



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **162727** (13) **U**
(51) МПК
G01K 13/08 (2006.01)

НАЦІОНАЛЬНИЙ ОРГАН
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ
ДЕРЖАВНА ОРГАНІЗАЦІЯ
"УКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
ОФІС ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ ТА ІННОВАЦІЙ"

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: u 2025 05484	(72) Винахідник(и): Грабко Володимир Віталійович (UA), Грабко Валентин Володимирович (UA), Чорний Олексій Петрович (UA)
(22) Дата подання заявки: 10.11.2025	
(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: 16.04.2026	(73) Володілець (володільці): ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ, вул. Хмельницьке шосе, 95, м. Вінниця, 21021 (UA)
(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію: 15.04.2026, Бюл.№ 15	

(54) ПРИСТРІЙ ДЛЯ ТЕПЛОВІЗІЙНОГО ДІАГНОСТУВАННЯ ОБМОТОК РОТОРА ГІДРОГЕНЕРАТОРА

(57) Реферат:

Пристрій для тепловізійного діагностування обмоток ротора гідрогенератора містить об'єктив, п дзеркал, закріплених на оптичній лінійці таким чином, що їх площини утворюють кут 45° з головною оптичною віссю, п лінз, що встановлені на одній оптичній осі з дзеркалами, лінійка п окремих інфрачервоних сенсорів, дільник частоти, буферний регістр, комутатор, два аналого-цифрові перетворювачі, інтерфейсний блок, п'ять регістрів, два цифрові компаратори, перший тригер, два елементи І, два генератори імпульсів, два керовані підсилювачі, відеоконтрольний блок, три лічильники, генератор напруги, блок пам'яті, блок компараторів, елемент НІ, два формувачі сигналу, перший компаратор та два цифрові індикатори. 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 першого 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 п окремих інфрачервоних сенсорів. Вихідна цифрова шина першого аналого-цифрового перетворювача через інтерфейсний блок підключена в кола ЕОМ, вихід першого цифрового компаратора з'єднаний з першим входом першого 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 першого аналого-цифрового перетворювача, вихід першого тригера з'єднаний з другим входом першого елемента І. Другий вхід підключений до виходу першого 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 першої та другої вхідних цифрових шин першого цифрового компаратора. Вхідна цифрова шина блока компараторів з'єднана з виходами лінійки п окремих інфрачервоних сенсорів. Вихід першого елемента І підключений до входу другого лічильника, вихідна цифрова шина другого аналого-цифрового перетворювача з'єднана з вхідною цифровою шиною третього регістра, вихідна цифрова шина якого підключена до вхідної цифрової шини четвертого регістра та до першої вхідної цифрової шини другого цифрового компаратора, друга

UA 162727 U

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

Відомий пристрій для безконтактного вимірювання температури ротора гідрогенератора (Патент України № 120310, МПК G01K 13/08, бюлетень № 20, 2017), що містить об'єкти, п дзеркал, закріплених на оптичній лінійці таким чином, що їх площини утворюють кут 45° з головною оптичною віссю, п лінз, що встановлені на одній оптичній осі з дзеркалами, лінійка п окремих інфрачервоних (14) сенсорів, дільник частоти, буферний регістр, комутатор, аналого-цифровий перетворювач (АЦП), інтерфейсний блок, два регістри, цифровий компаратор, тригер, елемент І, індикатор, два генератори імпульсів, два керовані підсилювачі, відеоконтрольний блок, лічильник, генератор напруги, блок пам'яті, блок компараторів, елемент НІ та формувач сигналу, 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, 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 14 сенсорів, вихідна цифрова шина АЦП через інтерфейсний блок підключена в кола ЕОМ, вихід цифрового компаратора з'єднаний з першим входом тригера, другий вихід якого підключений до входу індикатора, вихід першого генератора імпульсів з'єднаний з першим входом елемента І, вихід якого підключений до входів дільника частоти, комутатора, генератора напруги та до другого входу АЦП, перший вихід тригера з'єднаний з другим входом елемента І, а другий вхід 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 першої та другої вхідних цифрових шин цифрового компаратора, вхідна цифрова шина блока компараторів з'єднана з виходами лінійки п окремих 14 сенсорів.

Головним недоліком даного пристрою є те, що він не дозволяє ідентифікувати та фіксувати виток з підвищеною температурою полюса обмотки ротора гідрогенератора в процесі вимірювання його теплового портрету під час роботи, оскільки гідрогенератор є специфічною електричною машиною закритого виконання, що ускладнює доступ до його обертових частин.

Аналогом є пристрій для безконтактного вимірювання температури ротора гідрогенератора (Патент України № 129877, МПК G01K 13/08, бюл. № 21, 2018), що містить об'єкти, п дзеркал, закріплених на оптичній лінійці таким чином, що їх площини утворюють кут 45° з головною оптичною віссю, п лінз, що встановлені на одній оптичній осі з дзеркалами, лінійка п окремих 14 сенсорів, дільник частоти, буферний регістр, комутатор, два АЦП, інтерфейсний блок, п'ять регістрів, два цифрові компаратори, тригер (в подальшому - перший тригер), два елементи І, індикатор, два генератори імпульсів, два керовані підсилювачі, відеоконтрольний блок, три лічильники, генератор напруги, блок пам'яті, блок компараторів, елемент НІ та два формувачі сигналу, компаратор (в подальшому - перший компаратор) та два цифрові індикатори, 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 першого 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 сенсорів, вихідна цифрова шина першого АЦП через інтерфейсний блок підключена в кола ЕОМ, вихід першого цифрового компаратора з'єднаний з першим входом першого 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 першого АЦП, вихід першого тригера з'єднаний з другим входом першого елемента І, а другий вхід підключений до виходу першого 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 першої та другої вхідних цифрових шин першого цифрового компаратора, вхідна цифрова шина блока компараторів з'єднана з виходами лінійки п окремих 14 сенсорів, вихід першого елемента I підключений до входу другого лічильника, вихідна цифрова шина другого АЦП з'єднана з вхідною цифровою шиною третього регістра, вихідна цифрова шина якого підключена до вхідної цифрової шини четвертого регістра та до першої вхідної цифрової шини другого цифрового компаратора, друга вхідна цифрова шина якого з'єднана з вихідною цифровою шиною другого АЦП, а вихід підключений до другого входу другого елемента I, перший вхід якого разом з другим входом другого АЦП з'єднані з виходом першого елемента I, а вихід підключений до входу третього регістра, вихід комутатора з'єднаний з першим входом другого АЦП та зі входом першого компаратора, вихід якого підключений до першого входу третього лічильника, вихідна цифрова шина якого з'єднана з вхідною цифровою шиною п'ятого регістра, а другий вхід підключений до виходу другого формувача сигналу, вхід якого разом зі входами четвертого та п'ятого регістрів з'єднані з виходом другого лічильника, вихідні цифрові шини четвертого та п'ятого регістрів підключені, відповідно, до вхідних цифрових шин першого та другого цифрових індикаторів.

Головним недоліком даного пристрою є те, що він не дозволяє ідентифікувати та фіксувати виток з підвищеною температурою полюса обмотки ротора гідрогенератора в процесі вимірювання його теплового портрету під час роботи, оскільки гідрогенератор є специфічною електричною машиною закритого виконання, що ускладнює доступ до його обертових частин.

В основу корисної моделі поставлено задачу створення пристрою для тепловізійного діагностування обмоток ротора гідрогенератора, в якому за рахунок введення нових блоків та зв'язків між ними з'являється можливість на працюючому гідрогенераторі ідентифікувати та фіксувати виток з підвищеною температурою полюса обмотки ротора гідрогенератора в процесі вимірювання його теплового портрету, що розширює функціональні можливості пристрою.

Поставлена задача вирішується тим, що пристрій для тепловізійного діагностування обмоток ротора гідрогенератора, що містить об'єкти, п дзеркал, закріплених на оптичній лінійці таким чином, що їх площини утворюють кут 45° з головною оптичною віссю, п лінз, що встановлені на одній оптичній осі з дзеркалами, лінійка п окремих інфрачервоних сенсорів, дільник частоти, буферний регістр, комутатор, два аналого-цифрових перетворювачі, інтерфейсний блок, п'ять регістрів, два цифрові компаратори, перший тригер, два елементи I, два генератори імпульсів, два керовані підсилювачі, відеоконтрольний блок, три лічильники, генератор напруги, блок пам'яті, блок компараторів, елемент HI, два формувачі сигналу, перший компаратор та два цифрові індикатори, 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 першого 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 п окремих інфрачервоних сенсорів, вихідна цифрова шина першого аналого-цифрового перетворювача через інтерфейсний блок підключена в кола ЕОМ, вихід першого цифрового компаратора з'єднаний з першим входом першого тригера, вихід першого генератора імпульсів з'єднаний з першим входом першого елемента I, вихід якого підключений до входів дільника частоти, комутатора, генератора напруги та до другого входу першого аналого-цифрового перетворювача, вихід першого тригера з'єднаний з другим входом першого елемента I, а другий вхід підключений до виходу першого формувача сигналу, вхід якого разом зі входами першого регістра та елемента HI з'єднані з виходом другого генератора імпульсів, вихід елемента HI 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 інфрачервоних сенсорів, вихід першого елемента I підключений до входу другого лічильника, вихідна цифрова шина другого аналого-цифрового перетворювача з'єднана з вхідною цифровою шиною третього регістра, вихідна цифрова шина якого підключена до вхідної цифрової шини четвертого регістра та до першої вхідної цифрової шини другого цифрового компаратора, друга вхідна цифрова шина якого з'єднана з вихідною цифровою шиною другого аналого-цифрового перетворювача, а вихід підключений до другого входу другого елемента I, перший вхід якого разом з другим входом другого аналого-цифрового перетворювача з'єднані з виходом першого елемента I, а вихід

підключений до входу третього регістра, вихід комутатора з'єднаний з першим входом другого аналого-цифрового перетворювача та зі входом першого компаратора, вихід якого підключений до першого входу третього лічильника, вихідна цифрова шина якого з'єднана з вхідною цифровою шиною п'ятого регістра, а другий вхід підключений до виходу другого формувача сигналу, вхід якого разом зі входами четвертого та п'ятого регістрів з'єднані з виходом другого лічильника, вихідні цифрові шини четвертого та п'ятого регістрів підключені відповідно до вхідних цифрових шин першого та другого цифрових індикаторів, згідно з корисною моделлю, введено три лічильники, три регістри, три елементи І, елемент АБО, другий тригер, другий компаратор, третій цифровий компаратор, формувач імпульсів та третій цифровий індикатор, причому вихід діляника частоти з'єднаний зі входом другого тригера, перший та другий виходи якого підключені, відповідно, до перших входів третього та четвертого елементів І, виходи яких з'єднані з першими входами шостого та сьомого регістрів, а другі входи разом з другим входом п'ятого елемента І підключені до виходу другого компаратора, вхід якого з'єднаний з виходом комутатора, перший вхід п'ятого елемента І підключений до виходу третього цифрового компаратора, перша та друга вхідні цифрові шини якого з'єднані, відповідно, з вихідними цифровими шинами шостого та сьомого регістрів, вхідні цифрові шини яких підключені до вихідної цифрової шини четвертого лічильника, а другі входи яких разом з входом формувача імпульсів та входом восьмого регістра з'єднані з виходом елемента АБО, перший вхід якого підключений до виходу п'ятого лічильника, перший вхід якого з'єднаний з виходом четвертого лічильника, а другий вхід разом з другими входами четвертого лічильника та елемента АБО підключені до виходу першого лічильника, вихід формувача імпульсів з'єднаний з другим входом шостого лічильника, перший вхід якого підключений до виходу п'ятого елемента І, а вихідна цифрова шина з'єднана зі вхідною цифровою шиною восьмого регістра, вихідна цифрова шина якого підключена до вхідної цифрової шини третього цифрового індикатора, перший вхід четвертого лічильника з'єднаний з виходом першого елемента І.

Суть корисної моделі пояснює креслення.

На схемі: 1 - ротор гідрогенератора; 2 - об'єктив; 3 - п дзеркал; 4 - п лінз; 5 - оптична лінійка; 6 - лінійка п окремих 14 сенсорів 6.1 - б.п; 7 - перший генератор імпульсів; 8 - перший елемент І; 9 - діляник частоти; 10 - буферний регістр; 11 - блок компараторів; 12 - другий генератор імпульсів; 13 - елемент ІІ; 14 - перший регістр; 15 - другий регістр; 16 - перший цифровий компаратор; 17 - перший тригер; 18 - четвертий лічильник; 19 - комутатор; 20 - перший формувач сигналу; 21 - перший АЦП; 22 - інтерфейсний блок; 23 - відеоконтрольний блок; 24 - блок пам'яті; 25 - перший лічильник; 26, 27 - перший та другий керовані підсилювачі; 28 - генератор напруги; 29 - другий лічильник; 30 - четвертий регістр; 31 - перший цифровий індикатор; 32 - другий АЦП; 33 - другий елемент І; 34 - третій регістр; 35 - другий цифровий компаратор; 36 - перший компаратор; 37 - другий формувач сигналу; 38 - третій лічильник; 39 - п'ятий регістр; 40 - другий цифровий індикатор; 41 - п'ятий лічильник; 42 - елемент АБО; 43 - другий тригер; 44 - третій елемент І; 45 - шостий регістр; 46 - четвертий елемент І; 47 - сьомий регістр; 48 - третій цифровий компаратор; 49 - другий компаратор; 50 - п'ятий елемент І; 51 - формувач імпульсів; 52 - шостий лічильник; 53 - восьмий регістр; 54 - третій цифровий індикатор, причому п дзеркал 3.1 - 3.п закріплені 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 діляника частоти 9 підключений до входів буферного регістра 10, першого лічильника 25 та до першого входу відеоконтрольного блока 23, другий та третій входи якого з'єднані з виходами першого 26 та другого 27 керованих підсилювачів, перші входи яких підключені до виходу генератора напруги 28, а другі входи з'єднані, відповідно, з першим та другим виходами блока пам'яті 24, вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини першого лічильника 25, четвертий вхід відеоконтрольного блока 23 разом з першим входом першого АЦП 21 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 сенсорів 6.1 - б.п, вихідна цифрова шина першого АЦП 21 через інтерфейсний блок 22 підключена в кола ЕОМ, вихід першого цифрового компаратора 16 з'єднаний з першим входом першого тригера 17, вихід першого генератора імпульсів 7 з'єднаний з першим входом першого елемента І 8, вихід якого підключений до входів діляника частоти 9, комутатора 19, генератора напруги 28 та до другого входу першого АЦП 21, вихід першого тригера 17 з'єднаний з другим входом першого елемента І 8, а другий вхід підключений до виходу першого формувача сигналу 20, вхід якого разом зі входами першого регістра 14 та елемента ІІ 13 з'єднані з виходом другого генератора імпульсів 12, вихід елемента ІІ 13 підключений до входу другого регістра 15, вихідна цифрова шина блока компараторів 11 з'єднана зі вхідними цифровими шинами першого 14 та другого 15 регістрів,

вихідні цифрові шини яких підключені до першої та другої вхідних цифрових шин першого цифрового компаратора 16, вхідна цифрова шина блока компараторів 11 з'єднана з виходами лінійки 6 п окремих 14 сенсорів 6.1 - б.п, вихід першого елемента І 8 підключений до входу другого лічильника 29, вихідна цифрова шина другого АЦП 32 з'єднана з вхідною цифровою шиною третього регістра 34, вихідна цифрова шина якого підключена до вхідної цифрової шини четвертого регістра 30 та до першої вхідної цифрової шини другого цифрового компаратора 35, друга вхідна цифрова шина якого з'єднана з вхідною цифровою шиною другого АЦП 32, а вихід підключений до другого входу другого елемента І 33, перший вхід якого разом з другим входом другого АЦП 32 з'єднані з виходом першого елемента І 8, а вихід підключений до входу третього регістра 34, вихід комутатора 19 з'єднаний з першим входом другого АЦП 32 та зі входом першого компаратора 36, вихід якого підключений до першого входу третього лічильника 38, вихідна цифрова шина якого з'єднана з вхідною цифровою шиною п'ятого регістра 39, а другий вхід підключений до виходу другого формувача сигналу 37, вхід якого разом зі входами четвертого 30 та п'ятого 39 регістрів з'єднані з виходом другого лічильника 29, вихідні цифрові шини четвертого 30 та п'ятого 39 регістрів підключені, відповідно, до вхідних цифрових шин першого 31 та другого 40 цифрових індикаторів, вихід дільника частоти 9 з'єднаний зі входом другого тригера 43, перший та другий виходи якого підключені, відповідно, до перших входів третього 44 та четвертого 46 елементів І, виходи яких з'єднані з першими входами шостого 45 та сьомого 47 регістрів, а другі входи разом з другим входом п'ятого елемента І 50 підключені до виходу другого компаратора 49, вхід якого з'єднаний з виходом комутатора 19, перший вхід п'ятого елемента І 50 підключений до виходу третього цифрового компаратора 48, перша та друга вхідні цифрові шини якого з'єднані, відповідно, з вихідними цифровими шинами шостого 45 та сьомого 47 регістрів, вхідні цифрові шини яких підключені до вхідної цифрової шини четвертого лічильника 18, а другі входи яких разом з входом формувача імпульсів 51 та входом восьмого регістра 53 з'єднані з виходом елемента АБО 42, перший вхід якого підключений до виходу п'ятого лічильника 41, перший вхід якого з'єднаний з виходом четвертого лічильника 18, а другий вхід разом з другими входами четвертого лічильника 18 та елемента АБО 42 підключені до виходу першого лічильника 25, вихід формувача імпульсів 51 з'єднаний з другим входом шостого лічильника 52, перший вхід якого підключений до виходу п'ятого елемента І 50, а вихідна цифрова шина з'єднана зі вхідною цифровою шиною восьмого регістра 53, вихідна цифрова шина якого підключена до вхідної цифрової шини третього цифрового індикатора 54, перший вхід четвертого лічильника 18 з'єднаний з виходом першого елемента І 8, позицією 1 позначено ротор гідрогенератора, позицією 2 позначено об'єktiv.

Запропонований пристрій працює так.

При подачі напруги живлення перший 7 та другий 12 генератори імпульсів починають формувати відповідні послідовності імпульсів. Потік інфрачервоного випромінювання, який створюється поверхнею ротора гідрогенератора 1, що знаходиться на деякій відстані від оптичної системи пристрою, потрапляє через об'єktiv 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 сенсорів 6.1 - б.п, розташованих вздовж радіуса ротора. Очевидно, що при обертанні ротора гідрогенератора 1 в кожен момент часу в поле зору інфрачервоних сенсорів 6.1 - б.п потрапляє лише фрагмент поверхні вздовж радіуса ротора. Отримуючи фрагменти теплового зображення, можна побудувати тепловий портрет всієї поверхні ротора гідрогенератора 1 в процесі його роботи.

Якщо ротор гідрогенератора 1 знаходиться в нерухомому стані або його швидкість обертання менша від номінальної, то на екран відеоконтрольного блока 23 теплове зображення поверхні ротора не виводиться. Це обумовлено наступним.

Сигнали, що надходять з виходів п окремих інфрачервоних сенсорів 6.1 - б.п інфрачервоного приймача 6 на вхід блока компараторів 11, перетворюються в цифрову форму та записуються по сигналу логічної одиниці з виходу другого генератора імпульсів 12 в перший регістр 14, а по сигналу логічного нуля, який перетворюється в сигнал логічної одиниці в елементі НІ 13, записуються в другий регістр 15. Зазначимо, що обидва регістри 14 та 15 мають синхронний прямий динамічний вхід і сигнали записуються в них по передньому фронту імпульсів з виходу другого генератора імпульсів 12. Якщо на виході першого цифрового компаратора 16 присутній сигнал логічного нуля, то це значить, що в першому 14 та другому 15 регістрах цифрові коди не співпадають, а, отже, частота сигналів другого генератора імпульсів 12 відрізняється від частоти обертання ротора гідрогенератора 1, що визначається кутовою швидкістю, розташованого по радіусу ротора, мінімального сектора поверхні ротора β , що

потрапляє в поле зору лінійки 6 п окремих інфрачервоних сенсорів 6.1 - б.п. Сигнал логічного нуля з виходу першого цифрового компаратора 16 перезаписується в перший тригер 17 по імпульсу, що з'являється на виході першого формувача сигналу 20 по задньому фронту вихідного імпульсу з другого генератора імпульсів 12. При цьому, тепловий портрет ротора не фіксується.

Очевидно, що у разі співпадання кутової швидкості мінімального сектора поверхні ротора β з частотою надходження імпульсів другого генератора імпульсів 12 в перший 14 та другий 15 реєстри буде записуватись один і той же цифровий код.

Якщо ж швидкість обертання ротора гідрогенератора 1 стає рівною номінальній, то на виході першого цифрового компаратора 16, і на виході першого тригера 17 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 23.

Залежно від номінальної кутової швидкості обертання ω 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 $m=360^\circ/\beta$, β - мінімальний сектор поверхні ротора, що потрапляє в поле зору лінійки 6 п окремих інфрачервоних сенсорів 6.1 - б.п, n - коефіцієнт ділення діляника частоти 9, що відповідає кількості окремих інфрачервоних сенсорів 6.1 - б.п. Отже, з частотою f_1/n , при номінальній швидкості обертання ротора, на виході діляника частоти 9 з'являються імпульси, якими фіксуються у буферному реєстрі 10 на час $\Delta T = n/f_1$ електричні сигнали в аналоговому вигляді з виходів n окремих інфрачервоних сенсорів інфрачервоного приймача 6. Амплітуди цих сигналів пропорційні температурі елементарних ділянок поверхні об'єкта (кількість таких ділянок $N=n \cdot m$). Комутатором 19 здійснюється зчитування інформації з буферного реєстра 10 з наступним її перетворенням із паралельного виду представлення в послідовний. Сформований таким чином сигнал з виходу комутатора 19 потрапляє на вхід відеоконтрольного блока 23 і на вхід першого АЦП 21, в якому він перетворюється в цифрову форму та через інтерфейсний блок 22 передається в ЕОМ.

Генератор напруги 28, перший 26 та другий 27 керовані підсилювачі і блок пам'яті 24 призначені для формування сигналів розгортки відеоконтрольного блока 23. Сигнал частотою f_b що надходить на вхід генератора напруги 28, на виході приймає ступінчасту форму (містить n складових) і подається на входи першого 26 і другого 27 керованих підсилювачів, коефіцієнт підсилення яких задається вихідними сигналами блока пам'яті 24. При цьому коефіцієнти підсилення першого 26 та другого 27 керованих підсилювачів задаються так, що на їх виходах формуються сигнали, пропорційні $R_i \cdot \text{sinc}\varphi_j$ та $R_i \cdot \text{cos}\varphi_j$ відповідно, де R_i - радіус, φ_j - кут координати елементарної ділянки поверхні ротора в полярній системі координат. При цьому $i = \overline{0, n}$, $j = \overline{0, m}$.

На вхід блока пам'яті 24 сигнали надходять з першого лічильника 25, коефіцієнт перерахунку якого дорівнює t . В результаті на екрані відеоконтрольного блока 23 при наявності одного інформаційного сигналу, двох сигналів розгортки та сигналу з виходу діляника частоти 9 формується зображення, що відповідає тепловому портрету ротора гідрогенератора 1.

Визначення найбільш нагрітої точки обмотки ротора гідрогенератора 1 в процесі його роботи відбувається наступним чином. Послідовність сигналів з виходу комутатора 19 потрапляє на перший вхід другого АЦП 32, в якому по сигналу з першого генератора імпульсів 7 через перший елемент І 8 здійснюється їх перетворення в цифровий код. По закінченню першого перетворення в другому цифровому компараторі 35 здійснюється порівняння цифрового коду з виходу другого АЦП 32 та нульового коду, записаного в третьому реєстрі 34. При цьому на виході другого цифрового компаратора 35 з'являється сигнал логічної одиниці, яким відкривається другий елемент І 33 і по сигналу з виходу першого елемента І 8 цифровий код з виходу другого АЦП 32 записується в третій реєстр 34. При черговому циклі аналого-цифрового перетворення на виході другого АЦП 32 з'являється цифровий код, який порівнюється з кодом, записаним в третьому реєстрі 34. І якщо цифровий код на виході другого АЦП 32 перевищує код, записаний в третьому реєстрі 34, то відбувається перезапис коду в третій реєстр 34. Таким чином в процесі аналого-цифрового перетворення сигналів, що відповідають температурі різних точок обмотки ротора гідрогенератора 1, в третьому реєстрі 34 зберігається код, що відповідає найвищій температурі обмотки ротора. По завершенні повного оберту ротора гідрогенератора 1 на виході другого лічильника 29, коефіцієнт ділення якого дорівнює N , з'являється імпульс, яким інформація з третього реєстра 34 переписується в четвертий реєстр 30 та виводиться на перший цифровий індикатор 31.

Розмір області підвищеної температури обмотки ротора визначається так. Інформаційний сигнал з комутатора 19, що надходить на вхід першого компаратора 36, залежно від значення вимірюваної температури, на його виході перетворюється в логічний сигнал нуля або одиниці та у вигляді імпульсів подається на вхід третього лічильника 38, яким підраховується кількість точок теплового портрета ротора гідрогенератора 1, температура яких перевищує значення, що визначається порогом спрацьовування першого компаратора 36. По завершенню сканування всіх точок теплового портрета обмотки ротора гідрогенератора 1 на виході другого лічильника 29 з'являється імпульс, яким дані з третього лічильника 38 (кількість точок з підвищеною температурою) переносяться в п'ятий регістр 39 та відображаються на другому цифровому індикаторі 40. По закінченні імпульсу з виходу другого лічильника 29 на виході другого формувача сигналу 37 з'являється короткий імпульс, яким третій лічильник 38 обнуляється. Число, що записане в п'ятому регістрі 39 свідчить про розмір локальної області підвищеної температури обмотки ротора гідрогенератора 1, за яким оперативний персонал приймає рішення про роботоздатність гідрогенератора.

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

Ідентифікація витка обмотки з підвищеною температурою ротора гідрогенератора 1 здійснюється так. Нагадаємо, що на виході дільника частоти 9 сигнал з'являється кожен раз, коли закінчується сканування вздовж лінійки n окремих інфрачервоних сенсорів 6.1 - б.п. По кожному імпульсу з виходу дільника частоти 9 другий тригер 43 кожен раз перемикається з одного положення в інше.

В період, коли ротор обертається з номінальною швидкістю, на виході першого елемента І 8 встановлюється послідовність імпульсів, яка формується першим генератором імпульсів 7 і через дільник частоти 9 ці імпульси надходять на перший вхід четвертого лічильника 18, внаслідок чого на його виході наращується цифровий код від нульового значення до максимального, що відповідає кількості n окремих інфрачервоних сенсорів 6.1 - б.п. Послідовно за ним ввімкнений п'ятий лічильник 41, коефіцієнт ділення якого відповідає розміру одного полюса обмотки ротора гідрогенератора 1 в перерахунку на кількість секторів його сканування.

Якщо на виході одного з n окремих інфрачервоних сенсорів 6.1 - б.п з'являється підвищене значення напруги, що відповідає підвищеній температурі фрагменту поверхні обмотки ротора гідрогенератора 1, то на виході другого компаратора 49 формується імпульс, який подається на третій 44 та четвертий 46 елементи І. Залежно від положення другого тригера 43 логічний сигнал з'являється або на першому, або на другому його виходах. Внаслідок цього цифровий код, що відповідає номеру інфрачервоного сенсора в лінійці n окремих інфрачервоних сенсорів 6.1 - б.п, з виходу четвертого лічильника 18 надходить на входи шостого 45 та сьомого 47 регістрів. І коли під дією другого тригера 43 та другого компаратора 49 відкривається третій 44 та четвертий 46 елементи І, то цифровий код з виходу четвертого лічильника 18 заноситься в шостий 45 та сьомий 47 регістри. Зазначимо, що при ввімкненні пристрою, коли в шостому 45 та сьомому 47 регістрах записаний нульовий цифровий код, при запису цифрового коду з виходу четвертого лічильника 18 в шостий 45 та сьомий 47 регістри на виході третього цифрового компаратора 48 присутній сигнал логічного нуля.

При скануванні наступного сектора поверхні полюса ротора гідрогенератора 1, тобто коли тим же інфрачервоним сенсором, що і в попередньому скануванні, фіксується підвищена температура, то в шостий 45 та сьомий 47 регістри (в той, в якому записаний нульовий цифровий код) заноситься цифровий код з виходу четвертого лічильника 18, який співпадає з кодом, записаним при попередньому скануванні, і на виході третього цифрового компаратора 48 з'являється сигнал, що надходить на перший вхід п'ятого елемента І 50. При цьому на його другому вході присутній сигнал з виходу другого компаратора 49, внаслідок чого на перший вхід п'ятого лічильника 52 надходить імпульс, яким наращується в ньому цифровий код, що свідчить про наявність підвищеної температури в сусідніх секторах в одному витку полюса обмотки ротора гідрогенератора 1.

Таке сканування та відповідна обробка інформації здійснюється над кожним полюсом обмотки ротора гідрогенератора 1 протягом повного оберту ротора гідрогенератора 1, внаслідок чого однаковий цифровий код періодично з виходу четвертого лічильника 18 заноситься по чергово то в шостий 45, то в сьомий 47 регістри (за умови, що існує область підвищеної температури одного витка полюса обмотки ротора). Після завершення сканування одного полюса обмотки на виході п'ятого лічильника 41 з'являється імпульс, яким через

елемент АБО 42 обнуляються шостий 45 та сьомий 47 реєстри. Цим же сигналом цифровий код з виходу шостого лічильника 52 переноситься в восьмий реєстр 53 і по завершенні імпульсу на виході формувача імпульсів 51 з'являється сигнал, яким обнуляється шостий лічильник 52.

Після цього розпочинається сканування другого полюсу обмотки ротора гідрогенератора 1.

5 По завершенні сканування всіх полюсів обмотки ротора гідрогенератора 1 (після завершення повного оберту ротора) на виході першого лічильника 25 з'являється імпульс, яким обнуляється четвертий 18 та п'ятий 41 лічильники і через елемент АБО 42 обнуляються шостий 45 та сьомий 47 реєстри. Цим же сигналом цифровий код з виходу шостого лічильника 52 переноситься в восьмий реєстр 53 і по завершенню імпульсу на виході формувача імпульсів 51

10 з'являється сигнал, яким обнуляється шостий лічильник 52. Цифровий код з виходу восьмого реєстра 53 заноситься в третій цифровий індикатор 54, на якому почергово відображається довжина області підвищеної температури вздовж одного витка кожного полюса обмотки ротора гідрогенератора 1, що і є сигналом для обслуговуючого персоналу щодо можливості подальшої експлуатації гідрогенератора.

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

Цикл сканування поверхні ротора гідрогенератора 1 повторюється.

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

Поріг спрацьовування компараторів в блоці компараторів 11 вибирається дослідним шляхом.

25

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Пристрій для тепловізійного діагностування обмоток ротора гідрогенератора, що містить об'єкти, n дзеркал, закріплених на оптичній лінійці таким чином, що їх площини утворюють кут

30 45° з головною оптичною віссю, n лінз, що встановлені на одній оптичній осі з дзеркалами, лінійка n окремих інфрачервоних сенсорів, дільник частоти, буферний реєстр, комутатор, два аналого-цифрові перетворювачі, інтерфейсний блок, п'ять реєстрів, два цифрові компаратори, перший тригер, два елементи І, два генератори імпульсів, два керовані підсилювачі, відеоконтрольний блок, три лічильники, генератор напруги, блок пам'яті, блок компараторів,

35 елемент НІ, два формувачі сигналу, перший компаратор та два цифрові індикатори, причому вихід дільника частоти підключений до входів буферного реєстра, 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

40 відеоконтрольного блока разом з першим входом першого аналого-цифрового перетворювача 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 інфрачервоних сенсорів, вихідна цифрова шина першого аналого-цифрового перетворювача

45 через інтерфейсний блок підключена в кола ЕОМ, вихід першого цифрового компаратора з'єднаний з першим входом першого 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 першого аналого-цифрового перетворювача, вихід першого тригера з'єднаний з другим входом першого елемента І, а другий вхід

50 підключений до виходу першого формувача сигналу, вхід якого разом зі входами першого реєстра та елемента НІ з'єднані з виходом другого генератора імпульсів, вихід елемента НІ підключений до входу другого реєстра, вхідна цифрова шина блока компараторів з'єднана зі вхідними цифровими шинами першого та другого реєстрів, 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 сенсорів, вихід першого елемента І підключений до входу другого лічильника, вхідна цифрова шина другого аналого-цифрового перетворювача з'єднана з вхідною цифровою шиною третього реєстра, вхідна цифрова шина якого підключена до вхідної цифрової шини четвертого реєстра та до першої вхідної цифрової шини другого цифрового компаратора, друга вхідна цифрова

60 шина якого з'єднана з вихідною цифровою шиною другого аналого-цифрового перетворювача, а

вихід підключений до другого входу другого елемента І, перший вхід якого разом з другим входом другого аналого-цифрового перетворювача з'єднані з виходом першого елемента І, а вихід підключений до входу третього регістра, вихід комутатора з'єднаний з першим входом другого аналого-цифрового перетворювача та зі входом першого компаратора, вихід якого

5 підключений до першого входу третього лічильника, вихідна цифрова шина якого з'єднана з вхідною цифровою шиною п'ятого регістра, а другий вхід підключений до виходу другого формувача сигналу, вхід якого разом зі входами четвертого та п'ятого регістрів з'єднані з виходом другого лічильника, вихідні цифрові шини четвертого та п'ятого регістрів підключені, відповідно, до вхідних цифрових шин першого та другого цифрових індикаторів, який

10 **відрізняється** тим, що введено три лічильники, три регістри, три елементи І, елемент АБО, другий тригер, другий компаратор, третій цифровий компаратор, формувач імпульсів та третій цифровий індикатор, причому вихід ділянки частоти з'єднаний зі входом другого тригера, перший та другий виходи якого підключені, відповідно, до перших входів третього та четвертого елементів І, виходи яких з'єднані з першими входами шостого та сьомого регістрів, а другі виходи

15 разом з другим входом п'ятого елемента І підключені до виходу другого компаратора, вхід якого з'єднаний з виходом комутатора, перший вхід п'ятого елемента І підключений до виходу третього цифрового компаратора, перша та друга вхідні цифрові шини якого з'єднані, відповідно, з вихідними цифровими шинами шостого та сьомого регістрів, вхідні цифрові шини яких підключені до вихідної цифрової шини четвертого лічильника, а другі входи яких разом з

20 входом формувача імпульсів та входом восьмого регістра з'єднані з виходом елемента АБО, перший вхід якого підключений до виходу п'ятого лічильника, перший вхід якого з'єднаний з виходом четвертого лічильника, а другий вхід разом з другими входами четвертого лічильника та елемента АБО підключені до виходу першого лічильника, вихід формувача імпульсів з'єднаний з другим входом шостого лічильника, перший вхід якого підключений до виходу

25 п'ятого елемента І, а вихідна цифрова шина з'єднана зі вхідною цифровою шиною восьмого регістра, вихідна цифрова шина якого підключена до вхідної цифрової шини третього цифрового індикатора, перший вхід четвертого лічильника з'єднаний з виходом першого елемента І.

