



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **154442** (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

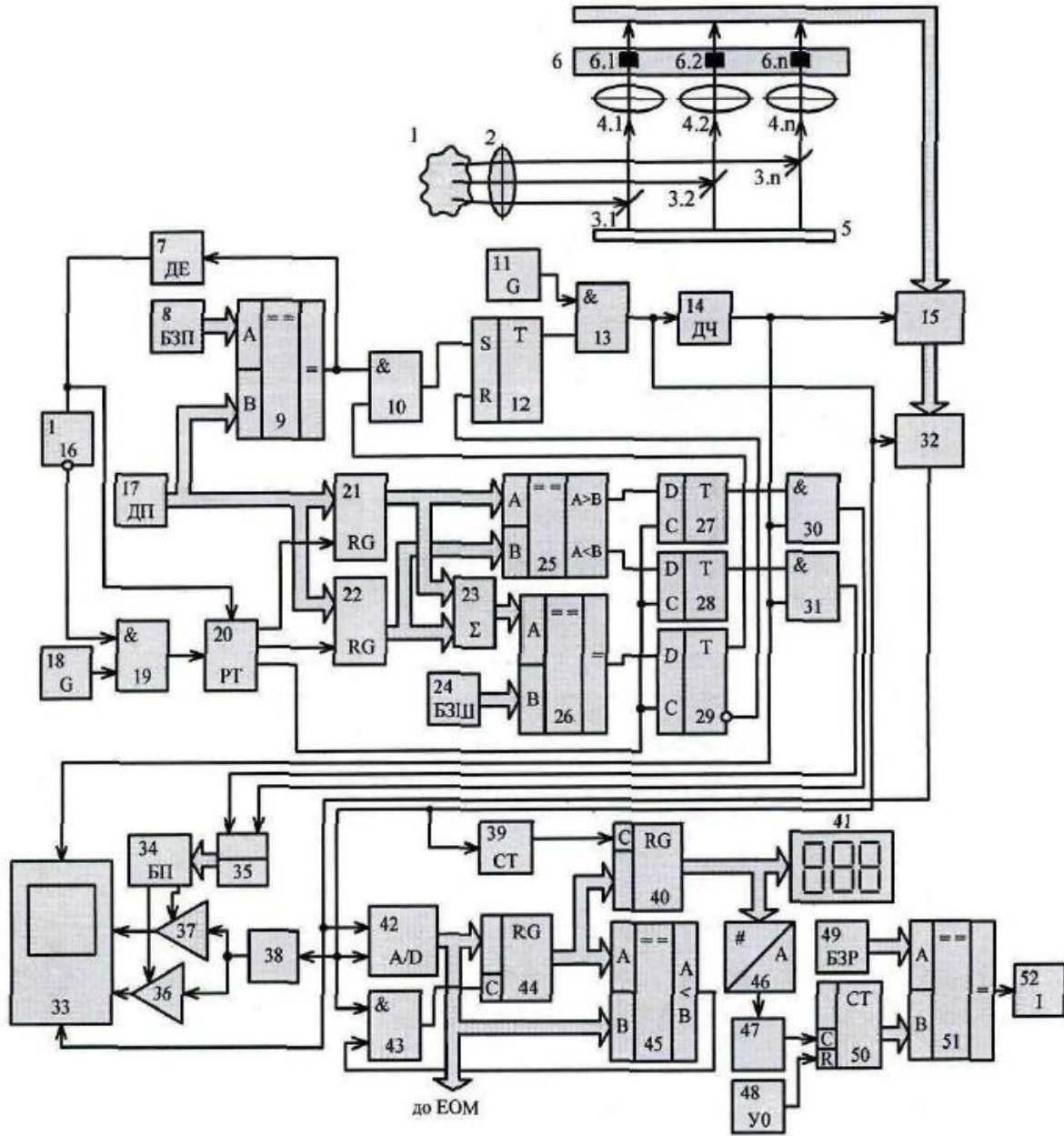
(21) Номер заявки: <b>u 2023 01640</b>	(72) Винахідник(и): <b>Грабко Володимир Віталійович (UA), Кухарчук Василь Васильович (UA), Грабко Валентин Володимирович (UA), Асаула Назарій Миколайович (UA)</b>
(22) Дата подання заявки: <b>12.04.2023</b>	
(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: <b>16.11.2023</b>	
(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію: <b>15.11.2023, Бюл.№ 46</b>	(73) Володілець (володільці): <b>ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ, вул. Хмельницьке шосе, 95, м. Вінниця, 21021 (UA)</b>

## (54) ПРИСТРІЙ ДЛЯ БЕЗКОТАКТНОГО ВИМІРЮВАННЯ РЕСУРСУ ІЗОЛЯЦІЇ РОТОРА ГІДРОГЕНЕРАТОРА

### (57) Реферат:

Пристрій для безконтактного вимірювання ресурсу ізоляції ротора гідрогенератора містить об'єктив, два генератори імпульсів, дільник частоти, п'ять елементів I, три цифрових компаратори, датчик положення, блок задання положення, розподільувач тактів, два регістри, цифровий суматор, чотири тригери, блок задання швидкості, індикатор, n дзеркал, n лінз, n окремих інфрачервоних датчиків інфрачервоного приймача, комутатор, буферний регістр, перший лічильник, два керованих підсилювачі, відеоконтрольний блок, генератор напруги, що змінюється ступінчасто, блок пам'яті, аналого-цифровий перетворювач, диференціюючий елемент та елемент HI, причому за об'єктивом закріплені n дзеркал 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 та n окремих інфрачервоних датчиків відповідно. Введено два лічильники, два регістри, два цифрових компаратори, цифровий індикатор, шостий елемент I, цифро-аналоговий перетворювач, перетворювач напруга-частота, блок установки нуля та блок задання ресурсу. Вихідна цифрова шина аналого-цифрового перетворювача з'єднана зі вхідною цифровою шиною четвертого регістра, вихідна цифрова шина якого підключена до вхідної цифрової шини третього регістра та до першої вхідної цифрової шини четвертого цифрового компаратора, друга вхідна цифрова шина якого з'єднана з вихідною цифровою шиною аналого-цифрового перетворювача. Другий вхід шостого елемента I разом зі входом другого лічильника підключені до виходу другого елемента I. Вихідна цифрова шина третього регістра з'єднана зі вхідною цифровою шиною цифрового індикатора та зі вхідною цифровою шиною цифро-аналогового перетворювача, вихід якого підключений до входу перетворювача напруга-частота, вихід якого з'єднаний з першим входом третього лічильника, другий вхід якого підключений до виходу блока установки нуля. Вихідна цифрова шина з'єднана з другою вхідною цифровою шиною п'ятого цифрового компаратора, перша вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини блока задання ресурсу, а вихід з'єднаний зі входом індикатора. Вихід четвертого цифрового компаратора підключений до першого входу шостого елемента I, вихід якого з'єднаний зі входом четвертого регістра, вихід другого лічильника підключений до входу третього регістра. Вихідна цифрова шина аналого-цифрового перетворювача з'єднана з колами ЕОМ.

UA 154442 U



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

Відомий пристрій для безконтактного вимірювання температури ротора гідрогенератора (Патент України № 80568, МПК G 01 K 13/08, бюл. № 11, 2013), що містить об'єктив, за яким п дзеркал закріплені на оптичній лінійці таким чином, що їх площини утворюють кут  $45^\circ$  з головною оптичною віссю і на одній оптичній осі з дзеркалами встановлені п лінз, вихід дільника частоти підключений до входу буферного регістра та до першого входу відеоконтрольного блока, другий та третій входи якого з'єднані з виходами першого та другого керованих підсилювачів, перші входи яких підключені до виходу генератора напруги, що змінюється ступінчасто, а другі входи з'єднані відповідно з першим та другим виходами блока пам'яті, вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини 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 п окремих інфрачервоних (14) 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 I, 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 розподільвача тактів, третій вихід якого підключений до другого виходу другого тригера, вихід другого елемента I з'єднаний з другим входом АЦП, вихід першого тригера підключений до першого виходу другого елемента I, другий вхід якого з'єднаний з виходом першого генератора імпульсів, а вихід підключений до входів дільника частоти, генератора напруги, що змінюється ступінчасто, та комутатора, вихідні цифрові шини першого та другого регістрів з'єднані відповідно з першою і другою вхідними цифровими шинами третього цифрового компаратора, перший і другий входи якого підключені відповідно до перших входів четвертого і п'ятого тригерів, другі входи яких з'єднані з третім виходом розподільвача тактів, а виходи підключені відповідно до перших входів четвертого і п'ятого елементів I, другі входи яких з'єднані відповідно з виходом дільника частоти, а виходи підключені відповідно до першого і другого входів лічильника, вихід першого цифрового компаратора з'єднаний з першим входом третього тригера, другий вхід якого підключений до четвертого виходу розподільвача тактів, а вихід з'єднаний з першим входом третього елемента I, другий вхід якого підключений до виходу другого генератора імпульсів, а вихід з'єднаний з виходом розподільвача тактів.

Головним недоліком даного пристрою є те, що він не дозволяє вимірювати за тепловим портретом витрачання ресурсу ізоляції обмоток ротора гідрогенератора в процесі його роботи, що звужує функціональні можливості пристрою в задачі спостереження за об'єктами, що обертаються, зокрема потужними електричними машинами.

Найближчим аналогом є пристрій для безконтактного вимірювання температури ротора гідрогенератора (Патент України № 109068, МПК G 01 K 13/08, бюл. № 15, 2016), що містить об'єктив, два генератори імпульсів, дільник частоти, п'ять елементів I, три цифрових компаратори, датчик положення, блок задання положення, розподільвач тактів, два регістри, цифровий суматор, чотири тригери, блок задання швидкості, індикатор, п дзеркал, п лінз, п окремих інфрачервоних датчиків інфрачервоного приймача, комутатор, буферний регістр, лічильник (в подальшому - перший лічильник), два керованих підсилювачі, відеоконтрольний блок, генератор напруги, що змінюється ступінчасто, блок пам'яті, АЦП, інтерфейсний блок, диференціюючий елемент та елемент HI, причому за об'єктивом закріплені п дзеркал на оптичній лінійці таким чином, що їх площини утворюють кут  $45^\circ$  з головною оптичною віссю і на одній оптичній осі з дзеркалами встановлені п лінз та п окремих 14 датчиків відповідно, вихід дільника частоти підключений до входу буферного регістра та до першого входу відеоконтрольного блока, другий та третій входи якого з'єднані з виходами першого та другого керованих підсилювачів, перші входи яких підключені до виходу генератора напруги, що

змінюється ступінчасто, а другі входи з'єднані відповідно з першим та другим виходами блока пам'яті, вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини першого лічильника, четвертий вхід відеоконтрольного блока разом з першим входом АЦП з'єднані з виходом комутатора, вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини буферного реєстра, вхідна цифрова шина якого з'єднана з виходами лінійки  $n$  окремих 14 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 реєстрів підключені до вихідної цифрової шини датчика положення, вихід першого цифрового компаратора з'єднаний з першим входом першого елемента I, 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 і друга вхідні цифрові шини якого підключені відповідно до вихідних цифрових шин першого та другого реєстрів, входи яких з'єднані відповідно з першим та другим виходами розподільвача тактів, третій вихід якого підключений до другого входу другого тригера, вихід другого елемента I з'єднаний з другим входом АЦП, вихід першого тригера підключений до першого входу другого елемента I, другий вхід якого з'єднаний з виходом першого генератора імпульсів, а вихід підключений до входів дільника частоти, генератора напруги, що змінюється ступінчасто, та комутатора, вихідні цифрові шини першого та другого реєстрів з'єднані відповідно з першою і другою вхідними цифровими шинами третього цифрового компаратора, перший і другий виходи якого підключені відповідно до перших входів третього і четвертого тригерів, другі входи яких з'єднані з третім виходом розподільвача тактів, а виходи підключені відповідно до перших входів третього і четвертого елементів I, другі входи яких з'єднані відповідно з виходом дільника частоти, а виходи підключені відповідно до першого і другого входів першого лічильника, вихід другого генератора імпульсів з'єднаний з першим входом п'ятого елемента I, вихід якого підключений до першого входу розподільвача тактів, вихід першого цифрового компаратора з'єднаний зі входом диференціюючого елемента, вихід якого підключений до другого входу розподільвача тактів та до входу елемента HI, вихід якого з'єднаний з другим входом п'ятого елемента I.

Головним недоліком найближчого аналога є те, що він не дозволяє вимірювати та оцінювати за тепловим портретом витрачання ресурсу ізоляції обмоток ротора гідрогенератора в процесі його роботи, що звужує функціональні можливості пристрою в задачі спостереження за об'єктами, що обертаються, зокрема потужними електричними машинами, та не дозволяє оцінювати стан роботоздатності об'єкта дослідження.

В основу корисної моделі поставлено задачу створення пристрою для безконтактного вимірювання ресурсу ізоляції ротора гідрогенератора, в якому за рахунок введення нових блоків та зв'язків між ними з'являється можливість на працюючому гідрогенераторі вимірювати та оцінювати за тепловим портретом витрачання ресурсу ізоляції обмоток ротора гідрогенератора, що розширює функціональні можливості пристрою та дозволяє оцінювати стан роботоздатності об'єкта дослідження.

Поставлена задача вирішується тим, що в пристрій для безконтактного вимірювання ресурсу ізоляції ротора гідрогенератора, що містить об'єкти, два генератори імпульсів, дільник частоти, п'ять елементів I, три цифрових компаратори, датчик положення, блок задання положення, розподільвач тактів, два реєстри, цифровий суматор, чотири тригери, блок задання швидкості, індикатор,  $n$  дзеркал,  $n$  лінз,  $n$  окремих інфрачервоних датчиків інфрачервоного приймача, комутатор, буферний реєстр, перший лічильник, два керованих підсилювачі, відеоконтрольний блок, генератор напруги, що змінюється ступінчасто, блок пам'яті, АЦП, диференціюючий елемент та елемент HI, причому за об'єктивом закріплені  $n$  дзеркал на оптичній лінійці таким чином, що їх площини утворюють кут  $45^\circ$  з головною оптичною віссю і на одній оптичній осі з дзеркалами встановлені  $n$  лінз та  $n$  окремих 14 датчиків відповідно, вихід дільника частоти підключений до входу буферного реєстра 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

регiстра, вхiдна цифрова шина якого з'єднана з виходами лiнiйки n окремих 14 датчикiв, вихiдна цифрова шина блока задання положення з'єднана з першою вхiдною цифровою шиною першого цифрового компаратора, друга вхiдна цифрова шина якого разом з вхiдними цифровими шинами першого та другого регiстрiв пiдключенi до вихiдноi цифровоi шини датчика положення, вихiд першого цифрового компаратора з'єднаний з першим входом першого елемента I, другий вхiд якого пiдключений до першого виходу другого тригера, а вихiд з'єднаний з першим входом першого тригера, другий вхiд якого пiдключений до другого виходу другого тригера, перший вхiд якого з'єднаний з виходом другого цифрового компаратора, друга вхiдна цифрова шина якого пiдключена до вихiдноi цифровоi шини блока задання швидкостi, а перша вхiдна цифрова шина з'єднана з вихiдною цифровою шиною цифрового суматора, перша i друга вхiднi цифровi шини якого пiдключенi вiдповiдно до вихiдних цифрових шин першого та другого регiстрiв, входи яких з'єднанi вiдповiдно з першим та другим виходами розподiлювача тактiв, третiй вихiд якого пiдключений до другого входу другого тригера, вихiд другого елемента I з'єднаний з другим входом АЦП, вихiд першого тригера пiдключений до першого входу другого елемента I, другий вхiд якого з'єднаний з виходом першого генератора iмпульсiв, а вихiд пiдключений до входiв дiльника частоти, генератора напруги, що змiнюється ступiнчасто, та комутатора, вихiднi цифровi шини першого та другого регiстрiв з'єднанi вiдповiдно з першою i другою вхiдними цифровими шинами третього цифрового компаратора, перший i другий входи якого пiдключенi вiдповiдно до перших входiв третього i четвертого тригерiв, другi входи яких з'єднанi з третiм виходом розподiлювача тактiв, а входи пiдключенi вiдповiдно до перших входiв третього i четвертого елементiв I, другi входи яких з'єднанi вiдповiдно з виходом дiльника частоти, а входи пiдключенi вiдповiдно до першого i другого входiв першого лiчильника, вихiд другого генератора iмпульсiв з'єднаний з першим входом п'ятого елемента I, вихiд якого пiдключений до першого входу розподiлювача тактiв, вихiд першого цифрового компаратора з'єднаний зi входом диференцiючого елемента, вихiд якого пiдключений до другого входу розподiлювача тактiв та до входу елемента HI, вихiд якого з'єднаний з другим входом п'ятого елемента I, згiдно з корисною моделлю, введено два лiчильники, два регiстри, два цифрових компаратори, цифровий iндикатор, шостий елемент I, цифро-аналоговий перетворювач (ЦАП), перетворювач напруга-частота, блок установки нуля та блок задання ресурсу, причому вихiдна цифрова шина АЦП з'єднана зi вхiдною цифровою шиною четвертого регiстра, вихiдна цифрова шина якого пiдключена до вхiдноi цифровоi шини третього регiстра та до першої вхiдноi цифровоi шини четвертого цифрового компаратора, друга вхiдна цифрова шина якого з'єднана з вихiдною цифровою шиною АЦП, другий вхiд шостого елемента I разом зi входом другого лiчильника пiдключенi до виходу другого елемента I, вихiдна цифрова шина третього регiстра з'єднана зi вхiдною цифровою шиною цифрового iндикатора та зi вхiдною цифровою шиною ЦАП, вихiд якого пiдключений до входу перетворювача напруга-частота, вихiд якого з'єднаний з першим входом третього лiчильника, другий вхiд якого пiдключений до виходу блока установки нуля, а вихiдна цифрова шина з'єднана з другою вхiдною цифровою шиною п'ятого цифрового компаратора, перша вхiдна цифрова шина якого пiдключена до вихiдноi цифровоi шини блока задання ресурсу, а вихiд з'єднаний зi входом iндикатора, вихiд четвертого цифрового компаратора пiдключений до першого входу шостого елемента I, вихiд якого з'єднаний зi входом четвертого регiстра, вихiд другого лiчильника пiдключений до входу третього регiстра, вихiдна цифрова шина АЦП з'єднана з колами ЕОМ.

Пристрiй для безконтактного вимiрювання ресурсу iзоляцiї ротора гiдрогенератора пояснюється кресленням, на якому зображена його структурна схема.

На схемi: 1 - об'єкт дослiдження - ротор гiдрогенератора; 2 - об'єктив; 3-п дзеркал; 4-п лiнз; 5 - оптична лiнiйка; 6 - лiнiйка n IЧ-датчикiв 6.1-6.n; 7 - диференцiючий елемент; 8 - блок задання положення; 9 - перший цифровий компаратор; 10 - перший елемент I; 11 - перший генератор iмпульсiв; 12 - перший тригер; 13 - другий елемент; 14 - дiльник частоти; 15 - буферний регiстр; 16 - елемент HI; 17 - датчик положення; 18 - другий генератор iмпульсiв; 19 - п'ятий елемент I; 20 - розподiлювач тактiв; 21 - перший регiстр; 22 - другий регiстр; 23 - цифровий суматор; 24 - блок задання швидкостi; 25, 26 - третiй та другий цифровi компаратори вiдповiдно; 27, 28, 29 - третiй, четвертий i другий тригери вiдповiдно; 30, 31 - третiй i четвертий елементи I вiдповiдно; 32 - комутатор; 33 - вiдеоконтрольний блок; 34 - блок пам'ятi; 35 - перший лiчильник; 36, 37 - перший та другий керованi пiдсилювачi вiдповiдно; 38 - генератор напруги, що змiнюється ступiнчасто, 39 - другий лiчильник; 40 - третiй регiстр; 41 - цифровий iндикатор; 42 - аналого-цифровий перетворювач; 43 - шостий елемент I; 44 - четвертий регiстр; 45 - четвертий цифровий компаратор; 46 - цифро-аналоговий перетворювач; 47 - перетворювач напруга-частота; 48 - блок установки нуля; 49 - блок задання ресурсу; 50 - третiй лiчильник; 51 - п'ятий цифровий компаратор; 52 - iндикатор, причому за об'єктивом 2 закритi лiнiйки 3.1-3.n на

оптичній лінійці 5 таким чином, що їх площини утворюють кут  $45^\circ$  з головною оптичною віссю і на одній оптичній осі з дзеркалами 3.1-3.п встановлені п лінз 4.1-4.п та п окремих ІЧ-датчиків 6.1-6.п відповідно на лінійці 6, вихід дільника частоти 14 підключений до входу буферного регістра 15 та до першого входу відеоконтрольного блока 33, другий та третій входи якого з'єднані з виходами першого 36 та другого 37 керованих підсилювачів, перші входи яких підключені до виходу генератора напруги, що змінюється ступінчасто, 38, а другі входи з'єднані відповідно з першим та другим виходами блока пам'яті 34, вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини першого лічильника 35, четвертий вхід відеоконтрольного блока 33 разом з першим входом АЦП 42 з'єднані з виходом комутатора 32, вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини буферного регістра 15, вхідна цифрова шина якого з'єднана з виходами лінійки п окремих ІЧ датчиків 6.1-6.т, вхідна цифрова шина блока задання положення 8 з'єднана з першою вхідною цифровою шиною першого цифрового компаратора 9, друга вхідна цифрова шина якого разом з вхідними цифровими шинами першого 21 та другого 22 регістрів підключені до вихідної цифрової шини датчика положення 17, вихід першого цифрового компаратора 9 з'єднаний з першим входом першого елемента І 10, другий вхід якого підключений до першого виходу другого тригера 29, а вихід з'єднаний з першим входом першого тригера 12, другий вхід якого підключений до другого виходу другого тригера 29, перший вхід якого з'єднаний з виходом другого цифрового компаратора 26, друга вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини блока задання швидкості 24, а перша вхідна цифрова шина з'єднана з вихідною цифровою шиною цифрового суматора 23, перша і друга вхідні цифрові шини якого підключені відповідно до вихідних цифрових шин першого 21 та другого 22 регістрів, входи яких з'єднані відповідно з першим та другим виходами розподільвача тактів 20, третій вихід якого підключений до другого входу другого тригера 29, вихід другого елемента І 13 з'єднаний з другим входом АЦП 42, вихід першого тригера 12 підключений до першого входу другого елемента І 13, другий вхід якого з'єднаний з виходом першого генератора імпульсів 11, а вихід підключений до входів дільника частоти 14, генератора напруги 38, що змінюється ступінчасто, та комутатора 32, вихідні цифрові шини першого 21 та другого 22 регістрів з'єднані відповідно з першою і другою вхідними цифровими шинами третього цифрового компаратора 25, перший і другий входи якого підключені відповідно до перших входів третього 27 і четвертого 28 тригерів, другі входи яких з'єднані з третім виходом розподільвача тактів 20, а входи підключені відповідно до перших входів третього 30 і четвертого 31 елементів І, другі входи яких з'єднані відповідно з виходом дільника частоти 14, а входи підключені відповідно до першого і другого входів першого лічильника 35, вихід другого генератора імпульсів 18 з'єднаний з першим входом п'ятого елемента І 19, вихід якого підключений до першого входу розподільвача тактів 20, вихід першого цифрового компаратора 9 з'єднаний зі входом диференціюючого елемента 7, вихід якого підключений до другого входу розподільвача тактів 20 та до входу елемента НІ 16, вихід якого з'єднаний з другим входом п'ятого елемента І 19, вихідна цифрова шина АЦП 42 з'єднана зі вхідною цифровою шиною четвертого регістра 44, вихідна цифрова шина якого підключена до вхідної цифрової шини третього регістра 40 та до першої вхідної цифрової шини четвертого цифрового компаратора 45, друга вхідна цифрова шина якого з'єднана з вихідною цифровою шиною АЦП 42, другий вхід шостого елемента І 43 разом зі входом другого лічильника 39 підключені до виходу другого елемента І 13, вихідна цифрова шина третього регістра 40 з'єднана зі вхідною цифровою шиною цифрового індикатора 41 та зі вхідною цифровою шиною ЦАП 46, вихід якого підключений до входу перетворювача напруга-частота 47, вихід якого з'єднаний з першим входом третього лічильника 50, другий вхід якого підключений до виходу блока установки нуля 48, а вихідна цифрова шина з'єднана з другою вхідною цифровою шиною п'ятого цифрового компаратора 51, перша вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини блока задання ресурсу 49, а вихід з'єднаний зі входом індикатора 52, вихід четвертого цифрового компаратора 45 підключений до першого входу шостого елемента І 43, вихід якого з'єднаний зі входом четвертого регістра 44, вихід другого лічильника 39 підключений до входу третього регістра 40, вихідна цифрова шина АЦП 42 з'єднана з колами ЕОМ.

Запропонований пристрій працює наступним чином.

При подачі напруги живлення перший 11 та другий 18 генератори імпульсів починають формувати відповідні послідовності імпульсів. Одночасно вихідним сигналом блока установки нуля 48 третій лічильник 50 скидається. Потік інфрачервоного випромінювання, який створюється поверхнею ротора гідрогенератора 1, що знаходиться на деякій відстані від оптичної системи пристрою, потрапляє через об'єктив 2, через п дзеркал 3.1-3.п, що закріплені на оптичній лінійці 5, та через п лінз 4.1-4.п на лінійку 6 п 14 датчиків 6.1-6.п, розташованих вздовж радіуса ротора. Очевидно, що при обертанні ротора гідрогенератора 1 в кожен момент

часу в поле зору лінійки 6 п 14 датчиків 6.1-6.n потрапляє лише фрагмент поверхні вздовж радіуса ротора. Отримуючи фрагменти теплового зображення, можна побудувати тепловий портрет всієї поверхні ротора гідрогенератора 1 в процесі його роботи.

5 Якщо ротор гідрогенератора 1 знаходиться в нерухомому стані або його швидкість  
 10 обертання менша від номінальної, то на екран відеоконтрольного блока 33 теплове зображення  
 поверхні ротора не виводиться. Це обумовлено наступним. Під впливом другого генератора  
 імпульсів 18 почергово на виходах розподільвача тактів 20 формуються сигнали. Сигналом з  
 першого виходу розподільвача тактів 20 в перший регістр 21 записується код з виходу датчика  
 15 положення 17. В другий регістр 22 сигналом з другого виходу розподільвача тактів 20  
 записується інший код з виходу датчика положення 17. 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 23 та подається на перший  
 вхід другого цифрового компаратора 26, в якому здійснюється порівняння у вигляді кодів  
 20 поточної швидкості обертання ротора гідрогенератора 1 з номінальною, яка записана в блоці  
 задання швидкості 24. У випадку, коли коректно визначена швидкість менша від номінальної, на  
 виході другого цифрового компаратора 26 з'являється сигнал логічного нуля, який під дією  
 25 сигналу з третього виходу розподільвача тактів 20 записується в другий тригер 29. При цьому  
 тепловий портрет ротора не фіксується.

Одночасно сигнали з виходів першого 21 та другого 22 регістрів надходять на входи  
 20 третього цифрового компаратора 25, де відбувається визначення напрямку обертання ротора  
 гідрогенератора 1. Якщо обертання відбувається в одному напрямку, то, наприклад, на  
 першому виході третього цифрового компаратора 25 з'являється сигнал логічної одиниці. Якщо  
 ж обертання відбувається в іншому напрямку, то сигнал логічної одиниці з'являється на другому  
 25 виході третього цифрового компаратора 25. Сигнали з першого і другого виходів третього  
 цифрового компаратора 25 запам'ятовуються відповідно в третьому 27 і четвертому 28  
 тригерах під впливом сигналу з третього виходу розподільвача тактів 20. При цьому третій 30  
 або четвертий 31 елемент І відкривається та на один з входів першого лічильника 35 надходять  
 імпульси з виходу дільника частоти 14. Таким чином враховується напрям обертання ротора  
 гідрогенератора 1 при побудові теплового портрета останнього.

30 Якщо ж швидкість обертання ротора гідрогенератора 1 стає рівною номінальній, то на  
 другому виході другого тригера 29 з'являється сигнал логічного нуля, на його першому виході  
 з'являється сигнал логічної одиниці, який подається на вхід першого елемента І 10. В момент  
 обертання ротора, коли він знаходиться в умовному початковому положенні, коди з виходу  
 датчика положення 17 та з виходу блока задання положення 8 співпадають, на виході першого  
 35 цифрового компаратора 9 з'являється сигнал логічної одиниці, яким через перший елемент І 10  
 встановлюється в одиничний стан перший тригер 12. Внаслідок цього імпульси з виходу  
 першого генератора імпульсів 11 через другий елемент І 13 починають надходити в блоки, за  
 допомогою яких формується тепловий портрет на екрані відеоконтрольного блока 33.

40 Коректність вимірювання швидкості обертання ротора гідрогенератора 1 забезпечується  
 так. В момент появи сигналу логічної одиниці на виході першого цифрового компаратора 9 на  
 виході диференціюючого елемента 7 з'являється короткий імпульс, яким встановлюється у  
 початкове положення розподільвач тактів 20. В цей момент через елемент ІІ 16 п'ятий  
 45 елемент І 19 закривається і подача імпульсів з другого генератора імпульсів 18 в розподільвач  
 тактів 20 блокується. Після завершення імпульсу з виходу диференціюючого елемента 7 робота  
 розподільвача тактів 20 розпочинається спочатку. Така дія дозволяє уникнути ситуації, коли,  
 наприклад, при умовному обертанні "вперед" в перший регістр 21 з датчика положення 17  
 записується код, який має значення, близьке до максимального, а в другий регістр 22  
 записується код, значення якого дещо більше за початкове. При цьому обчислення швидкості  
 ротора гідрогенератора 1 буде некоректним.

50 Залежно від кутової швидкості обертання  $\omega$  ротора гідрогенератора 1 вибрана частота  
 формування імпульсів  $f_1$  першого генератора імпульсів 11, що пов'язано співвідношенням  
 $f_1/n = \omega / (2\pi \cdot m)$ , де  $m = 360^\circ / \beta$ ,  $\beta$  - мінімальний сектор поверхні ротора, що потрапляє в поле зору  
 лінійки 6 п ІЧ-датчиків 6.1-6.n,  $n$  - коефіцієнт ділення дільника частоти 14, що відповідає  
 55 кількості окремих 14 датчиків 6.1, 6.2, ..., 6.n. Отже, з частотою  $f_1/n$ , при номінальній швидкості  
 обертання ротора, на виході дільника частоти 14 з'являються імпульси, якими фіксуються у  
 буферному регістрі 15 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  
 60 здійснюється зчитування інформації з буферного регістра 15 з наступним її перетворенням із  
 паралельного виду представлення в послідовний. Сформований таким чином сигнал з виходу

комутатора 32 потрапляє на вхід відеоконтрольного блока 33 і на вхід АЦП 42, в якому він перетворюється в цифрову форму.

5 Генератор напруги 38, що змінюється ступінчасто, перший 36 та другий 37 керовані підсилювачі і блок пам'яті 34 призначені для формування сигналів розгортки відеоконтрольного блока 33. Сигнал частотою  $f_1$ , що надходить на вхід генератора напруги 38, що змінюється ступінчасто, на виході приймає ступінчасту форму (містить  $n$  складових) і подається на входи першого 36 і другого 37 керованих підсилювачів, коефіцієнт підсилення яких задається вихідними сигналами блока пам'яті 34. При цьому коефіцієнти підсилення першого 36 та другого 37 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,  $\varphi_j$  - кут координати елементарної ділянки поверхні ротора в полярній системі координат, що обумовлено сигналами з датчика положення 17. При цьому  $i = 0, n$ ,  $j = 0, m$ .

15 На вхід блока пам'яті 34 сигнали надходять з першого лічильника 35, коефіцієнт перерахунку якого дорівнює  $t$ . В результаті на екрані відеоконтрольного блока 33 при наявності одного інформаційного сигналу, двох сигналів розгортки та сигналу з виходу дільника частоти 14 формується зображення, що відповідає тепловому портрету ротора гідрогенератора 1.

20 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.

25 Вимірювання ресурсу ізоляції ротора гідрогенератора 1, залежно від температури впливу на ізоляцію, за тепловим портретом здійснюється так. Одночасно аналогові сигнали з виходу комутатора 32 потрапляють і на відеоконтрольний блок 33, і на вхід АЦП 42, в якому за сигналом з виходу другого елемента І 13 здійснюється їх перетворення в цифровий код. Після закінчення першого перетворення в четвертому цифровому компараторі 45 здійснюється порівняння цифрового коду з виходу АЦП 42 та нульового коду, записаного в четвертому реєстрі 44. При цьому на виході четвертого цифрового компаратора 45 з'являється сигнал логічної одиниці, яким відкривається шостий елемент І 43 і за сигналом з виходу другого елемента І 13 цифровий код з виходу АЦП 42 записується в четвертий реєстр 44. При черговому циклі аналого-цифрового перетворення на виході АЦП 42 з'являється цифровий код, який порівнюється з кодом, записаним в четвертому реєстрі 44.1 якщо цифровий код на виході АЦП 42 перевищує код, записаний в четвертому реєстрі 44, то відбувається перезапис коду в четвертий реєстр 44. Таким чином в процесі аналого-цифрового перетворення сигналів, що 35 відповідають температурі різних точок об'єкта дослідження, в четвертому реєстрі 44 зберігається код, що відповідає найвищій температурі об'єкта дослідження. Після завершення повного оберту досліджуваного об'єкта на виході другого лічильника 39, коефіцієнт ділення якого дорівнює  $N$ , з'являється імпульс, яким інформація з четвертого реєстра 44 переписується в третій реєстр 40 та виводиться на цифровий індикатор 41. Одночасно цифровий код з виходу 40 третього реєстра 40 надходить на вхід ЦАП 46, вихідний аналоговий сигнал якого подається на вхід перетворювача напруга-частота 47. З виходу останнього послідовність імпульсів надходить в третій лічильник 50 - лічильник відпрацьованого ресурсу ізоляції ротора гідрогенератора 1, який накопичується за кожен оберт ротора гідрогенератора 1 в процесі його роботи.

45 Зауважимо, що температура в місці нагріву ізоляції обмотки ротора гідрогенератора 1 може змінюватись, а отже, буде змінюватись і частота надходження імпульсів в третій лічильник 50, яка залежить від значення аналогового сигналу, що відповідає температурі елементарної ділянки поверхні ротора гідрогенератора 1 і передається за допомогою відповідного інфрачервоного сенсора.

50 У випадку, коли ресурс роботи ізоляції ротора, що залежить від температури, вичерпується, цифровий код на виході третього лічильника 50 досягає значення, записаного в блоці задання ресурсу 49. При цьому на виході п'ятого цифрового компаратора 51 з'являється сигнал логічної одиниці, яким вмикається індикатор 52, що свідчить про вичерпання робочого ресурсу ізоляції ротора гідрогенератора 1.

## 55 ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

60 Пристрій для безконтактного вимірювання ресурсу ізоляції ротора гідрогенератора, що містить об'єктив, два генератори імпульсів, дільник частоти, п'ять елементів І, три цифрових компаратори, датчик положення, блок задання положення, розподільувач тактів, два реєстри, цифровий суматор, чотири тригери, блок задання швидкості, індикатор,  $n$  дзеркал,  $n$  лінз,  $n$



окремих інфрачервоних датчиків інфрачервоного приймача, комутатор, буферний регістр, перший лічильник, два керованих підсилювачі, відеоконтрольний блок, генератор напруги, що змінюється ступінчасто, блок пам'яті, аналого-цифровий перетворювач, диференціюючий елемент та елемент HI, причому за об'єктивом закріплені n дзеркал 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 та n окремих інфрачервоних датчиків відповідно, вихід дільника частоти підключений до входу буферного регістра та до першого входу відеоконтрольного блока, другий та третій входи якого з'єднані з виходами першого та другого керованих підсилювачів, перші входи яких підключені до виходу генератора напруги, що змінюється ступінчасто, а другі входи з'єднані відповідно з першим та другим виходами блока пам'яті, вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини першого лічильника, четвертий вхід відеоконтрольного блока разом з першим входом аналого-цифрового перетворювача з'єднані з виходом комутатора, вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини буферного регістра, вхідна цифрова шина якого з'єднана з виходами лінійки n окремих інфрачервоних датчиків, вихідна цифрова шина 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 I, 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 розподільвача тактів, третій вихід якого підключений до другого входу другого тригера, вихід другого елемента I з'єднаний з другим входом аналого-цифрового перетворювача, вихід першого тригера підключений до першого входу другого елемента I, другий вхід якого з'єднаний з виходом першого генератора імпульсів, а вихід підключений до входів дільника частоти, генератора напруги, що змінюється ступінчасто, та комутатора, вихідні цифрові шини першого та другого регістрів з'єднані відповідно з першою і другою вхідними цифровими шинами третього цифрового компаратора, перший і другий входи якого підключені відповідно до перших входів третього і четвертого тригерів, другі входи яких з'єднані з третім виходом розподільвача тактів, а входи підключені відповідно до перших входів третього і четвертого елементів I, другі входи яких з'єднані відповідно з виходом дільника частоти, а входи підключені відповідно до першого і другого входів першого лічильника, вихід другого генератора імпульсів з'єднаний з першим входом п'ятого елемента I, вихід якого підключений до першого входу розподільвача тактів, вихід першого цифрового компаратора з'єднаний зі входом диференціюючого елемента, вихід якого підключений до другого входу розподільвача тактів та до входу елемента HI, вихід якого з'єднаний з другим входом п'ятого елемента I, який **відрізняється** тим, що введено два лічильники, два регістри, два цифрових компаратори, цифровий індикатор, шостий елемент I, цифро-аналоговий перетворювач, перетворювач напруга-частота, блок установки нуля та блок задання ресурсу, причому вихідна цифрова шина аналого-цифрового перетворювача з'єднана зі вхідною цифровою шиною четвертого регістра, вихідна цифрова шина якого підключена до вхідної цифрової шини третього регістра та до першої вхідної цифрової шини четвертого цифрового компаратора, друга вхідна цифрова шина якого з'єднана з вихідною цифровою шиною аналого-цифрового перетворювача, другий вхід шостого елемента I разом з входом другого лічильника підключені до виходу другого елемента I, вихідна цифрова шина третього регістра з'єднана зі вхідною цифровою шиною цифрового індикатора та зі вхідною цифровою шиною цифро-аналогового перетворювача, вихід якого підключений до входу перетворювача напруга-частота, вихід якого з'єднаний з першим входом третього лічильника, другий вхід якого підключений до виходу блока установки нуля, а вихідна цифрова шина з'єднана з другою вхідною цифровою шиною п'ятого цифрового компаратора, перша вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини блока задання ресурсу, а вихід з'єднаний зі входом індикатора, вихід четвертого цифрового компаратора підключений до першого входу шостого елемента I, вихід якого з'єднаний зі входом четвертого регістра, вихід другого лічильника підключений до входу третього регістра, вихідна цифрова шина аналого-цифрового перетворювача з'єднана з колами EOM.

