



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **154650** (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

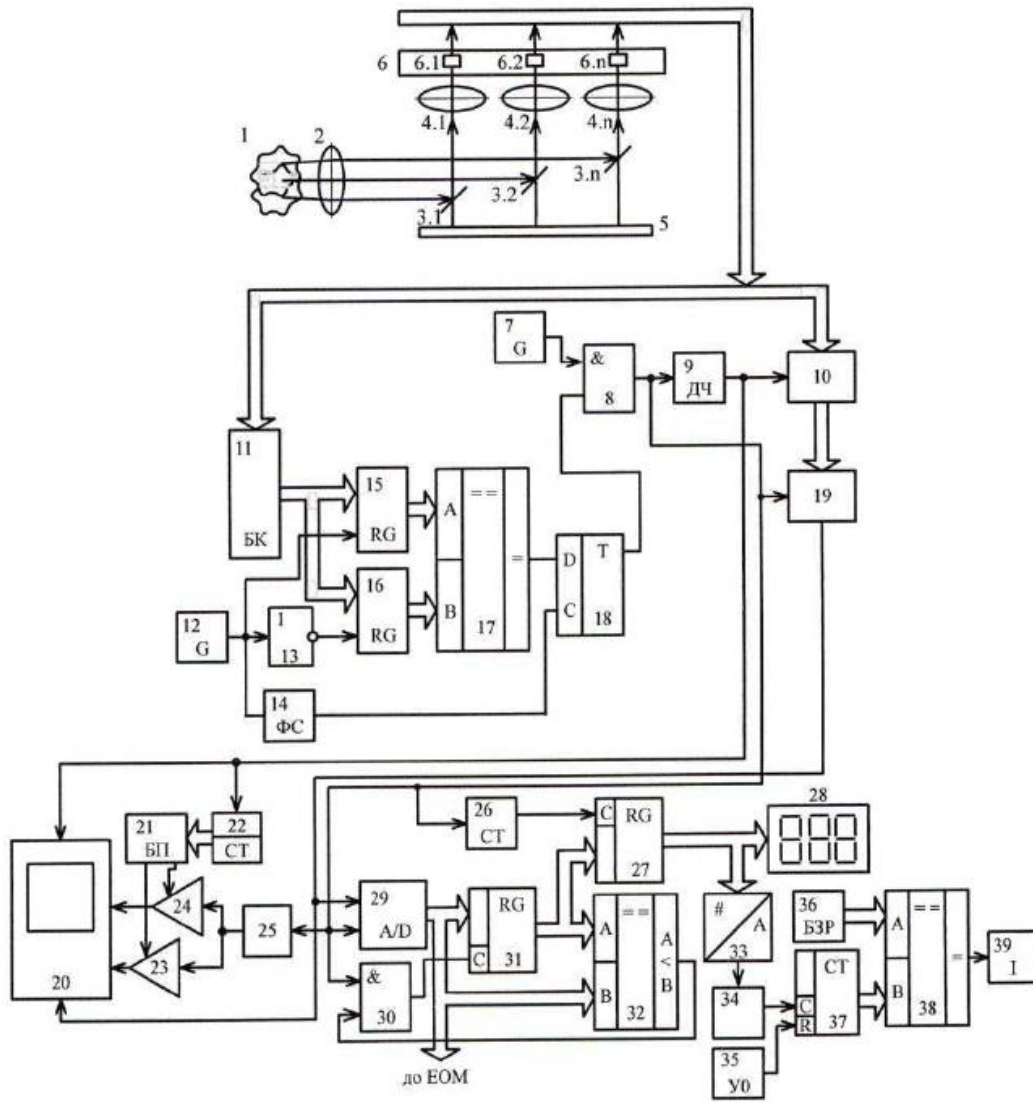
(21) Номер заявки: <b>u 2023 02049</b>	(72) Винахідник(и): <b>Грабко Володимир Віталійович (UA), Грабко Валентин Володимирович (UA), Розводюк Михайло Петрович (UA)</b>
(22) Дата подання заявки: <b>01.05.2023</b>	(73) Володілець (володільці): <b>ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ, вул. Хмельницьке шосе, 95, м. Вінниця, 21021 (UA)</b>
(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: <b>30.11.2023</b>	
(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію: <b>29.11.2023, Бюл.№ 48</b>	

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

### (57) Реферат:

Пристрій для безконтактного вимірювання ресурсу ізоляції ротора гідрогенератора містить об'єктив, n дзеркал, закріплених на оптичній лінійці таким чином, що їх площини утворюють кут 45° з головною оптичною віссю, n лінз, що встановлені на одній оптичній осі з дзеркалами, лінійку n окремих інфрачервоних датчиків, дільник частоти, буферний регістр, комутатор, аналого-цифровий перетворювач, блок компараторів, елемент ІІ, формувач сигналу, два регістри, перший цифровий компаратор, тригер, перший елемент І, індикатор, два генератори імпульсів, два керовані підсилювачі, відеоконтрольний блок, перший лічильник, генератор напруги та блок пам'яті. В нього введено два лічильники, два регістри, два цифрові компаратори, цифровий індикатор, другий елемент І, цифро-аналоговий перетворювач, перетворювач напруга-частота, блок установки нуля та блок задання ресурсу. При цьому 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 другого цифрового компаратора, друга вхідна цифрова шина якого з'єднана з вихідною цифровою шиною аналого-цифрового перетворювача, другий вхід другого елемента І разом зі входом другого лічильника підключені до виходу першого елемента І, 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 третього цифрового компаратора, перша вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини блока задання ресурсу, а вихід з'єднаний зі входом індикатора, вихід другого цифрового компаратора підключений до першого входу другого елемента І, 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 154650 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, МПК G01K 13/08, бюл. № 2, 2012), що містить об'єкти, 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, 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, вхідна цифрова шина АЦП підключена через інтерфейсний блок в кола ЕОМ, вихідна цифрова шина блока задання положення з'єднана з першою вхідною цифровою шиною першого цифрового компаратора, друга вхідна цифрова шина якого разом з вхідними цифровими шинами першого та другого регістрів підключені до вихідної цифрової шини датчика положення, вихід першого цифрового компаратора з'єднаний з першим входом першого елемента І, другий вхід якого підключений до першого виходу другого тригера, а вихід з'єднаний з першим входом першого тригера, другий вхід якого разом зі входом індикатора підключені до другого виходу другого тригера, перший вхід якого з'єднаний з виходом другого цифрового компаратора, друга вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини блока задання швидкості, а перша вхідна цифрова шина з'єднана з вихідною цифровою шиною цифрового суматора, перша і друга вхідні цифрові шини якого підключені відповідно до вихідних цифрових шин першого та другого регістрів, входи яких з'єднані відповідно з першим та другим виходами 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, 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.

Найближчим аналогом є пристрій для безконтактного вимірювання температури ротора гідрогенератора (Патент України № 120310, МПК G01K 13/08, бюл. № 20, 2017), що містить об'єкти, п дзеркал, закріплених на оптичній лінійці таким чином, що їх площини утворюють кут  $45^\circ$  з головною оптичною віссю, п лінз, що встановлені на одній оптичній осі з дзеркалами, лінійку п окремих 14 датчиків, дільник частоти, буферний регістр, комутатор, АЦП, інтерфейсний блок, блок компараторів, елемент ІІ, формувач сигналу, два регістри, цифровий компаратор (в подальшому - перший цифровий компаратор), тригер, елемент І (в подальшому - перший елемент І), індикатор, два генератори імпульсів, два керовані підсилювачі, відеоконтрольний блок, лічильник (в подальшому - перший лічильник), генератор напруги та блок пам'яті, причому вихід дільника частоти підключений до входів буферного регістра, першого лічильника та до першого входу відеоконтрольного блока, другий та третій входи якого з'єднані з виходами першого та другого керованих підсилювачів, перші входи яких підключені до виходу генератора напруги, а другі входи з'єднані відповідно з першим та другим виходами блока пам'яті, вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини першого лічильника, четвертий вхід відеоконтрольного блока разом з першим входом 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 14-датчиків, вхідна цифрова шина АЦП через інтерфейсний блок підключена в кола ЕОМ, вихід першого цифрового компаратора з'єднаний з першим входом тригера, другий вихід якого підключений до входу індикатора, вихід першого генератора імпульсів з'єднаний з першим входом першого елемента І, вихід якого підключений до входів дільника частоти, комутатора, генератора напруги та до другого входу АЦП, вихід тригера з'єднаний з другим входом першого елемента І, а другий вхід підключений до виходу формувача сигналу, вхід якого разом зі входами першого регістра та елемента ІІ з'єднані з виходом другого генератора імпульсів, вихід елемента ІІ підключений до входу

другого регістра, вихідна цифрова шина блока компараторів з'єднана зі вхідними цифровими шинами першого та другого регістрів, вихідні цифрові шини яких підключені до першої та другої вхідних цифрових шин першого цифрового компаратора, вхідна цифрова шина блока компараторів з'єднана з виходами лінійки п окремих ІЧ-датчиків.

5 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.

10 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.

15 Поставлена задача вирішується тим, що в пристрій для безконтактного вимірювання ресурсу ізоляції ротора гідрогенератора, що містить об'єкти, п дзеркал, закріплених на оптичній лінійці таким чином, що їх площини утворюють кут  $45^\circ$  з головною оптичною віссю, п лінз, що встановлені на одній оптичній осі з дзеркалами, лінійку п окремих 14 датчиків, дільник частоти, буферний регістр, комутатор, АЦП, блок компараторів, елемент НІ, формувач сигналу, 20 два регістри, перший цифровий компаратор, тригер, перший елемент І, індикатор, два генератори імпульсів, два керовані підсилювачі, відеоконтрольний блок, перший лічильник, генератор напруги та блок пам'яті, причому вихід дільника частоти підключений до входів буферного регістра, першого лічильника та до першого входу відеоконтрольного блока, другий та третій входи якого з'єднані з виходами першого та другого керованих підсилювачів, перші 25 входи яких підключені до виходу генератора напруги, а другі входи з'єднані відповідно з першим та другим виходами блока пам'яті, вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини першого лічильника, четвертий вхід відеоконтрольного блока разом з першим входом АЦП з'єднані з виходом комутатора, вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної 30 цифрової шини буферного регістра, вхідна цифрова шина якого з'єднана з виходами лінійки п окремих 14-датчиків, вихід першого цифрового компаратора з'єднаний з першим входом тригера, вихід першого генератора імпульсів з'єднаний з першим входом першого елемента І, вихід якого підключений до входів дільника частоти, комутатора, генератора напруги та до другого входу АЦП, вихід тригера з'єднаний з другим входом першого елемента І, а другий вхід 35 підключений до виходу формувача сигналу, вхід якого разом зі входами першого регістра та елемента НІ з'єднані з виходом другого генератора імпульсів, вихід елемента НІ підключений до входу другого регістра, вихідна цифрова шина блока компараторів з'єднана зі вхідними цифровими шинами першого та другого регістрів, вихідні цифрові шини яких підключені до 40 першої та другої вхідних цифрових шин першого цифрового компаратора, вхідна цифрова шина блока компараторів з'єднана з виходами лінійки п окремих ІЧ-датчиків, згідно з корисною моделлю, два лічильники, два регістри, два цифрові компаратори, цифровий індикатор, другий елемент І, цифро-аналоговий перетворювач (ЦАП), перетворювач напруга-частота, блок 45 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 другого цифрового компаратора, друга вхідна цифрова шина якого з'єднана з вихідною цифровою шиною АЦП, другий вхід другого елемента І разом зі входом другого лічильника підключені до виходу першого елемента І, вихідна цифрова шина третього регістра з'єднана зі вхідною цифровою шиною цифрового індикатора та зі вхідною цифровою шиною ЦАП, вихід якого 50 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 третього цифрового компаратора, перша вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини блока задання ресурсу, а вихід з'єднаний зі входом індикатора, вихід другого цифрового компаратора 55 підключений до першого входу другого 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.

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

На схемі: 1 - об'єкт дослідження - ротор гідрогенератора; 2 - об'єктив; 3-п дзеркал; 4-п лінз; 5 - оптична лінійка; 6 - лінійка п окремих 14 датчиків 6.1 – 6 п; 7 - перший генератор імпульсів; 8 - перший елемент І; 9 - дільник частоти; 10 - буферний регістр; 11 - блок компараторів; 12 - другий генератор імпульсів; 13 - елемент НІ; 14 - формувач сигналу; 15 - перший регістр; 16 - другий регістр; 17 - перший цифровий компаратор; 18 - тригер; 19 - комутатор; 20 - відеоконтрольний блок; 21 - блок пам'яті; 22 - перший лічильник; 23, 24 - перший та другий керовані підсилювачі; 25 - генератор напруги; 26 - другий лічильник; 27 - третій регістр; 28 - цифровий індикатор; 29 - аналого-цифровий перетворювач; 30 - другий елемент І; 31 - четвертий регістр; 32 - другий цифровий компаратор; 33 - цифро-аналоговий перетворювач; 34 - перетворювач напруга-частота; 35 - блок установки нуля; 36 - блок задання ресурсу; 37 - третій лічильник; 38 - третій цифровий компаратор; 39 - індикатор, причому ротор гідрогенератора 1 через об'єктив 2 оптично пов'язаний з п дзеркалами 3.1-3 п, закріпленими на оптичній лінійці 5 таким чином, що їх площини утворюють кут 45° з головною оптичною віссю, п лінз 4.1-4.п встановлені на одній оптичній осі з дзеркалами, вихід дільника частоти 9 підключений до входів буферного регістра 10, першого лічильника 22 та до першого входу відеоконтрольного блока 20, другий та третій входи якого з'єднані з виходами першого 23 та другого 24 керованих підсилювачів, перші входи яких підключені до виходу генератора напруги 25, а другі входи з'єднані відповідно з першим та другим виходами блока пам'яті 21, вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини першого лічильника 22, четвертий вхід відеоконтрольного блока 20 разом з першим входом АЦП 29 з'єднані з виходом комутатора 19, вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини буферного регістра 10, вхідна цифрова шина якого з'єднана з виходами лінійки 6 п окремих 14-датчиків 6.1-6.п, вихід першого цифрового компаратора 17 з'єднаний з першим входом тригера 18, вихід першого генератора імпульсів 7 з'єднаний з першим входом першого елемента І 8, вихід якого підключений до входів дільника частоти 9, комутатора 19, генератора напруги 25 та до другого входу АЦП 29, вихід тригера 18 з'єднаний з другим входом першого елемента І 8, а другий вхід підключений до виходу формувача сигналу 14, вхід якого разом зі входами першого регістра 15 та елемента НІ 13 з'єднані з виходом другого генератора імпульсів 12, вихід елемента НІ 13 підключений до входу другого регістра 16, вихідна цифрова шина блока компараторів 11 з'єднана зі вхідними цифровими шинами першого 15 та другого 16 регістрів, вихідні цифрові шини яких підключені до першої та другої вхідних цифрових шин першого цифрового компаратора 17, вхідна цифрова шина блока компараторів 11 з'єднана з виходами лінійки 6 п окремих 14-датчиків 6.1-6.п, вихідна цифрова шина АЦП 29 з'єднана зі вхідною цифровою шиною четвертого регістра 31, вихідна цифрова шина якого підключена до вхідної цифрової шини третього регістра 27 та до першої вхідної цифрової шини другого цифрового компаратора 32, друга вхідна цифрова шина якого з'єднана з вихідною цифровою шиною АЦП 29, другий вхід другого елемента І 8 разом з входом другого лічильника 26 підключені до виходу першого елемента І 8, вихідна цифрова шина третього регістра 27 з'єднана зі вхідною цифровою шиною цифрового індикатора 28 та зі вхідною цифровою шиною ЦАП 33, вихід якого підключений до входу перетворювача напруга-частота 34, вихід якого з'єднаний з першим входом третього лічильника 37, другий вхід якого підключений до виходу блока установки нуля 35, а вихідна цифрова шина з'єднана з другою вхідною цифровою шиною третього цифрового компаратора 38, перша вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини блока задання ресурсу 36, а вихід з'єднаний зі входом індикатора 39, вихід другого цифрового компаратора 32 підключений до першого входу другого елемента І 30, вихід якого з'єднаний зі входом четвертого регістра 31, вихід другого лічильника 26 підключений до входу третього регістра 27, вихідна цифрова шина АЦП 29 з'єднана з колами ЕОМ.

Запропонований пристрій працює так. При подачі напруги живлення перший 7 та другий 12 генератори імпульсів починають формувати відповідні послідовності імпульсів. Одночасно вихідним сигналом блока установки нуля 35 третій лічильник 37 скидається. Потік інфрачервоного випромінювання, який створюється поверхнею ротора гідрогенератора 1 (об'єкт дослідження), що знаходиться на деякій відстані від оптичної системи пристрою, потрапляє через об'єктив 2 та через п дзеркал 3.1-3.п, закріплених на оптичній лінійці 5 таким чином, що їх площини утворюють кут 45° з головною оптичною віссю, через п лінз 4.1-4.п, встановлених на одній оптичній осі з дзеркалами, на лінійку 6 п окремих інфрачервоних датчиків 6.1-6.п, розташованих вздовж радіуса ротора. Очевидно, що при обертанні ротора гідрогенератора 1 в кожен момент часу в поле зору інфрачервоних датчиків 6.1-6.п 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 1 знаходиться в нерухомому стані або його швидкість обертання менша від номінальної, то на екран відеоконтрольного блока 20 теплове зображення поверхні ротора не виводиться. Це обумовлено наступним.

5 Сигнали, що надходять з виходів  $n$  окремих інфрачервоних датчиків 6.1-6. $n$  на вхід блока компараторів 11, перетворюються в цифрову форму та записуються по сигналу логічної одиниці з виходу другого генератора імпульсів 12 в перший регістр 15, а по сигналу логічного нуля, який перетворюється в сигнал логічної одиниці в елементі НІ 13, записуються в другий регістр 16. Зазначимо, що перший 15 та другий 16 мають синхронний прямий динамічний вхід і сигнали записуються в них по передньому фронту імпульсів з виходу другого генератора імпульсів 12.

10 Якщо на виході першого цифрового компаратора 17 присутній сигнал логічного нуля, то це значить, що в першому 15 та другому 16 регістрах цифрові коди не співпадають, а, отже, частота сигналів другого генератора імпульсів 12 відрізняється від частоти обертання ротора гідрогенератора, що визначається кутовою швидкістю, розташованого по радіусу ротора, мінімального сектора поверхні ротора  $\beta$ , що потрапляє в поле зору інфрачервоних датчиків 6.1-6. $n$ .

15 Сигнал логічного нуля з виходу першого цифрового компаратора 17 перезаписується в тригер 18 по імпульсу, що з'являється на виході формувача сигналу 14 по задньому фронту вихідного імпульсу з другого генератора імпульсів 12. Враховуючи те, що в тригері 18 зберігається сигнал логічного нуля, то тепловий портрет ротора не фіксується.

20 Очевидно, що у разі співпадання кутової швидкості мінімального сектора поверхні ротора  $\beta$  з частотою надходження імпульсів другого генератора імпульсів 12 в перший 15 та другий 16 регістри буде записуватись один і той же цифровий код.

Якщо ж швидкість обертання ротора гідрогенератора стає рівною номінальній, то на виході першого цифрового компаратора 17, а, отже, на першому виході тригера 18 з'являється сигнал логічної одиниці, який подається на вхід першого елемента І 8. Внаслідок цього імпульси з виходу першого генератора імпульсів 7 через перший елемент І 8 починають надходити в блоки, за допомогою яких формується тепловий портрет на екрані відеоконтрольного блока 20.

25

Залежно від номінальної кутової швидкості обертання  $\omega$  ротора гідрогенератора 1 вибрана частота формування імпульсів  $f_1$  першого генератора імпульсів 7, 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 інфрачервоних датчиків 6.1-6. $n$ ,  $n$  - коефіцієнт ділення дільника частоти 9, що відповідає кількості окремих інфрачервоних датчиків 6.1-6. $n$ . Отже, з частотою  $f_1/n$ , при номінальній швидкості обертання ротора, на виході дільника частоти 9 з'являються імпульси, якими фіксуються у буферному регістрі 10 на час  $\Delta T = n/f_1$  електричні сигнали в аналоговому вигляді з виходів окремих інфрачервоних датчиків 6.1-6. $n$ . Амплітуди цих сигналів пропорційні температурі елементарних ділянок поверхні об'єкта (кількість таких ділянок  $N = n \cdot m$ ).

30 Комутатором 19 здійснюється зчитування інформації з буферного регістра 10 з наступним її перетворенням із паралельного виду представлення в послідовний. Сформований таким чином сигнал з виходу комутатора 19 потрапляє на вхід відеоконтрольного блока 20 і на вхід АЦП 29, в якому він перетворюється в цифрову форму.

40 Генератор напруги 25, перший 23 та другий 24 керовані підсилювачі і блок пам'яті 21 призначені для формування сигналів розгортки відеоконтрольного блока 20. Сигнал частотою  $f_1$ , що надходить на вхід генератора напруги 25, на виході приймає ступінчасту форму (містить  $n$  складових) і подається на входи першого 23 і другого 24 керованих підсилювачів, коефіцієнт підсилення яких задається вихідними сигналами блока пам'яті 21. При цьому коефіцієнти підсилення першого 23 та другого 24 керованих підсилювачів задаються так, що на їх виходах формуються сигнали, пропорційні  $R_i \cdot \sin \phi_j$  та  $R_i \cdot \cos \phi_j$  відповідно, де  $R_i$  - радіус,  $\phi_j$  - кут координати елементарної ділянки поверхні ротора в полярній системі координат. При цьому  $i = \overline{0, n}$ ,  $j = \overline{0, m}$ .

50 На вхід блока пам'яті 21 сигнали надходять з першого лічильника 22, коефіцієнт перерахунку якого дорівнює  $m$ . В результаті на екрані відеоконтрольного блока 20 при наявності одного інформаційного сигналу, двох сигналів розгортки та сигналу з виходу дільника частоти 9 формується зображення, що відповідає тепловому портрету ротора гідрогенератора 1.

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.

Зазначимо, що частота імпульсів з другого генератора імпульсів 12 співпадає з частотою імпульсів, що формуються на виході дільника частоти 9. Тривалість імпульсу на виході формувача сигналів вибирається суттєво меншою тривалості півперіоду частоти сигналів другого генератора імпульсів 12.

60

Поріг спрацьовування компараторів в блоці компараторів 11 вибирається дослідним шляхом.

Вимірювання ресурсу ізоляції ротора гідрогенератора 1, в залежності від температури впливу на ізоляцію, за тепловим портретом здійснюється так. Підкреслимо, що аналогові сигнали з виходу комутатора 19 потрапляють на вхід АЦП 29, в якому по сигналу з виходу першого елемента І 8 здійснюється їх перетворення в цифровий код. По закінченню першого перетворення в другому цифровому компараторі 32 здійснюється порівняння цифрового коду з виходу АЦП 29 та нульового коду, записаного в четвертому регістрі 31. При цьому на виході другого цифрового компаратора 32 з'являється сигнал логічної одиниці, яким відкривається другий елемент І 30 і по сигналу з виходу першого елемента І 8 цифровий код з виходу АЦП 29 записується в четвертий регістр 31. При черговому циклі аналого-цифрового перетворення на виході АЦП 29 з'являється цифровий код, який порівнюється з кодом, записаним в четвертому регістрі 31. І якщо цифровий код на виході АЦП 29 перевищує код, записаний в четвертому регістрі 31, то відбувається перезапис коду в четвертий регістр 31. Таким чином в процесі аналого-цифрового перетворення сигналів, що відповідають температурі різних точок об'єкта дослідження, в четвертому регістрі 31 зберігається код, що відповідає найвищій температурі об'єкта дослідження. По завершенню повного оберту досліджуваного об'єкта на виході другого лічильника 26, коефіцієнт ділення якого дорівнює  $N$ , з'являється імпульс, яким інформація з четвертого регістра 31 переписується в третій регістр 27 та виводиться на цифровий індикатор 28. Одночасно цифровий код з виходу третього регістра 27 надходить на вхід ЦАП 33, вихідний аналоговий сигнал якого подається на вхід перетворювача напруга-частота 34. З виходу останнього послідовність імпульсів надходить в третій лічильник 37 - лічильник відпрацьованого ресурсу ізоляції ротора гідрогенератора 1, який накопичується за кожен оберт ротора гідрогенератора 1 в процесі його роботи.

Зауважимо, що температура в місці нагріву ізоляції обмотки ротора гідрогенератора 1 може змінюватись, а, отже, буде змінюватись і частота надходження імпульсів в третій лічильник 37, яка залежить від значення аналогового сигналу, що відповідає температурі елементарної ділянки поверхні ротора гідрогенератора 1 і передається за допомогою відповідного інфрачервоного датчика.

У випадку, коли ресурс роботи ізоляції ротора, що залежить від температури, вичерпується цифровий код на виході третього лічильника 37 досягає значення, записаного в блоці задання ресурсу 36. При цьому на виході третього цифрового компаратора 38 з'являється сигнал логічної одиниці, яким вмикається індикатор 39, що свідчить про вичерпання робочого ресурсу ізоляції ротора гідрогенератора 1.

#### ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Пристрій для безконтактного вимірювання ресурсу ізоляції ротора гідрогенератора, що містить об'єкти,  $n$  дзеркал, закріплених на оптичній лінійці таким чином, що їх площини утворюють кут  $45^\circ$  з головною оптичною віссю,  $n$  лінз, що встановлені на одній оптичній осі з дзеркалами, лінійку  $n$  окремих інфрачервоних датчиків, дільник частоти, буферний регістр, комутатор, аналого-цифровий перетворювач, блок компараторів, елемент ІІ, формувач сигналу, два регістри, перший цифровий компаратор, тригер, перший елемент І, індикатор, два генератори імпульсів, два керовані підсилювачі, відеоконтрольний блок, перший лічильник, генератор напруги та блок пам'яті, причому вихід дільника частоти підключений до входів буферного регістра, першого лічильника та до першого входу відеоконтрольного блока, другий та третій входи якого з'єднані з виходами першого та другого керованих підсилювачів, перші входи яких підключені до виходу генератора напруги, а другі входи з'єднані відповідно з першим та другим виходами блока пам'яті, вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини першого лічильника, четвертий вхід відеоконтрольного блока разом з першим входом 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, вихід першого цифрового компаратора з'єднаний з першим входом тригера, вихід першого генератора імпульсів з'єднаний з першим входом першого елемента І, вихід якого підключений до входів дільника частоти, комутатора, генератора напруги та до другого входу аналого-цифрового перетворювача, вихід тригера з'єднаний з другим входом першого елемента І, а другий вхід підключений до виходу формувача сигналу, вхід якого разом зі входами першого регістра та елемента ІІ з'єднані з виходом другого генератора імпульсів, вихід елемента ІІ підключений до входу другого регістра, вихідна цифрова шина блока компараторів з'єднана зі вхідними цифровими шинами

першого та другого регістрів, вихідні цифрові шини яких підключені до першої та другої вхідних цифрових шин першого цифрового компаратора, вхідна цифрова шина блока компараторів з'єднана з виходами лінійки  $n$  окремих інфрачервоних датчиків, який **відрізняється** тим, що введено два лічильники, два регістри, два цифрові компаратори, цифровий індикатор, другий елемент І, 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 другого цифрового компаратора, друга вхідна цифрова шина якого з'єднана з вихідною цифровою шиною аналого-цифрового перетворювача, другий вхід другого елемента І разом зі входом другого лічильника підключені до виходу першого елемента І, 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 третього цифрового компаратора, перша вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини блока задання ресурсу, а вихід з'єднаний зі входом індикатора, вихід другого цифрового компаратора підключений до першого входу другого елемента І, 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.

