхід якого підключений до виходу шостого елемента І, а вихідна цифрова шина з'єднана зі вхідною цифровою шиною п'ятого регістра, вихідна цифрова шина якого підключена до вхідної цифрової шини цифрового індикатора, перший вхід другого лічильника з'єднаний з виходом другого елемента І.



Комп'ютерна верстка М. Шамоніна

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