УКРАЇНА **(19) UA** **(11) 161010** **(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 02030**

(22) Дата подання заявки: **01.05.2025**

(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: **30.10.2025**

(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію: **29.10.2025, Бюл.№ 44**

(72) Винахідник(и):
Грабко Володимир Віталійович (UA),
Грабко Валентин Володимирович (UA),
Мошноріз Микола Миколайович (UA),
Іскра Богдан Ігорович (UA)

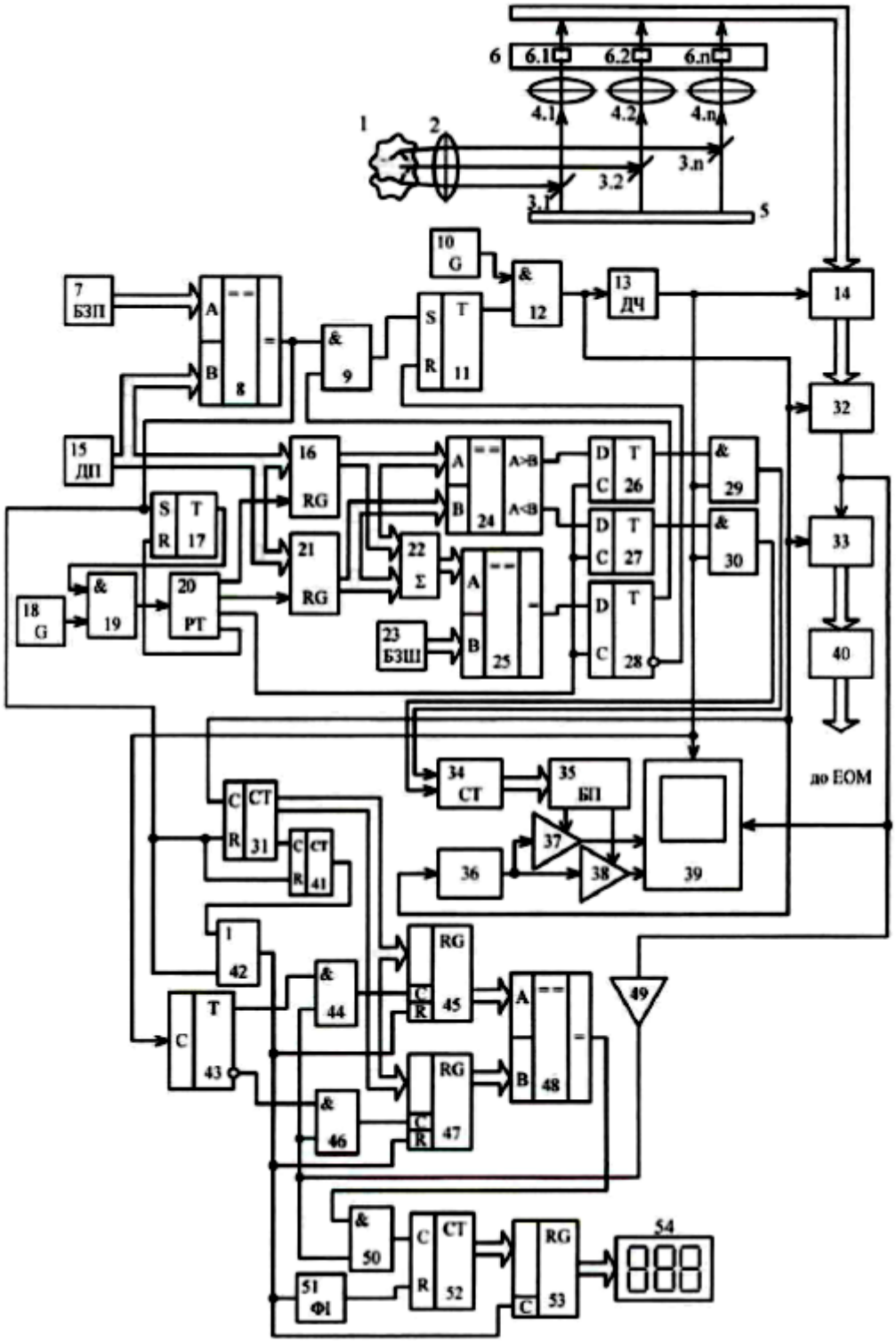
(73) Володілець (володільці):
ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ,
вул. Хмельницьке шосе, 95, м. Вінниця, 21021 (UA)

(54) ПРИСТРІЙ ДЛЯ ТЕПЛОВІЗІЙНОГО ДІАГНОСТУВАННЯ ОБМОТОК РОТОРА ГІДРОГЕНЕРАТОРА

(57) Реферат:

Пристрій для тепловізійного діагностування обмоток ротора гідрогенератора містить об'єктив, 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, дільник частоти, відеоконтрольний блок, два керовані підсилювачі, генератор напруги, блок пам'яті, перший лічильник, блок підготовки даних, комутатор, буферний регістр, n окремих інфрачервоних датчиків, блок задання положення, три цифрові компаратори, датчик положення, два регістри, п'ять елементів І, п'ять тригерів, блок задання швидкості, аналого-цифровий перетворювач, цифровий суматор, розподілювач тактів, два генератори імпульсів. Крім цього, введено три лічильники, три регістри, три елементи І, елемент АБО, шостий тригер, компаратор, четвертий цифровий компаратор, формувач імпульсів та цифровий індикатор.

UA 161010 U


6
6.1
6.2
6.n
4.1
4.2
4.n
1
2
3.n
3.2
3.1
5
10
G
7
БЗП
A
B
g
=
&
9
S
R
T
11
&
12
13
ДЧ
14
32
15
ДП
16
RG
21
RG
22
Σ
A
B
24
A>B
A<B
25
23
БЗШ
D
C
T
26
27
28
&
29
30
33
40
S
R
T
17
18
G
&
19
20
РТ
до ЕОМ
34
СТ
35
БП
37
38
36
39
C
R
CT
31
41
1
42
&
44
RG
45
RG
47
A
B
48
49
C
T
43
&
46
&
50
C
R
CT
52
RG
53
54
51
Фі

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 № 66867, МПК 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 n окремих інфрачервоних (ІЧ) датчиків, вихідна цифрова шина АЦП підключена через інтерфейсний блок в кола електронно-обчислювальної машини (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 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.

За найближчий аналог вибрано пристрій для безконтактного вимірювання температури ротора гідрогенератора (Патент України № 80568, МПК G01K 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, дільник частоти, відеоконтрольний блок, два керовані підсилювачі, генератор напруги, блок пам'яті, лічильник (в подальшому - перший лічильник), блок підготовки даних, комутатор, буферний регістр, n окремих інфрачервоних датчиків, блок задання положення, три цифрові компаратори, датчик положення, два регістри, п'ять елементів І, п'ять тригерів, блок задання швидкості, аналого-цифровий перетворювач, цифровий суматор, розподілювач тактів, два генератори імпульсів та індикатор, 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, 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 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 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 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, дільник частоти, відеоконтрольний блок, два керованих підсилювачі, генератор напруги, блок пам'яті, перший лічильник, аналого-цифровий перетворювач, блок підготовки даних, комутатор, буферний регістр, n окремих інфрачервоних датчиків, блок задання положення, три цифрові компаратори, датчик положення, два регістри, п'ять елементів І, п'ять тригерів, блок задання швидкості, цифровий суматор, розподілювач тактів, два генератори імпульсів, 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, 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 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 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, введено три лічильники, три регістри, три елементи І, елемент АБО, шостий тригер, компаратор, четвертий цифровий компаратор, формувач імпульсів та цифровий індикатор, причому вихід дільника частоти з'єднаний зі входом шостого тригера, перший та другий виходи якого підключені, відповідно, до перших входів шостого та сьомого елементів І, виходи яких з'єднані з першими входами третього та четвертого регістрів, а другі входи разом з другим входом восьмого елемента І підключені до виходу компаратора,

вхід якого з'єднаний з виходом комутатора, перший вхід восьмого елемента І підключений до виходу четвертого 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 восьмого 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.

На схемі: 1 - ротор гідрогенератора; 2 - об'єктив; 3 - n дзеркал; 4 - n лінз; 5 - оптична лінійка; 6 - лінійка n окремих 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 - другий лічильник; 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 - третій лічильник; 42 - елемент АБО; 43 - шостий тригер; 44 - шостий елемент І; 45 - третій регістр; 46 - сьомий елемент І; 47 - четвертий регістр; 48 - четвертий цифровий компаратор; 49 - компаратор; 50 - восьмий елемент І; 51 - формувач імпульсів; 52 - четвертий лічильник; 53 - п'ятий регістр; 54 - цифровий 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 ІЧ-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 підключений 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 І 12 з'єднаний з другим входом АЦП 33, вихід першого тригера 11 підключений до першого входу другого елемента І 12, 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, а виходи підключені, відповідно, до першого і другого входів першого лічильника 34, 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 дільника частоти 13 з'єднаний зі входом шостого тригера 43, перший та другий виходи якого підключені, відповідно, до перших входів шостого 44 та сьомого 46 елементів І, виходи яких з'єднані з першими входами третього 45 та четвертого 47 регістрів, а другі входи разом з другим входом восьмого елемента І 50 підключені до виходу компаратора 49, вхід якого з'єднаний з виходом комутатора 32, перший вхід восьмого елемента І 50 підключений до виходу четвертого цифрового компаратора 48, перша та друга вхідні цифрові шини якого з'єднані, відповідно, з вихідними цифровими шинами третього 45 та четвертого 47 регістрів, вхідні цифрові шини яких підключені до вихідної цифрової шини другого лічильника 31, а другі входи яких разом з входом формувача імпульсів 51 та входом п'ятого регістра 53 з'єднані з виходом елемента АБО 42, перший вхід якого підключений до виходу третього лічильника 41, перший вхід якого з'єднаний з виходом другого лічильника 31, а другий вхід разом з другими входами другого лічильника 31 та елемента АБО 42 підключені до виходу першого цифрового компаратора 8, вихід формувача імпульсів 51 з'єднаний з другим входом четвертого лічильника 52, перший вхід якого підключений до виходу восьмого елемента І 50, а вихідна цифрова шина з'єднана зі вхідною цифровою шиною п'ятого регістра 53, вихідна цифрова шина якого підключена до вхідної цифрової шини цифрового індикатора 54, перший вхід другого лічильника 31 з'єднаний з виходом другого елемента І 12, 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 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.

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. 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 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 першого лічильника 34 надходять імпульси з виходу дільника частоти 13. Таким чином враховується напрямок 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, на його першому виході 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 задання 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 окремих 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 вигляду 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 надходить 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 з першого лічильника 34, коефіцієнт перерахунку якого дорівнює m. 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.

Очевидно, що згідно з 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.

Ідентифікація витка обмотки з підвищеною температурою ротора гідрогенератора 1 здійснюється так. Нагадаємо, що на виході дільника частоти 13 сигнал з'являється кожен раз, коли закінчується сканування вздовж лінійки окремих інфрачервоних датчиків 6.1 - 6.n. По кожному імпульсу з виходу дільника частоти 13 шостий тригер 43 кожен раз перемикається з одного положення в інше.

В період, коли ротор обертається з номінальною швидкістю, на виході другого елемента І 12 встановлюється послідовність імпульсів, яка формується першим генератором імпульсів 10, і ці імпульси надходять на перший вхід другого лічильника 31, внаслідок чого на його виході нарощується цифровий код від нульового значення до максимального, що відповідає кількості окремих інфрачервоних датчиків 6.1 - 6.n. Послідовно за ним ввімкнений третій лічильник 41, коефіцієнт ділення якого відповідає розміру одного полюса обмотки ротора гідрогенератора 1 в перерахунку на кількість секторів його сканування.

Якщо на виході одного з окремих інфрачервоних датчиків 6.1 - 6.n з'являється підвищене значення напруги, що відповідає підвищеній температурі фрагменту поверхні обмотки ротора гідрогенератора 1, то на виході компаратора 49 формується імпульс, який подається на шостий 44 та сьомий 46 елементи І. Залежно від положення шостого тригера 43 логічний сигнал з'являється або на першому, або на другому його виходах. Внаслідок цього цифровий код, що відповідає номеру інфрачервоного датчика в лінійці 6 окремих інфрачервоних датчиків 6.1 - 6.n, з виходу другого лічильника 31 надходить на входи третього 45 та четвертого 47 регістрів. І коли під дією шостого тригера 43 та компаратора 49 відкривається шостий 44 та сьомий 46 елементи І, то цифровий код з виходу другого лічильника 31 заноситься в третій 45 та четвертий 47 регістри. Зазначимо, що при ввімкненні пристрою, коли в третьому 45 та

четвертому 47 регістрах записаний нульовий цифровий код, при запису цифрового коду з виходу другого лічильника 31 в третій 45 або четвертий 47 регістри на виході четвертого цифрового компаратора 48 присутній сигнал логічного нуля.

При скануванні наступного сектора поверхні полюса ротора гідрогенератора 1, тобто коли тим же інфрачервоним датчиком, що і в попередньому скануванні, фіксується підвищена температура, то в третій 45 або четвертий 47 регістри (в той, в якому записаний нульовий цифровий код) заноситься цифровий код з виходу другого лічильника 31, який співпадає з кодом, записаним при попередньому скануванні, і на виході четвертого цифрового компаратора 48 з'являється сигнал, що надходить на перший вхід восьмого елемента І 50. При цьому на його другому вході присутній сигнал з виходу компаратора 49, внаслідок чого на перший вхід четвертого лічильника 52 надходить імпульс, яким нарощується в ньому цифровий код, що свідчить про наявність підвищеної температури в сусідніх секторах в одному витку полюса обмотки ротора гідрогенератора 1.

Таке сканування та відповідна обробка інформації здійснюється над кожним полюсом обмотки ротора гідрогенератора 1 протягом повного оберту ротора гідрогенератора 1, внаслідок чого однаковий цифровий код періодично з виходу другого лічильника 31 заноситься почергово то в третій 45, то в четвертий 47 регістри (за умови, що існує область підвищеної температури одного витка полюса обмотки ротора). Після завершення сканування одного полюсу обмотки на виході третього лічильника 41 з'являється імпульс, яким через елемент АБО 42 обнуляються третій 45 та четвертий 47 регістри. Цим же сигналом цифровий код з виходу четвертого лічильника 52 переноситься в п'ятий регістр 53 і після завершення імпульсу на виході формувача імпульсів 51 з'являється сигнал, яким обнуляється четвертий лічильник 52.

Після цього розпочинається сканування другого полюсу обмотки ротора гідрогенератора 1.

Після завершення сканування всіх полюсів обмотки ротора гідрогенератора 1 на виході першого цифрового компаратора 8 з'являється імпульс, яким обнуляється другий 31 та третій 41 лічильники і через елемент АБО 42 обнуляються третій 45 та четвертий 47 регістри. Цим же сигналом цифровий код з виходу четвертого лічильника 52 переноситься в п'ятий регістр 53 і після завершення імпульсу на виході формувача імпульсів 51 з'являється сигнал, яким обнуляється четвертий лічильник 52.

Цифровий код з виходу п'ятого регістра 53 заноситься в цифровий індикатор 54, на якому почергово відображається довжина області підвищеної температури вздовж одного витка кожного полюсу обмотки ротора гідрогенератора 1, що і є сигналом для обслуговуючого персоналу щодо можливості подальшої експлуатації гідрогенератора.

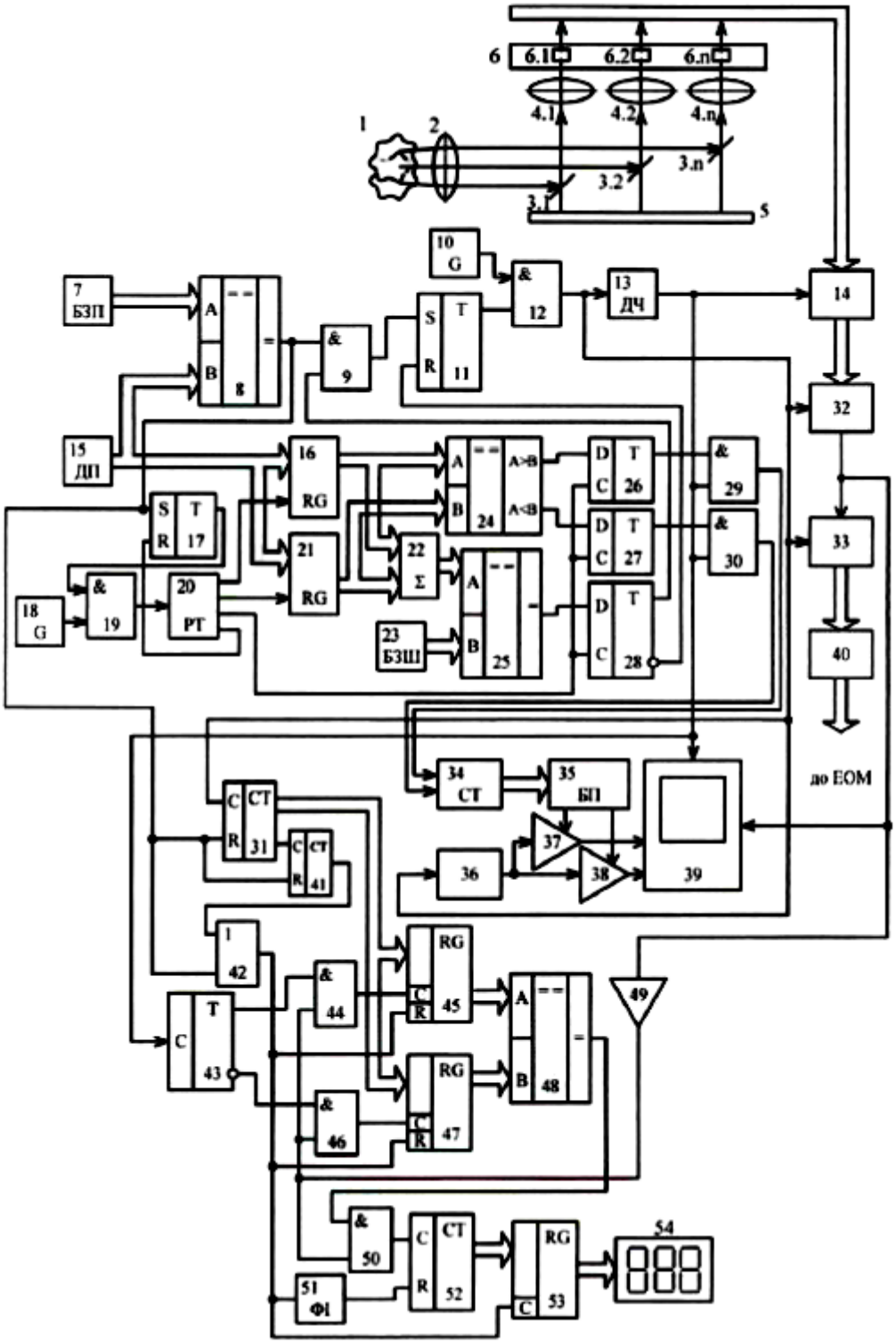
У разі, коли підвищену температуру має тільки фрагмент ізоляції витка полюса обмотки в цифровому індикаторі 54 фіксується число, що підтверджує виникнення локальної області підвищеної температури.

Цикл сканування поверхні ротора гідрогенератора 1 повторюється.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Пристрій для тепловізійного діагностування обмоток 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, дільник частоти, відеоконтрольний блок, два керовані підсилювачі, генератор напруги, блок пам'яті, перший лічильник, блок підготовки даних, комутатор, буферний регістр, n окремих інфрачервоних датчиків, блок задання положення, три цифрові компаратори, датчик положення, два регістри, п'ять елементів І, п'ять тригерів, блок задання швидкості, аналого-цифровий перетворювач, цифровий суматор, розподілювач тактів, два генератори імпульсів, 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, 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 електронно обчислювальної машини, 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 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 аналого-цифрового перетворювача, який **відрізняється** тим, що в нього введено три лічильники, три регістри, три елементи І, елемент АБО, шостий тригер, компаратор, четвертий цифровий компаратор, формувач імпульсів та цифровий індикатор, причому вихід дільника частоти з'єднаний з входом шостого тригера, перший та другий виходи якого підключені, відповідно, до перших входів шостого та сьомого елементів І, виходи яких з'єднані з першими входами третього та четвертого регістрів, а другі входи разом з другим входом восьмого елемента І підключені до виходу компаратора, вхід якого з'єднаний з виходом комутатора, перший вхід восьмого елемента І підключений до виходу четвертого 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 восьмого елемента І, а вихідна цифрова шина з'єднана з 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