УКРАЇНА **(19) UA** **(11) 164560** **(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 2026 00974**
(22) Дата подання заявки: **24.02.2026**
(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: **15.10.2026**
(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію: **14.10.2026, Бюл.№ 41**

(72) Винахідник(и):
Грабко Володимир Віталійович (UA),
Грабко Валентин Володимирович (UA),
Мошноріз Микола Миколайович (UA),
Чорна Ольга Анатоліївна (UA)

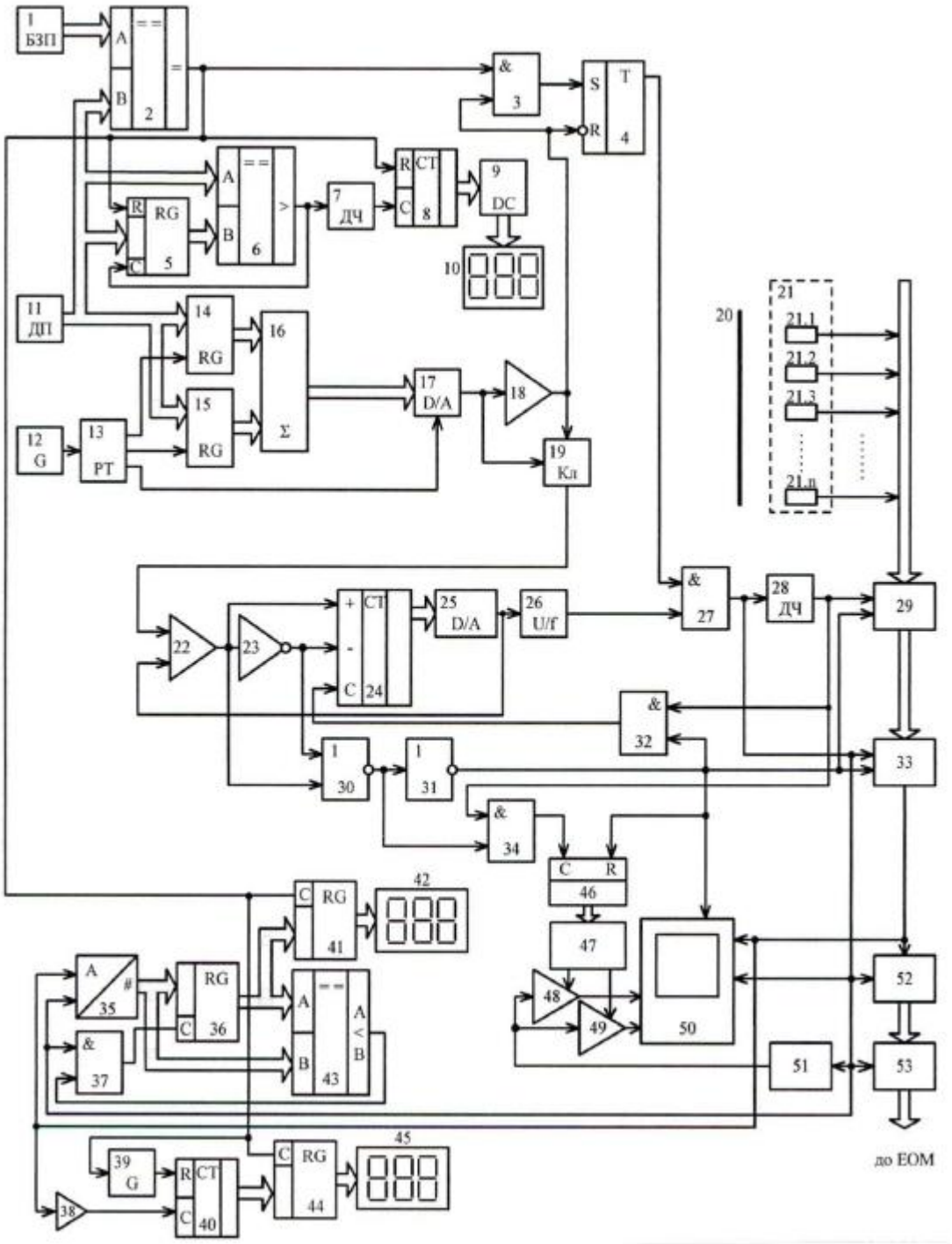
(73) Володілець (володільці):
ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ,
вул. Хмельницьке шосе, буд. 95, м. Вінниця, 21021 (UA)

(54) ПРИСТРІЙ ДЛЯ БЕЗКОНТАКТНОГО ВИМІРЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ РОТОРА ГІДРОГЕНЕРАТОРА

(57) Реферат:

Пристрій для безконтактного вимірювання температури ротора гідрогенератора містить об'єктив, інфрачервоний приймач, що містить n окремих інфрачервоних сенсорів, перетворювач напруга-частота, два цифрові компаратори, датчик положення, блок задання положення, шість регістрів, розподілювач тактів, цифровий суматор, генератор імпульсів, постійний запам'ятовуючий блок, два керовані підсилювачі, відеоконтрольний блок, генератор напруги, що змінюється ступінчасто, два аналого-цифрові перетворювачі, інтерфейсний блок, п'ять елементів І, елемент АБО-НІ, елемент НІ, два цифро-аналогові перетворювачі, три компаратори, інвертор, реверсивний лічильник, електронний ключ, тригер, два лічильники, перший дільник частоти, буферний регістр, комутатор, формувач сигналу та два цифрові індикатори. Додатково введено третій цифровий компаратор, другий дільник частоти, третій лічильник, дешифратор та індикатор, причому вихідна цифрова шина датчика положення з'єднана з першою вхідною цифровою шиною третього цифрового компаратора та зі вхідною цифровою шиною третього регістра, вихідна цифрова шина якого підключена до другої вхідної цифрової шини третього цифрового компаратора, вихід якого з'єднаний з другим входом третього регістра та зі входом другого дільника частоти, вихід якого підключений до другого входу третього лічильника, перший вхід якого разом з першим входом третього регістра з'єднані з виходом першого цифрового компаратора, вихідна цифрова шина третього лічильника підключена до вхідної цифрової шини дешифратора, вихідна цифрова шина якого з'єднана зі вхідною цифровою шиною індикатора, вихідна цифрова шина суматора підключена до вхідної цифрової шини другого цифро-аналогового перетворювача, вхід якого з'єднаний з третім виходом розподілювача тактів.

UA 164560 U


1
БЗП
A
B
2
&
3
S
R
T
4
A
B
6
R
C
RG
5
7
ДЧ
R
C
CT
8
9
DC
10
11
ДП
14
RG
15
RG
16
Σ
17
D/A
18
19
Кл
12
G
13
PT
20
21
21.1
21.2
21.3
21.n
22
23
+
-
C
CT
24
25
D/A
26
U/f
&
27
28
ДЧ
29
&
32
1
30
1
31
33
&
34
C
R
46
47
48
49
50
51
52
53
до ЕОМ
C
RG
41
42
A
35
#
RG
C
36
&
37
A
B
43
A
<
B
39
G
R
C
CT
40
38
C
RG
44
45

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

Відомий пристрій для безконтактного вимірювання температури ротора гідрогенератора [Патент України № 68779, М. кл. G01K 13/08, бюл. № 7, 2012], що містить об'єктив, інфрачервоний приймач, що містить n окремих інфрачервоних (ІЧ) сенсорів, перетворювач напруга-частота, виходи n окремих ІЧ сенсорів, з'єднані з вхідною шиною буферного регістра, вихідна шина якого підключена до вхідної шини комутатора, вихід якого з'єднаний з першими входами відеоконтрольного блока (ВКБ) та аналого-цифрового перетворювача (АЦП), вихідна шина якого підключена до вхідної шини інтерфейсного блока, вихідна шина якого з'єднана з колами ЕОМ, вихід першого компаратора підключений до перших входів реверсивного лічильника, елемента АБО-НІ та до входу інвертора, вихід якого з'єднаний з другими входами реверсивного лічильника та елемента АБО-НІ, вихід якого підключений до другого входу першого елемента І та до входу елемента НІ, вихід якого з'єднаний з другими входами буферного регістра, комутатора, ВКБ, другого елемента І та лічильника, вихідна шина якого з'єднана з вхідною шиною постійного запам'ятовуючого блока (ПЗБ), перший і другий виходи якого підключені, відповідно, до других входів першого і другого керуючих підсилювачів, перші входи яких з'єднані з виходом генератора напруги, що змінюється ступінчасто, а виходи підключені, відповідно, до третього і четвертого входів ВКБ, вихід дільника частоти з'єднаний з першими входами буферного регістра, першого елемента І та другого елемента І, вихід якого підключений до третього входу реверсивного лічильника, вихідна шина якого з'єднана з вхідною шиною першого цифро-аналогового перетворювача (ЦАП), вихід першого елемента І підключений до першого входу лічильника, вихідна цифрова шина блока задання положення з'єднана з першою вхідною цифровою шиною цифрового компаратора, друга вхідна цифрова шина якого разом з вхідними цифровими шинами першого та другого регістрів підключені до вихідної цифрової шини датчика положення, вихід цифрового компаратора з'єднаний з першим входом третього елемента І, другий вхід якого разом з другими входами тригера та електронного ключа підключені до виходу другого компаратора, вхід якого разом з першим входом електронного ключа з'єднані з виходом другого ЦАП, вихід генератора імпульсів підключений до входу розподілювача тактів, перший, другий та третій виходи якого з'єднані зі входами першого, другого та третього регістрів, відповідно, вихідні шини першого та другого регістрів підключені, відповідно, до першої та другої вхідних шин цифрового суматора, вихідна цифрова шина якого з'єднана зі вхідною цифровою шиною третього регістра, вихідна цифрова шина якого підключена до вхідної цифрової шини другого ЦАП, вихід електронного ключа з'єднаний з першим входом першого компаратора, другий вхід якого разом зі входом перетворювача напруга-частота підключені до виходу першого ЦАП, вихід тригера з'єднаний з першим входом четвертого елемента І, другий вхід якого підключений до виходу перетворювача напруга-частота, а вихід з'єднаний зі входами дільника частоти, генератора напруги, що змінюється ступінчасто, інтерфейсного блока, з першим входом комутатора, з другим входом АЦП та з п'ятим входом ВКБ.

Головним недоліком даного пристрою є те, що він не дозволяє визначати положення ротора гідрогенератора в процесі його роботи, оскільки гідрогенератор є специфічною електричною машиною закритого виконання, що ускладнює оперативний пошук місця прогнозованого перегріву або пошкодження ізоляції, виявленого тепловізійним методом.

Найближчим аналогом до корисної моделі є пристрій для безконтактного вимірювання температури ротора гідрогенератора [Патент України № 127574, М. кл. G01K 13/08, бюл. № 15, 2018], що містить об'єктив, інфрачервоний приймач, що містить n окремих ІЧ сенсорів, перетворювач напруга-частота, два цифрові компаратори, датчик положення, блок задання положення, шість регістрів, розподілювач тактів, цифровий суматор, генератор імпульсів, постійний запам'ятовуючий блок, два керовані підсилювачі, відеоконтрольний блок, генератор напруги, що змінюється ступінчасто, два аналого-цифрові перетворювачі, інтерфейсний блок, п'ять елементів І, елемент АБО-НІ, елемент НІ, два цифро-аналогові перетворювачі, три компаратори, інвертор, реверсивний лічильник, електронний ключ, тригер, два лічильники, дільник частоти (в подальшому - перший дільник частоти), буферний регістр, комутатор, формувач сигналу та два цифрові індикатори, причому виходи n окремих ІЧ сенсорів з'єднані з вхідною шиною буферного регістра, вихідна шина якого підключена до вхідної шини комутатора, вихід якого з'єднаний з першим входом першого АЦП, вихід першого компаратора підключений до перших входів реверсивного лічильника, елемента АБО-НІ та до входу інвертора, вихід якого з'єднаний з другими входами реверсивного лічильника та елемента АБО-НІ, вихід якого підключений до другого входу першого елемента І та до входу елемента НІ, вихід якого з'єднаний з другими входами буферного регістра, комутатора, ВКБ, другого елемента І та

першого лічильника, вихідна шина якого з'єднана з вхідною шиною ПЗБ, перший і другий виходи якого підключені, відповідно, до других входів першого і другого керованих підсилювачів, перші входи яких з'єднані з виходом генератора напруги, що змінюється ступінчасто, а виходи підключені, відповідно, до третього і четвертого входів ВКБ, вихід першого дільника частоти з'єднаний з першими входами буферного регістра, першого елемента І та другого елемента І, вихід якого підключений до третього входу реверсивного лічильника, вихідна шина якого з'єднана з вхідною шиною першого ЦАП, вихід першого елемента І підключений до першого входу першого лічильника, 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 третього елемента І, вихід якого підключений до першого входу тригера, а другий вхід якого разом з другими входами тригера та електронного ключа підключені до виходу другого компаратора, вхід якого разом з першим входом електронного ключа з'єднані з виходом другого ЦАП, вихід генератора імпульсів підключений до входу розподілювача тактів, перший, другий та третій виходи якого з'єднані зі входами першого, другого та третього регістрів, відповідно, вихідні цифрові шини першого та другого регістрів підключені, відповідно, до першої та другої вхідних шин цифрового суматора, вихідна цифрова шина якого з'єднана зі вхідною цифровою шиною третього регістра, вихідна цифрова шина якого підключена до вхідної цифрової шини другого ЦАП, вихід електронного ключа з'єднаний з першим входом першого компаратора, другий вхід якого разом зі входом перетворювача напруга-частота підключені до виходу першого ЦАП, вихід тригера з'єднаний з першим входом четвертого елемента І, другий вхід якого підключений до виходу перетворювача напруга-частота, а вихід з'єднаний зі входами першого дільника частоти, генератора напруги, що змінюється ступінчасто, з входом інтерфейсного блока, з першим входом комутатора, з другим входом першого АЦП та з п'ятим входом ВКБ, вихід комутатора підключений до першого входу ВКБ, вихідна цифрова шина першого АЦП з'єднана з вхідною цифровою шиною інтерфейсного блока, вихідна цифрова шина якого підключена в кола ЕОМ, вихідна цифрова шина другого АЦП з'єднана з вхідною цифровою шиною четвертого регістра, вихідна цифрова шина якого підключена до вхідної цифрової шини п'ятого регістра та до першої вхідної цифрової шини другого цифрового компаратора, друга вхідна цифрова шина якого з'єднана з вихідною цифровою шиною другого АЦП, а вихід підключений до другого входу п'ятого елемента І, перший вхід якого разом з другим входом другого АЦП з'єднані з виходом четвертого елемента І, а вихід підключений до входу четвертого регістра, вихід комутатора з'єднаний з першим входом другого АЦП та зі входом третього компаратора, вихід якого підключений до першого входу другого лічильника, вихідна цифрова шина якого з'єднана з вхідною цифровою шиною шостого регістра, а другий вхід підключений до виходу формувача сигналу, вхід якого разом зі входами п'ятого та шостого регістрів з'єднані з виходом першого цифрового компаратора, вихідні цифрові шини п'ятого та шостого регістрів підключені, відповідно, до вхідних цифрових шин першого та другого цифрових індикаторів.

Головним недоліком даного пристрою є те, що він не дозволяє під час вимірювання теплового портрета ротора гідрогенератора в процесі його роботи визначати положення ротора гідрогенератора із-за відсутності можливості доступу до його обертових частин, що ускладнює оперативний пошук місця прогнозованого перегріву або пошкодження ізоляції, внаслідок чого збільшується час діагностування ротора гідрогенератора та звужуються функціональні можливості пристрою.

В основу корисної моделі поставлено задачу створення пристрою для безконтактного вимірювання температури ротора гідрогенератора, в якому за рахунок введення нових блоків та зв'язків між ними з'являється можливість на працюючому гідрогенераторі під час вимірювання теплового портрета ротора гідрогенератора визначати положення його ротора, що дозволяє оперативно визначати місця прогнозованого перегріву або пошкодження ізоляції, внаслідок чого зменшується час діагностування ротора гідрогенератора, а, отже, розширюються функціональні можливості пристрою.

Поставлена задача вирішується тим, що в пристрій для безконтактного вимірювання температури ротора гідрогенератора, що містить об'єктив, інфрачервоний приймач, що містить n окремих ІЧ сенсорів, перетворювач напруга-частота, два цифрові компаратори, датчик положення, блок задання положення, шість регістрів, розподілювач тактів, цифровий суматор, генератор імпульсів, постійний запам'ятовуючий блок, два керовані підсилювачі, відеоконтрольний блок, генератор напруги, що змінюється ступінчасто, два аналого-цифрові перетворювачі, інтерфейсний блок, п'ять елементів І, елемент АБО-НІ, елемент НІ, два цифро-

аналогові перетворювачі, три компаратори, інвертор, реверсивний лічильник, електронний ключ, тригер, два лічильники, перший дільник частоти, буферний регістр, комутатор, формувач сигналу та два цифрові індикатори, причому - виходи n окремих ІЧ сенсорів з'єднані з вхідною шиною буферного регістра, вихідна шина якого підключена до вхідної шини комутатора, вихід якого з'єднаний з першим входом першого АЦП, вихід першого компаратора підключений до перших входів реверсивного лічильника, елемента АБО-НІ та до входу інвертора, вихід якого з'єднаний з другими входами реверсивного лічильника та елемента АБО-НІ, вихід якого підключений до другого входу першого елемента І та до входу елемента НІ, вихід якого з'єднаний з другими входами буферного регістра, комутатора, ВКБ, другого елемента І та першого лічильника, вихідна шина якого з'єднана з вхідною шиною ПЗБ, перший і другий виходи якого підключені, відповідно, до других входів першого і другого керованих підсилювачів, перші входи яких з'єднані з виходом генератора напруги, що змінюється ступінчасто, а виходи підключені, відповідно, до третього і четвертого входів ВКБ, вихід першого дільника частоти з'єднаний з першими входами буферного регістра, першого елемента І та другого елемента І, вихід якого підключений до третього входу реверсивного лічильника, вихідна шина якого з'єднана з вхідною шиною першого ЦАП, вихід першого елемента І підключений до першого входу першого лічильника, 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 третього елемента І, вихід якого підключений до першого входу тригера, а другий вхід якого разом з другими входами тригера та електронного ключа підключені до виходу другого компаратора, вхід якого разом з першим входом електронного ключа з'єднані з виходом другого ЦАП, вихід генератора імпульсів підключений до входу розподілювача тактів, перший та другий виходи якого з'єднані зі входами першого та другого регістрів, відповідно, вихідні цифрові шини першого та другого регістрів підключені, відповідно, до першої та другої вхідних шин цифрового суматора, вихід електронного ключа з'єднаний з першим входом першого компаратора, другий вхід якого разом зі входом перетворювача напруга-частота підключені до виходу першого ЦАП, вихід тригера з'єднаний з першим входом четвертого елемента І, другий вхід якого підключений до виходу перетворювача напруга-частота, а вихід з'єднаний зі входами першого дільника частоти, генератора напруги, що змінюється ступінчасто, з входом інтерфейсного блока, з першим входом комутатора, з другим входом першого АЦП та з п'ятим входом ВКБ, вихід комутатора підключений до першого входу ВКБ, вихідна цифрова шина першого АЦП з'єднана з вхідною цифровою шиною інтерфейсного блока, вихідна цифрова шина якого підключена в кола ЕОМ, вихідна цифрова шина другого АЦП з'єднана з вхідною цифровою шиною четвертого регістра, вихідна цифрова шина якого підключена до вхідної цифрової шини п'ятого регістра та до першої вхідної цифрової шини другого цифрового компаратора, друга вхідна цифрова шина якого з'єднана з вихідною цифровою шиною другого АЦП, а вихід підключений до другого входу п'ятого елемента І, перший вхід якого разом з другим входом другого АЦП з'єднані з виходом четвертого елемента І, а вихід підключений до входу четвертого регістра, вихід комутатора з'єднаний з першим входом другого АЦП та зі входом третього компаратора, вихід якого підключений до першого входу другого лічильника, вихідна цифрова шина якого з'єднана з вхідною цифровою шиною шостого регістра, а другий вхід підключений до виходу формувача сигналу, вхід якого разом зі входами п'ятого та шостого регістрів з'єднані з виходом першого цифрового компаратора, вихідні цифрові шини п'ятого та шостого регістрів підключені, відповідно, до вхідних цифрових шин першого та другого цифрових індикаторів, введено третій цифровий компаратор, другий дільник частоти, третій лічильник, дешифратор та індикатор, причому вихідна цифрова шина датчика положення з'єднана з першою вхідною цифровою шиною третього цифрового компаратора та зі вхідною цифровою шиною третього регістра, вихідна цифрова шина якого підключена до другої вхідної цифрової шини третього цифрового компаратора, вихід якого з'єднаний з другим входом третього регістра та зі входом другого дільника частоти, вихід якого підключений до другого входу третього лічильника, перший вхід якого разом з першим входом третього регістра з'єднані з виходом першого цифрового компаратора, вихідна цифрова шина третього лічильника підключена до вхідної цифрової шини дешифратора, вихідна цифрова шина якого з'єднана зі вхідною цифровою шиною індикатора, вихідна цифрова шина суматора підключена до вхідної цифрової шини другого ЦАП, вхід якого з'єднаний з третім виходом розподілювача тактів.

Пристрій для безконтактного вимірювання температури ротора гідрогенератора пояснюється кресленням, на якому зображена його структурна схема.

На схемі: 1 - блок задання положення; 2 - перший цифровий компаратор; 3 - третій елемент І; 4 - тригер; 5 - третій регістр; 6 - третій цифровий компаратор; 7 - другий дільник частоти; 8 - третій лічильник; 9 - дешифратор; 10 - індикатор; 11 - датчик положення; 12 - генератор імпульсів; 13 - розподілювач тактів; 14, 15 - перший та другий регістри; 16 - цифровий суматор; 17 - другий, цифро-аналоговий перетворювач; 18 - другий компаратор; 19 - електронний ключ; 20 - об'єктив; 21 - інфрачервоний приймач, що містить n окремих інфрачервоних сенсорів 21.1…21.n; 22 - перший компаратор; 23 - інвертор; 24 - реверсивний лічильник; 25 - перший цифро-аналоговий перетворювач; 26 - перетворювач напруга-частота; 27 - четвертий елемент І; 28 - перший дільник частоти; 29 - буферний регістр; 30 - елемент АБО- НІ; 31 - елемент НІ; 32 - другий елемент І; 33 - комутатор; 34 - перший елемент І; 35 - другий аналогово-цифровий перетворювач; 36 - четвертий регістр; 37 - п'ятий елемент І; 38 - третій компаратор; 39 - формувач сигналу; 40 - другий лічильник; 41 - п'ятий регістр; 42 - перший цифровий індикатор; 43 - другий цифровий компаратор; 44 - шостий регістр; 45 - другий цифровий індикатор; 46 - перший лічильник; 47 - постійний запам'ятовуючий блок; 48, 49 - перший та другий керовані підсилювачі; 50 - відеоконтрольний блок; 51 - генератор напруги, що змінюється ступінчасто; 52 - перший аналого-цифровий перетворювач; 53 - інтерфейсний блок, причому виходи n окремих ІЧ сенсорів 21.1…21.n з'єднані з вхідною шиною буферного регістра 29, вихідна шина якого підключена до вхідної шини комутатора 33, вихід якого з'єднаний з першим входом першого АЦП 52, вихід першого компаратора 22 підключений до перших входів реверсивного лічильника 24, елемента АБО-НІ 30 та до входу інвертора 23, вихід якого з'єднаний з другими входами реверсивного лічильника 24 та елемента АБО-НІ 30, вихід якого підключений до другого входу першого елемента І 34 та до входу елемента НІ 31, вихід якого з'єднаний з другими входами буферного регістра 29, комутатора 33, ВКБ 50, другого елемента І 32 та першого лічильника 46, вихідна шина якого з'єднана з вхідною шиною ПЗБ 47, перший і другий виходи якого підключені, відповідно, до других входів першого 48 і другого 49 керованих підсилювачів, перші входи яких з'єднані з виходом генератора напруги, що змінюється ступінчасто, 51, а виходи підключені, відповідно, до третього і четвертого входів ВКБ 50, вихід першого дільника частоти 28 з'єднаний з першими входами буферного регістра 29, першого елемента І 34 та другого елемента І 32, вихід якого підключений до третього входу реверсивного лічильника 24, вихідна шина якого з'єднана з вхідною шиною першого ЦАП 25, вихід першого елемента І 34 підключений до першого входу першого лічильника 46, вихідна цифрова шина блока задання положення 1 з'єднана з першою вхідною цифровою шиною першого цифрового компаратора 2, друга вхідна цифрова шина якого разом з вхідними цифровими шинами першого 14 та другого 15 регістрів підключені до вихідної цифрової шини датчика положення 11, вихід першого цифрового компаратора 2 з'єднаний з першим входом третього елемента І 3, вихід якого підключений до першого входу тригера 4, а другий вхід якого разом з другими входами тригера 4 та електронного ключа 19 підключені до виходу другого компаратора 18, вхід якого разом з першим входом електронного ключа 19 з'єднані з виходом другого ЦАП 17, вихід генератора імпульсів 12 підключений до входу розподілювача тактів 13, перший та другий виходи якого з'єднані зі входами першого 14 та другого 15 регістрів, відповідно, вихідні цифрові шини першого 14 та другого 15 регістрів підключені, відповідно, до першої та другої вхідних шин цифрового суматора 16, вихід електронного ключа 19 з'єднаний з першим входом першого компаратора 22, другий вхід якого, разом зі входом перетворювача напруга-частота 26, підключені до виходу першого ЦАП 25, вихід тригера 4 з'єднаний з першим входом четвертого елемента І 27, другий вхід якого підключений до виходу перетворювача напруга-частота 26, а вихід з'єднаний зі входами першого дільника частоти 28,. генератора напруги, що змінюється ступінчасто, 51, з входом інтерфейсного блока 53, з першим входом комутатора 33, з другим входом першого АЦП 52 та з п'ятим входом ВКБ 50, вихід комутатора 33 підключений до першого входу ВКБ 50, вихідна цифрова шина першого АЦП 52 з'єднана з вхідною цифровою шиною інтерфейсного блока 53, вихідна цифрова шина якого підключена в кола ЕОМ вихідна цифрова шина другого АЦП 35 з'єднана з вхідною цифровою шиною четвертого регістра 36, вихідна цифрова шина якого підключена до вхідної цифрової шини п'ятого регістра 41 та до першої вхідної цифрової шини другого цифрового компаратора 43, друга вхідна цифрова шина якого з'єднана з вихідною цифровою шиною другого АЦП 35, а вихід підключений до другого входу п'ятого елемента І 37, перший вхід якого разом з другим входом другого АЦП 35 з'єднані з виходом четвертого елемента І 27, а вихід підключений до входу четвертого регістра 36, вихід комутатора 33 з'єднаний з першим входом другого АЦП 35 та зі входом третього компаратора 38, вихід якого підключений до першого входу другого лічильника 40, вихідна цифрова шина якого з'єднана з вхідною цифровою шиною шостого регістра 44, а другий вхід підключений до виходу формувача сигналу 39, вхід якого разом зі входами п'ятого 41 та шостого 44 регістрів

з'єднані з виходом першого цифрового компаратора 2, вихідні цифрові шини п'ятого 41 та шостого 44 регістрів підключені, відповідно, до вхідних цифрових шин першого 42 та другого 45 цифрових індикаторів, вихідна цифрова шина датчика положення 11 з'єднана з першою вхідною цифровою шиною третього цифрового компаратора 6 та зі вхідною цифровою шиною третього регістра 5, вихідна цифрова шина якого підключена до другої вхідної цифрової шини третього цифрового компаратора 6, вихід якого з'єднаний з другим входом третього регістра 5 та зі входом другого дільника частоти 7, вихід якого підключений до другого входу третього лічильника 8, перший вхід якого разом з першим входом третього регістра 5 з'єднані з виходом першого цифрового компаратора 2, вихідна цифрова шина третього лічильника 8 підключена до вхідної цифрової шини дешифратора 9, вихідна цифрова шина якого з'єднана зі вхідною цифровою шиною індикатора 10, вихідна цифрова шина цифрового суматора 16 підключена до вхідної цифрової шини другого ЦАП 17, вхід якого з'єднаний з третім виходом розподілювача тактів 13, позицією 20 позначено об'єктив.

Запропонований пристрій працює так. При подачі напруги живлення генератор імпульсів 12 починає формувати послідовність імпульсів. Потік інфрачервоного випромінювання, який створюється поверхнею ротора гідрогенератора, що знаходиться на деякій відстані від оптичної системи пристрою, потрапляє через об'єктив 20 на лінійку n окремих ІЧ сенсорів 21.1-21. n ІЧ приймача 21, розташованих вздовж радіуса ротора. Очевидно, що при обертанні ротора гідрогенератора в кожен момент часу в поле зору 14 приймача 21 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 обертається з малою швидкістю, то на екран ВКБ 50 теплове зображення поверхні ротора не виводиться. Це обумовлено наступним. Під впливом сигналів генератора імпульсів 12 почергово на виходах розподілювача тактів 13 формуються імпульси. Сигналом з першого виходу розподілювача тактів 13 в перший регістр 14 записується код з виходу датчика положення 11. В другий регістр 15 сигналом з другого виходу розподілювача тактів 13 записується інший код з виходу датчика положення 11. Різниця зазначених кодів за одиницю часу, що забезпечується генератором імпульсів 12, являє собою швидкість обертання ротора гідрогенератора, що і визначається в цифровому суматорі 16 та фіксується у другому ЦАП 17 сигналом з третього виходу розподілювача тактів 13. Зазначимо, що другий ЦАП 17 здійснює перетворення значення швидкості обертання ротора гідрогенератора з цифрової форми в аналогову. Якщо значення швидкості менше порогу, заданого другим компаратором 18, то пристрій знаходиться в стані очікування і тепловий портрет ротора не фіксується. Якщо ж швидкість обертання ротора гідрогенератора перевищує поріг спрацьовування другого компаратора 18, то на його виході встановлюється сигнал логічної одиниці, яким розблоковується тригер 4 та відкривається третій елемент І 3 і електронний ключ 19.

В момент обертання ротора, коли він знаходиться в умовному початковому положенні, коди з виходу датчика положення 11 та з виходу блока задання положення 1 співпадають, на виході першого цифрового компаратора 2 з'являється сигнал логічної одиниці, яким через третій елемент І 3 встановлюється в одиничний стан тригер 4. Внаслідок цього імпульси з виходу перетворювача напруга-частота 26 через четвертий елемент І 27 починають надходити в блоки, за допомогою яких формується тепловий портрет на екрані ВКБ 50.

Частота сигналу формування теплового портрета об'єкта залежно від швидкості його обертання визначається наступним чином. З виходу електронного ключа 19 сигнал надходить на перший вхід першого компаратора 22, на другий вхід якого надходить сигнал з виходу першого ЦАП 25, який відповідає цифровому коду на виході реверсивного лічильника 24. Якщо сигнал на першому вході першого компаратора 22 більший, то на його виході з'являється сигнал логічної одиниці, який надходить на перший вхід реверсивного лічильника 24. На другому його вході присутній сигнал логічного нуля, оскільки сигнал логічної одиниці з виходу першого компаратора 22 проходить через інвертор 23. При цьому сигнали логічного нуля та одиниці з виходів, відповідно, інвертора 23 та першого компаратора 22 надходять на другий і перший входи елемента АБО-НІ 30, на виході якого з'являється сигнал логічного нуля. Сигнал логічного нуля з виходу елемента АБО-НІ 30 через елемент НІ 31 у вигляді сигналу логічної одиниці надходить на другий вхід другого елемента І 32, на перший вхід якого надходять імпульси з виходу першого дільника частоти 28, оскільки на вхід останнього через відкритий четвертий елемент І 27 надходять імпульси з виходу перетворювача напруга-частота 26. При цьому на виході другого елемента І 32 формуються імпульси, які надходять на третій вхід реверсивного лічильника 24, цифровий код на виході якого починає збільшуватись. Зростає також і напруга на виході першого ЦАП 25 до тих пір, доки сигнали на входах першого компаратора 22 не

зрівняються. Одночасно зростає також і напруга на вході перетворювача напруга-частота 26, що призводить до зростання частоти імпульсів, що формуються на його виході.

В момент зрівняння сигналів на входах першого компаратора 22 на його виході встановлюється нульовий сигнал. При цьому на виході елемента АБО-НІ 30 з'являється сигнал логічної одиниці (на виході інвертора 23 присутній також нульовий сигнал), який відкриває перший елемент І 34, а через елемент НІ 31 закриває другий елемент І 32 та розблоковує роботу першого лічильника 46, буферного регістра 29, комутатора 33 та ВКБ 50. Подача імпульсів в реверсивний лічильник 24 припиняється, а код, що записаний в ньому, забезпечує коректну роботу блоків щодо виведення теплового зображення ротора гідрогенератора при відповідній швидкості його обертання.

Залежно від кутової швидкості обертання ω ротора гідрогенератора вибрана частота формування імпульсів f_1 перетворювача напруга-частота 26, 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 ІЧ приймача 21, n - коефіцієнт ділення першого дільника частоти 28, що відповідає кількості окремих ІЧ сенсорів ІЧ приймача 21. Отже, з частотою f_1/n, при поточній швидкості обертання ротора, на виході дільника частоти 28 з'являються імпульси, якими фіксуються у буферному регістрі 29 на час $\Delta T = n/f_1$ електричні сигнали в аналоговому вигляді з виходів п окремих ІЧ сенсорів ІЧ приймача 21. Амплітуди цих сигналів пропорційні температурі елементарних ділянок поверхні об'єкта (кількість таких ділянок $N = n \cdot m$). Комутатором 33 здійснюється зчитування інформації з буферного регістра 29 з наступним її перетворенням із паралельного виду представлення в послідовний. Сформований таким чином сигнал з виходу комутатора 33 потрапляє на вхід ВКБ 50 і на вхід першого АЦП 52, в якому він перетворюється в цифрову форму і передається через інтерфейсний блок 53 в ЕОМ.

Генератор напруги, що змінюється ступінчасто, 51, перший 48 та другий 49 керовані підсилювачі і ПЗБ 47 призначені для формування сигналів розгортки ВКБ 50. Сигнал частотою f_1, що поступає на вхід генератора напруги, що змінюється ступінчасто, 51, на виході приймає ступінчасту форму (містить п складових) і подається на входи першого 48 і другого 49 керованих підсилювачів, коефіцієнт підсилення яких задається вихідними сигналами ПЗБ 47. При цьому коефіцієнти підсилення першого 48 та другого 49 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_j - радіус, φ_j - кут координати елементарної ділянки поверхні ротора в полярній системі координат, що обумовлено сигналами з датчика положення 11. При цьому $i = \overline{0,n}$, $j = \overline{0,m}$.

На вхід ПЗБ 47 сигнали надходять з першого лічильника 46, коефіцієнт перерахунку якого дорівнює т. В результаті на екрані ВКБ 50 при наявності одного інформаційного сигналу, двох сигналів розгортки та сигналу синхронізації (з виходу перетворювача напруга-частота 26) формується зображення, що відповідає тепловому портрету ротора гідрогенератора.

Визначення найбільш нагрітої точки обмотки ротора гідрогенератора в процесі його роботи відбувається наступним чином. Послідовність сигналів з виходу комутатора 33 потрапляє на перший вхід другого АЦП 35, в якому по сигналу з перетворювача напруга-частота 26 через четвертий елемент І 27 здійснюється їх перетворення в цифровий код. По закінченню першого перетворення в другому цифровому компараторі 43 здійснюється порівняння цифрового коду з виходу другого АЦП 35 та нульового коду, записаного в четвертому регістрі 36. При цьому на виході другого цифрового компаратора 43 з'являється сигнал логічної одиниці, яким відкривається п'ятий елемент І 37 і по сигналу з виходу четвертого елемента І 27 цифровий код з виходу другого АЦП 35 записується в четвертий регістр 36. При черговому циклі аналого-цифрового перетворення на виході другого АЦП 35 з'являється цифровий код, який порівнюється з кодом, записаним в четвертому регістрі 36. І якщо цифровий код на виході другого АЦП 35 перевищує код, записаний в четвертому регістрі 36, то відбувається перезапис коду в четвертий регістр 36. Таким чином в процесі аналого-цифрового перетворення сигналів, що відповідають температурі різних точок обмотки ротора гідрогенератора, в четвертому регістрі 36 зберігається код, що відповідає найвищій температурі обмотки ротора. По завершенні повного оберту ротора гідрогенератора на виході першого цифрового компаратора 2 з'являється імпульс, яким інформація з четвертого регістра 36 переписується в п'ятий регістр 41 та виводиться на перший цифровий індикатор 42.

Розмір області підвищеної температури обмотки ротора здійснюється так. Інформаційний сигнал з комутатора 33, що надходить на вхід третього компаратора 38, залежно від значення вимірюваної температури, на його виході перетворюється в логічний сигнал нуля або одиниці та у вигляді імпульсів подається на вхід другого лічильника 40, яким підраховується кількість точок теплового портрета ротора гідрогенератора, температура яких перевищує значення, що визначається порогом спрацьовування третього компаратора 38. По завершенню сканування

всіх точок теплового портрета обмотки ротора гідрогенератора на виході першого цифрового компаратора 2 з'являється імпульс, яким дані з другого лічильника 40 (кількість точок з підвищеною температурою) переносяться в шостий регістр 44 та відображаються на другому цифровому індикаторі 45. По закінченні імпульсу з виходу першого цифрового компаратора 2 на виході формувача сигналу 39 з'являється короткий імпульс, яким другий лічильник 40 обнуляється. Число, що записане в шостому регістрі 44, свідчить про розмір локальної області підвищеної температури обмотки ротора гідрогенератора, за яким оперативний персонал приймає рішення про роботоздатність гідрогенератора.

Очевидно, що згідно із запропонованим алгоритмом 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.

Якщо швидкість обертання ротора, гідрогенератора змінюється, наприклад, зменшується, то на першому вході першого компаратора 22 сигнал зменшується, на його виході встановлюється сигнал від'ємної полярності, внаслідок чого на виході інвертора 23 встановлюється сигнал логічної одиниці і реверсивний лічильник 24 починає зменшувати записаний в ньому код до моменту зрівняння сигналів на входах першого компаратора 22. В період узгодження швидкості обертання ротора гідрогенератора з частотою синхронізації пристрою виведення теплового зображення на ВКБ 50 блокується.

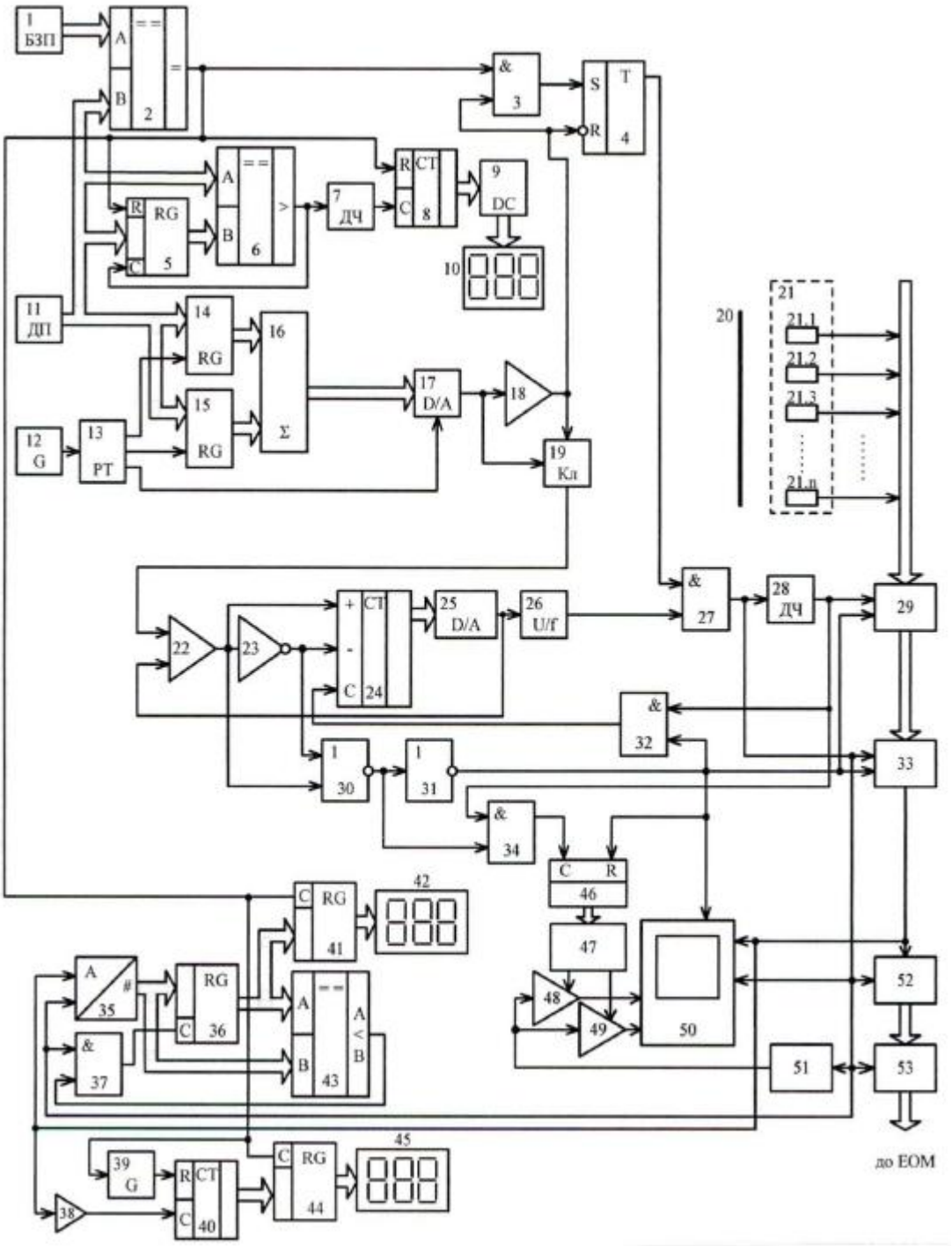
Перетворювач напруга частота 26 реалізований таким чином, що при наявності на його вході сигналу нульового значення на його виході присутні імпульси з заданою мінімальною частотою слідування.

Визначення положення ротора гідрогенератора в кожен момент часу здійснюється так. В момент появи сигналу на виході першого цифрового компаратора 2 третій регістр 5 та третій лічильник 8 обнуляються. Припустимо, що це здійснюється в момент, коли на виході датчика положення 11 з'являється нульовий код. При цьому на виході третього цифрового компаратора 6 з'являється сигнал логічного нуля. Через деякий час при поверненні ротора на певний кут на виході датчика положення 11 з'являється код, відмінний від нуля, внаслідок чого на виході третього цифрового компаратора 6 з'являється сигнал логічної одиниці, яким код з виходу датчика положення 11 записується в третій регістр 5. В результаті на виході третього цифрового компаратора 6 знову з'являється сигнал логічного нуля. При черговій зміні цифрового коду на виході датчика положення 11 на виході третього цифрового компаратора 6 знову з'являється сигнал логічної одиниці. Таким чином, сформована послідовність імпульсів подається на вхід другого дільника частоти 7, коефіцієнт ділення якого дорівнює т. При цьому на виході третього лічильника 8 формується послідовність кодів, зміна яких здійснюється при зміщенні ротора гідрогенератора на один полюс. Ці коди подаються через дешифратор 9 в індикатор 10, за допомогою якого можна відслідковувати в кожен момент часу, в якому положенні знаходиться ротор гідрогенератора.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Пристрій для безконтактного вимірювання температури ротора гідрогенератора, що містить об'єктив, інфрачервоний приймач, що містить n окремих інфрачервоних сенсорів, перетворювач напруга-частота, два цифрові компаратори, датчик положення, блок задання положення, шість регістрів, розподілювач тактів, цифровий суматор, генератор імпульсів, постійний запам'ятовуючий блок, два керовані підсилювачі, відеоконтрольний блок, генератор напруги, що змінюється ступінчасто, два аналого-цифрові перетворювачі, інтерфейсний блок, п'ять елементів І, елемент АБО-НІ, елемент НІ, два цифро-аналогові перетворювачі, три компаратори, інвертор, реверсивний лічильник, електронний ключ, тригер, два лічильники, перший дільник частоти, буферний регістр, комутатор, формувач сигналу та два цифрові індикатори, причому виходи n окремих інфрачервоних сенсорів з'єднані з вхідною шиною буферного регістра, вихідна шина якого підключена до вхідної шини комутатора, вихід якого з'єднаний з першим входом першого аналого-цифрового перетворювача, вихід першого компаратора підключений до перших входів реверсивного лічильника, елемента АБО-НІ та до входу інвертора, вихід якого з'єднаний з другими входами реверсивного лічильника та елемента АБО-НІ, вихід якого підключений до другого входу першого елемента І та до входу елемента НІ, вихід якого з'єднаний з другими входами буферного регістра, комутатора, відеоконтрольного блока, другого елемента І та першого лічильника, вихідна шина якого з'єднана з вхідною шиною постійно запам'ятовуючого блока, перший і другий виходи якого підключені, відповідно, до других входів першого і другого керованих підсилювачів, перші входи яких з'єднані з виходом

генератора напруги, що змінюється ступінчасто, а виходи підключені, відповідно, до третього і четвертого входів відеоконтрольного блока, вихід першого дільника частоти з'єднаний з першими входами буферного регістра, першого елемента І та другого елемента І, вихід якого підключений до третього входу реверсивного лічильника, вихідна шина якого з'єднана з вхідною шиною першого цифро-аналогового перетворювача, вихід першого елемента І підключений до першого входу першого лічильника, 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 третього елемента І, вихід якого підключений до першого входу тригера, а другий вхід якого разом з другими входами тригера та електронного ключа підключені до виходу другого компаратора, вхід якого разом з першим входом електронного ключа з'єднані з виходом другого цифро-аналогового перетворювача, вихід генератора імпульсів підключений до входу розподілювача тактів, перший та другий виходи якого з'єднані зі входами першого та другого регістрів, відповідно, вихідні цифрові шини першого та другого регістрів підключені, відповідно, до першої та другої вхідних шин цифрового суматора, вихід електронного ключа з'єднаний з першим входом першого компаратора, другий вхід якого разом зі входом перетворювача напруга-частота підключені до виходу першого цифро-аналогового перетворювача, вихід тригера з'єднаний з першим входом четвертого елемента І, другий вхід якого підключений до виходу перетворювача напруга-частота, а вихід з'єднаний зі входами першого дільника частоти, генератора напруги, що змінюється ступінчасто, з входом інтерфейсного блока, з першим входом комутатора, з другим входом першого аналого-цифрового перетворювача та з п'ятим входом відеоконтрольного блока, вихід комутатора підключений до першого входу відеоконтрольного блока, вихідна цифрова шина першого аналого-цифрового перетворювача з'єднана з вхідною цифровою шиною інтерфейсного блока, вихідна цифрова шина якого підключена в кола ЕОМ, вихідна цифрова шина другого аналого-цифрового перетворювача з'єднана з вхідною цифровою шиною четвертого регістра, вихідна цифрова шина якого підключена до вхідної цифрової шини п'ятого регістра та до першої вхідної цифрової шини другого цифрового компаратора, друга вхідна цифрова шина якого з'єднана з вихідною цифровою шиною другого аналого-цифрового перетворювача, а вихід підключений до другого входу п'ятого елемента І, перший вхід якого разом з другим входом другого аналого-цифрового перетворювача з'єднані з виходом четвертого елемента І, а вихід підключений до входу четвертого регістра, вихід комутатора з'єднаний з першим входом другого аналого-цифрового перетворювача та зі входом третього компаратора, вихід якого підключений до першого входу другого лічильника, вихідна цифрова шина якого з'єднана з вхідною цифровою шиною шостого регістра, а другий вхід підключений до виходу формувача сигналу, вхід якого разом зі входами п'ятого та шостого регістрів з'єднані з виходом першого цифрового компаратора, вихідні цифрові шини п'ятого та шостого регістрів підключені, відповідно, до вхідних цифрових шин першого та другого цифрових індикаторів, який **відрізняється** тим, що в нього введено третій цифровий компаратор, другий дільник частоти, третій лічильник, дешифратор та індикатор, причому вихідна цифрова шина датчика положення з'єднана з першою вхідною цифровою шиною третього цифрового компаратора та зі вхідною цифровою шиною третього регістра, вихідна цифрова шина якого підключена до другої вхідної цифрової шини третього цифрового компаратора, вихід якого з'єднаний з другим входом третього регістра та зі входом другого дільника частоти, вихід якого підключений до другого входу третього лічильника, перший вхід якого разом з першим входом третього регістра з'єднані з виходом першого цифрового компаратора, вихідна цифрова шина третього лічильника підключена до вхідної цифрової шини дешифратора, вихідна цифрова шина якого з'єднана зі вхідною цифровою шиною індикатора, вихідна цифрова шина суматора підключена до вхідної цифрової шини другого цифро-аналогового перетворювача, вхід якого з'єднаний з третім виходом розподілювача тактів.



Комп'ютерна верстка В. Мацело

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