



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **154117** (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

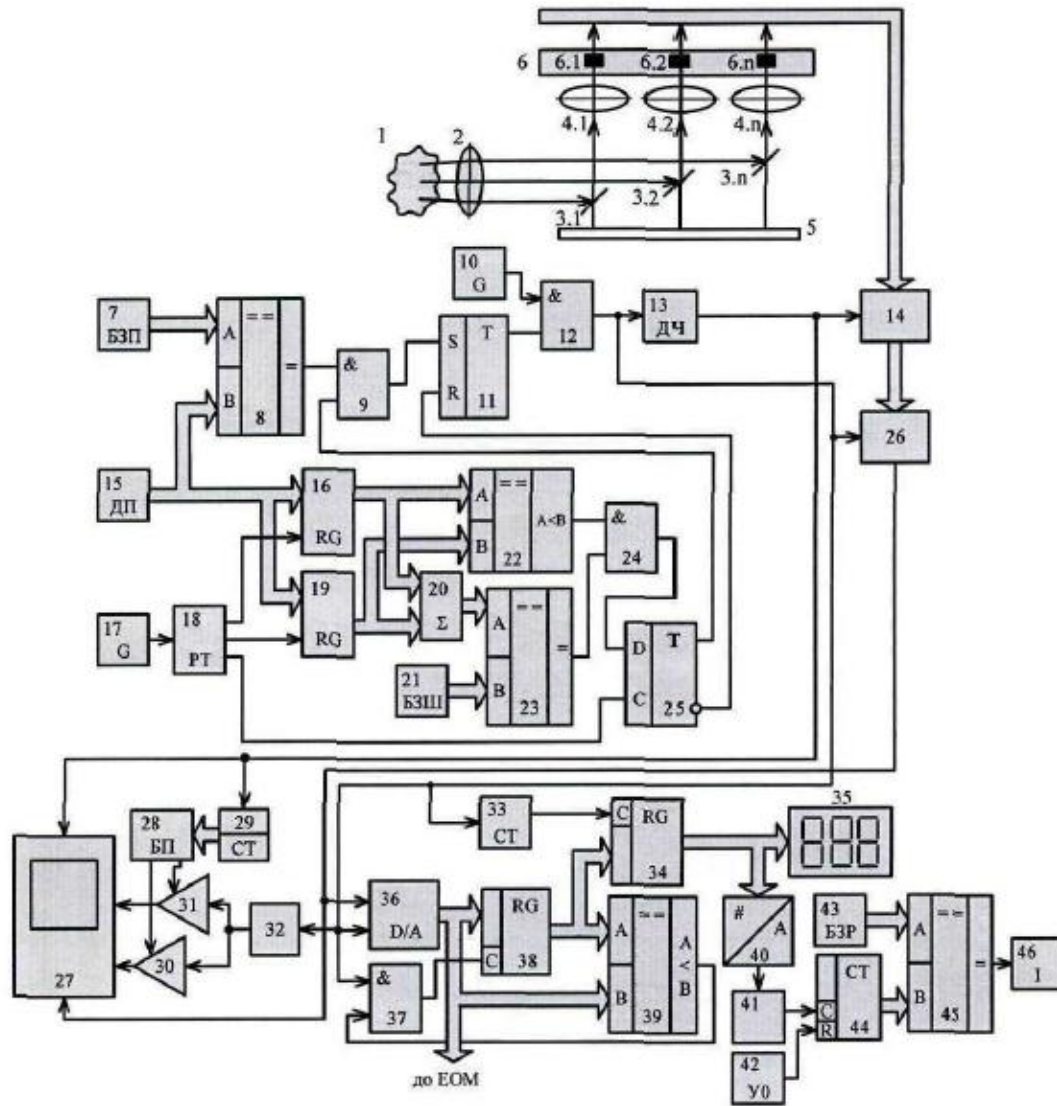
(21) Номер заявки: <b>u 2023 01393</b>	(72) Винахідник(и): <b>Грабко Володимир Віталійович (UA), Грабко Валентин Володимирович (UA), Лубко Дмитро Романович (UA)</b>
(22) Дата подання заявки: <b>03.04.2023</b>	(73) Володілець (володільці): <b>ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ, вул. Хмельницьке шосе, 95, м. Вінниця, 21021 (UA)</b>
(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: <b>12.10.2023</b>	
(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію: <b>11.10.2023, Бюл.№ 41</b>	

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

### (57) Реферат:

Пристрій для безконтактного вимірювання ресурсу ізоляції ротора гідрогенератора містить об'єкти. Додатково введено два лічильники, два регістри, два цифрові компаратори, цифровий індикатор, четвертий елемент І, цифро-аналоговий перетворювач (ЦАП), перетворювач напруга-частота, блок установки нуля та блок задання ресурсу. Вихідна цифрова шина АЦП 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 АЦП. Другий вхід четвертого елемента І разом з другим входом АЦП та зі входом другого лічильника підключені до виходу другого елемента І. Вихідна цифрова шина третього регістра з'єднана зі вхідною цифровою шиною цифрового індикатора та зі вхідною цифровою шиною ЦАП, 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 четвертого елемента І, вихід якого з'єднаний зі входом четвертого регістра. Вихід другого лічильника підключений до виходу третього регістра, вихідна цифрова шина АЦП з'єднана з колами ЕОМ.

UA 154117 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 № 66867, М. кл. G01K 13/08, бюл. № 2, 2012), що містить об'єкт, 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 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 п окремих інфрачервоних (ІЧ) датчиків, вихідна цифрова шина АЦП підключена через інтерфейсний блок в кола ЕОМ, вихідна цифрова шина блока задання положення з'єднана з першою вхідною цифровою шиною першого цифрового компаратора, друга вхідна цифрова шина якого разом з вхідними цифровими шинами першого та другого регістрів підключені до вихідної цифрової шини датчика положення, вихід першого цифрового компаратора з'єднаний з першим входом першого елемента І, другий вхід якого підключений до першого виходу другого тригера, а вихід з'єднаний з першим входом першого тригера, другий вхід якого разом з 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 входу другого тригера, вихід другого генератора імпульсів з'єднаний з входом розподільвача тактів, вихід першого тригера підключений до першого входу другого елемента І, другий вхід якого з'єднаний з виходом першого генератора імпульсів, а вихід підключений до входів дільника частоти, генератора напруги, що змінюється ступінчасто, комутатора та до другого входу АЦП.

Головним недоліком даного пристрою є те, що він не дозволяє вимірювати 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.

Як аналог обрано пристрій для безконтактного вимірювання температури ротора гідрогенератора (Патент України № 80566, М. кл. G01K 13/08, бюл. № 11, 2013), що містить об'єкт, 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, дільник частоти, буферний регістр, лічильник (в подальшому - перший лічильник), відеоконтрольний блок, два керовані підсилювачі, генератор напруги, що змінюється ступінчасто, блок пам'яті, АЦП, комутатор, лінійку п окремих ІЧ-датчиків, інтерфейсний блок, блок задання положення, три цифрові компаратори, два регістри, датчик положення, два тригери, індикатор, цифровий суматор, розподільвач тактів, два генератори імпульсів, три елементи І, блок задання швидкості, причому вихід дільника частоти підключений до входів буферного регістра, лічильника та до першого входу відеоконтрольного блока, другий та третій входи якого з'єднані з виходами першого та другого керованих підсилювачів, перші входи яких підключені до виходу генератора напруги, 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 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 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 з входом індикатора підключені до другого виходу другого тригера, вихід другого елемента I з'єднаний з другим входом АЦП, друга вхідна цифрова шина другого цифрового компаратора 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 генератора імпульсів з'єднаний з входом розподільвача тактів, 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, введено третій цифровий компаратор, третій елемент I, причому вихідні цифрові шини першого та другого регістрів з'єднані відповідно з першою і другою вхідними цифровими шинами третього цифрового компаратора, вихід якого підключений до першого входу третього елемента I, другий вхід якого з'єднаний з виходом другого цифрового компаратора, а вихід підключений до першого входу другого тригера.

Головним недоліком даного пристрою 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 поставлена задача 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 роботи здатності об'єкта дослідження.

Поставлена задача вирішується тим, що в пристрій для безконтактного вимірювання ресурсу ізоляції ротора гідрогенератора містить об'єктив, за яким n 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 n лінз, дільник частоти, буферний регістр, лічильник, відеоконтрольний блок, два керовані підсилювачі, генератор напруги, що змінюється ступінчасто, блок пам'яті, АЦП, комутатор, лінійка n окремих ІЧ-датчиків, блок задання положення, три цифрові компаратори, два регістри, датчик положення, два тригери, індикатор, цифровий суматор, розподільвач тактів, два генератори імпульсів, три елементи I, блок задання швидкості, причому вихід дільника частоти підключений до входів буферного регістра, лічильника та до першого входу відеоконтрольного блока, другий та третій входи якого з'єднані з виходами першого та другого керованих підсилювачів, перші входи яких підключені до виходу генератора напруги, 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 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 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, вихід другого елемента I з'єднаний з другим входом АЦП, друга вхідна цифрова шина другого цифрового компаратора 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 генератора імпульсів з'єднаний з входом розподільвача тактів, 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, вихід якого підключений до першого входу третього елемента I, другий вхід якого з'єднаний з виходом другого цифрового компаратора, а вихід підключений до першого входу другого тригера, згідно з корисною моделлю, додатково введено два лічильники, два регістри, два цифрові компаратори, цифровий індикатор, четвертий елемент I, цифро-аналоговий перетворювач (ЦАП), перетворювач напруга-частота, блок установки нуля та блок задання ресурсу, причому вихідна цифрова шина АЦП 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 АЦП, другий вхід четвертого елемента I разом з другим входом АЦП та 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 ЦАП, 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 четвертого елемента I, вихід якого з'єднаний зі входом четвертого регістра, вихід другого лічильника підключений до входу третього регістра, вихідна цифрова шина АЦП з'єднана з колами ЕОМ.

Суть корисної моделі пояснює креслення.

1 - об'єкт дослідження - ротор гідрогенератора; 2 - об'єктив; 3-н дзеркал; 4-н лінз; 5 - оптична лінійка; 6 - лінійка n ІЧ-датчиків; 7 - блок задання положення; 8 - перший цифровий компаратор; 9 - перший елемент I; 10 - перший генератор імпульсів; 11 - перший тригер; 12 - другий елемент I; 13 - дільник частоти; 14 - буферний регістр; 15 - датчик положення; 16 - перший регістр; 17 - другий генератор імпульсів; 18 - розподільувач тактів; 19 - другий регістр; 20 - цифровий суматор; 21 - блок задання швидкості; 22, 23 - третій і другий цифрові компаратори відповідно; 24 - третій елемент I; 25 - другий тригер; 26 - комутатор; 27 - відеоконтрольний блок; 28 - блок пам'яті; 29 - перший лічильник; 30, 31 - перший та другий керовані підсилювачі відповідно; 32 - генератор напруги, що змінюється ступінчасто; 33 - другий лічильник; 34 - третій регістр; 35 - цифровий індикатор; 36 - аналого-цифровий перетворювач; 37 - четвертий елемент I; 38 - четвертий регістр; 39 - четвертий цифровий компаратор; 40 - цифро-аналоговий перетворювач; 41 - перетворювач напруга-частота; 42 - блок установки нуля; 43 - блок задання ресурсу; 44 - третій лічильник; 45 - п'ятий цифровий компаратор; 46 - 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 входів буферного регістра 14, першого лічильника 29 та до першого входу відеоконтрольного блока 27, другий та третій входи якого з'єднані з виходами першого 30 та другого 31 керованих підсилювачів, перші входи яких підключені до виходу генератора напруги, що змінюється ступінчасто, 32, а другі входи з'єднані відповідно з першим та другим виходами блока пам'яті 28, вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини першого лічильника 29, четвертий вхід відеоконтрольного блока 27 разом з першим входом АЦП 36 з'єднані з виходом комутатора 26, 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 6.1-6.n, 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 19 регістрів підключені до вихідної цифрової шини датчика положення 15, вихід першого цифрового компаратора 8 з'єднаний з першим входом першого елемента I 9, другий вхід якого підключений до першого виходу другого тригера 25, а вихід з'єднаний з першим входом першого тригера 11, другий вхід якого підключений до другого виходу другого тригера 25, вихід другого елемента I 12 з'єднаний з другим входом АЦП 36, друга вхідна цифрова шина другого цифрового компаратора 23 підключена до вихідної цифрової шини блока задання швидкості 21, а перша вхідна цифрова шина з'єднана з вихідною цифровою шиною цифрового суматора 20, перша і друга вхідні цифрові шини якого підключені відповідно до вихідних цифрових шин першого 16 та другого 19 регістрів, входи яких з'єднані відповідно з першим та другим виходами розподільувача тактів 18, третій вихід якого підключений до другого входу другого тригера 25, вихід другого генератора імпульсів 17 з'єднаний з входом розподільувача тактів 18, вихід першого тригера 11 підключений до першого входу другого елемента I 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, 32 та комутатора 26, вихідні цифрові шини першого 16 та другого 19 регістрів з'єднані відповідно з першою і другою вхідними цифровими шинами третього цифрового компаратора 22, вихід якого підключений до першого входу третього елемента І 24, другий вхід якого з'єднаний з виходом другого цифрового компаратора 23, а вихід підключений до першого входу другого тригера 25, вихідна цифрова шина АЦП 36 з'єднана зі вхідною цифровою шиною четвертого регістра 38, вихідна цифрова шина якого підключена до вхідної цифрової шини третього регістра 34 та до першої вхідної цифрової шини четвертого цифрового компаратора 39, друга вхідна цифрова шина якого з'єднана з вихідною цифровою шиною АЦП 36, другий вхід четвертого елемента І 37 разом зі входом другого лічильника 33 підключені до виходу другого елемента І 12, вихідна цифрова шина третього регістра 34 з'єднана зі вхідною цифровою шиною цифрового індикатора 35 та зі вхідною цифровою шиною ЦАП 40, вихід якого підключений до входу перетворювача напруга-частота 41, вихід якого з'єднаний з першим входом третього лічильника 44, другий вхід якого підключений до виходу блока установки нуля 42, а вихідна цифрова шина з'єднана з другою вхідною цифровою шиною п'ятого цифрового компаратора 45, перша вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини блока задання ресурсу 43, а вихід з'єднаний зі входом індикатора 46, вихід четвертого цифрового компаратора 39 підключений до першого входу четвертого елемента І 37, вихід якого з'єднаний зі входом четвертого регістра 38, вихід другого лічильника 33 підключений до входу третього регістра 34, вихідна цифрова шина АЦП 36 з'єднана з колами ЕОМ, позицією 1 позначено об'єкт дослідження - ротор гідрогенератора.

Запропонований пристрій працює так.

При подачі напруги живлення перший 10 та другий 17 генератори імпульсів починають формувати відповідні послідовності імпульсів. Одночасно вихідним сигналом блока установки нуля 42 третій лічильник 44 скидається. Потік інфрачервоного випромінювання, який створюється поверхнею ротора гідрогенератора 1, що знаходиться на деякій відстані від оптичної системи пристрою, потрапляє через об'єktiv 2, через n дзеркал 3, що встановлені на оптичній лінійці 5, та через n лінз 4 на лінійку n ІЧ-датчиків 6, розташованих вздовж радіуса ротора. Очевидно, що при обертанні ротора гідрогенератора 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 в процесі його роботи.

Якщо ротор гідрогенератора знаходиться в нерухомому стані або його швидкість обертання менша від номінальної, то на екран відеоконтрольного блока 27 теплове зображення поверхні ротора не виводиться. Це обумовлено наступним. Під впливом другого генератора імпульсів 17 почергово на виходах розподільвача тактів 18 формуються сигнали. Сигналом з першого виходу розподільвача тактів 18 в перший регістр 16 записується код з виходу датчика положення 15. В другий регістр 19 сигналом з другого виходу розподільвача тактів 18 записується інший код з виходу датчика положення 15. Різниця зазначених кодів за одиницю часу, що забезпечується другим генератором імпульсів 17, являє собою швидкість обертання ротора гідрогенератора, що і визначається в цифровому суматорі 20 та подається на перший вхід другого цифрового компаратора 23, в якому здійснюється порівняння у вигляді кодів поточної швидкості обертання ротора гідрогенератора з номінальною, яка записана в блоці задання швидкості 21. Одночасно сигнали з виходів першого 16 та другого 19 регістрів надходять на входи третього цифрового компаратора 22, де відбувається перевірка напряму обертання ротора гідрогенератора. В разі коректного вимірювання швидкості, на виході третього цифрового компаратора 22 з'являється сигнал логічної одиниці, який відкриває третій елемент І 24. У випадку, коли швидкість менша від номінальної, на виході другого цифрового компаратора 23 з'являється сигнал логічного нуля, який через третій елемент І 24 під дією сигналу з третього виходу розподільвача тактів 18 записується в другий тригер 25. При цьому тепловий портрет ротора не фіксується.

Якщо ж швидкість обертання ротора гідрогенератора стає рівною номінальній, то на другому виході другого тригера 25 з'являється сигнал логічного нуля, на першому виході другого тригера 25 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 19 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 27.

Залежно від кутової швидкості обертання  $\omega$  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  $m = 360^\circ / \beta$ ,  $\beta$  - мінімальний сектор поверхні ротора, що потрапляє в поле зору лінійки  $n$  ІЧ-датчиків 6,  $n$  - коефіцієнт ділення дільника частоти 13, що відповідає кількості окремих ІЧ-датчиків 6.1, 6.2, ..., 6.n. Отже, з частотою  $f_1/n$ , при номінальній швидкості обертання ротора, на виході дільника частоти 13 з'являються імпульси, якими фіксуються у буферному регістрі 14 на час  $\Delta T = n/f_1$  електричні сигнали в аналоговому вигляді з виходів  $n$  окремих ІЧ-датчиків 6.1, 6.2, ..., 6.n. Амплітуди цих сигналів пропорційні температурі елементарних ділянок поверхні об'єкта (кількість таких ділянок  $N = n \cdot m$ ). Комутатором 26 здійснюється зчитування інформації з буферного регістра 14 з наступним її перетворенням із паралельного виду представлення в послідовний. Сформований таким чином сигнал з виходу комутатора 26 потрапляє на вхід відеоконтрольного блока 27 і на вхід АЦП 36, в якому він перетворюється в цифрову форму.

Генератор напруги, що змінюється ступінчасто, 32, перший 30 та другий 31 керовані підсилювачі і блок пам'яті 28 призначені для формування сигналів розгортки відеоконтрольного блока 27. Сигнал частотою  $f_1$ , що надходить на вхід генератора напруги, що змінюється ступінчасто, 32, на виході приймає ступінчасту форму (містить  $n$  складових) і подається на входи першого 30 і другого 31 керованих підсилювачів, коефіцієнт підсилення яких задається вихідними сигналами блока пам'яті 28. При цьому коефіцієнти підсилення першого 30 та другого 31 керованих підсилювачів задаються так, що на їх виходах формуються сигнали, пропорційні  $R_i \cdot \sin \phi_i$  та  $R_i \cdot \cos \phi_i$  відповідно, де  $R_i$  - радіус,  $\phi_i$  - кут координати елементарної ділянки поверхні ротора в полярній системі координат, що обумовлено сигналами з датчика положення 15. При цьому  $i = \overline{0, n}$ ,  $i = \overline{0, n}$ .

На вхід блока пам'яті 28 сигнали надходять з першого лічильника 29, коефіцієнт перерахунку якого дорівнює  $m$ . В результаті на екрані відеоконтрольного блока 27 при наявності одного інформаційного сигналу, двох сигналів розгортки та сигналу з виходу дільника частоти 13 формується зображення, що відповідає тепловому портрету ротора гідрогенератора.

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

Вимірювання ресурсу ізоляції ротора гідрогенератора, залежно від температури впливу на ізоляцію, за тепловим портретом здійснюється так. Одночасно аналогові сигнали з виходу комутатора 26 потрапляють і на відеоконтрольний блок 27, і на вхід АЦП 36, в якому по сигналу з виходу другого елемента 12 здійснюється їх перетворення в цифровий код. По закінченню першого перетворення в четвертому цифровому компараторі 39 здійснюється порівняння цифрового коду з виходу АЦП 36 та нульового коду, записаного в четвертому регістрі 38. При цьому на виході четвертого цифрового компаратора 39 з'являється сигнал логічної одиниці, яким відкривається четвертий елемент 137 і по сигналу з виходу другого елемента 12 цифровий код з виходу АЦП 36 записується в четвертий регістр 38. При черговому циклі аналого-цифрового перетворення на виході АЦП 36 з'являється цифровий код, який порівнюється з кодом, записаним в четвертому регістрі 38. І якщо цифровий код на виході АЦП 36 перевищує код, записаний в четвертому регістрі 38, то відбувається перезапис коду в четвертий регістр 38. Таким чином в процесі аналого-цифрового перетворення сигналів, що відповідають температурі різних точок об'єкта дослідження, в четвертому регістрі 38 зберігається код, що відповідає найвищій температурі об'єкта дослідження. По завершенні повного оберту досліджуваного об'єкта на виході другого лічильника 33, коефіцієнт ділення якого дорівнює  $N$ , з'являється імпульс, яким інформація з четвертого регістра 38 переписується в третій регістр 34 та виводиться на цифровий індикатор 35. Одночасно цифровий код з виходу третього регістра 34 надходить на вхід ЦАП 40, вихідний аналоговий сигнал якого подається на вхід перетворювача напруга-частота 41. З виходу останнього послідовність імпульсів надходить в третій лічильник 44 - лічильник відпрацьованого ресурсу ізоляції ротора гідрогенератора 1, яка накопичується за кожен оберт ротора гідрогенератора в процесі його роботи.

Зауважимо, що температура в місці нагріву ізоляції обмотки ротора гідрогенератора може змінюватись, а, отже, буде змінюватись і частота надходження імпульсів в третій лічильник 44, яка залежить від значення аналогового сигналу, що відповідає температурі елементарної ділянки поверхні ротора гідрогенератора і передається за допомогою відповідного інфрачервоного сенсора.

У випадку, коли ресурс роботи ізоляції ротора, що залежить від температури, вичерпується цифровий код на виході третього лічильника 44 досягає значення, записаного в блоці задання

ресурсу 43. При цьому на виході п'ятого цифрового компаратора 45 з'являється сигнал логічної одиниці, яким вмикається індикатор 46, що свідчить про вичерпання робочого ресурсу ізоляції ротора гідрогенератора.

5

#### ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Пристрій для безконтактного вимірювання ресурсу ізоляції ротора гідрогенератора, що містить об'єкти, за яким п 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 п лінз, дільник частоти, буферний регістр, лічильник, відеоконтрольний блок, два керовані підсилювачі, генератор напруги, що змінюється ступінчасто, блок пам'яті, АЦП, комутатор, лінійка п окремих ІЧ-датчиків, блок задання положення, три цифрові компаратори, два регістри, датчик положення, два тригери, індикатор, цифровий суматор, розподільувач тактів, два генератори імпульсів, три елементи І, блок задання швидкості, причому вихід дільника частоти підключений до входів буферного регістра, лічильника та до першого входу відеоконтрольного блока, другий та третій входи якого з'єднані з виходами першого та другого керованих підсилювачів, перші входи яких підключені до виходу генератора напруги, 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 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 ІЧ-датчиків, вхідна 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, вихід другого елемента І з'єднаний з другим входом АЦП, друга вхідна цифрова шина другого цифрового компаратора 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 розподільувача тактів, третій вихід якого підключений до другого входу другого тригера, вихід другого генератора імпульсів з'єднаний з входом розподільувача 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, та комутатора, вхідні цифрові шини першого та другого регістрів з'єднані відповідно з першою і другою вхідними цифровими шинами третього цифрового компаратора, вихід якого підключений до першого входу третього елемента І, другий вхід якого з'єднаний з виходом другого цифрового компаратора, а вихід підключений до першого входу другого тригера, який **відрізняється** тим, що в нього введено два лічильники, два регістри, два цифрових компаратори, цифровий індикатор, четвертий елемент І, цифро-аналоговий перетворювач (ЦАП), перетворювач напруга-частота, блок установки нуля та блок задання ресурсу, причому вихідна цифрова шина АЦП 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 АЦП, другий вхід четвертого елемента І разом з другим входом АЦП та зі входом другого лічильника підключені до виходу другого елемента І, вихідна цифрова шина третього регістра з'єднана зі вхідною цифровою шиною цифрового індикатора та зі вхідною цифровою шиною ЦАП, 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 четвертого елемента І, вихід якого з'єднаний зі входом четвертого регістра, вихід другого лічильника підключений до входу третього регістра, вихідна цифрова шина АЦП з'єднана з колами ЕОМ.



