



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **157978** (13) **U**  
(51) МПК (2024.01)  
**G01K 13/00**

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

**(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ**

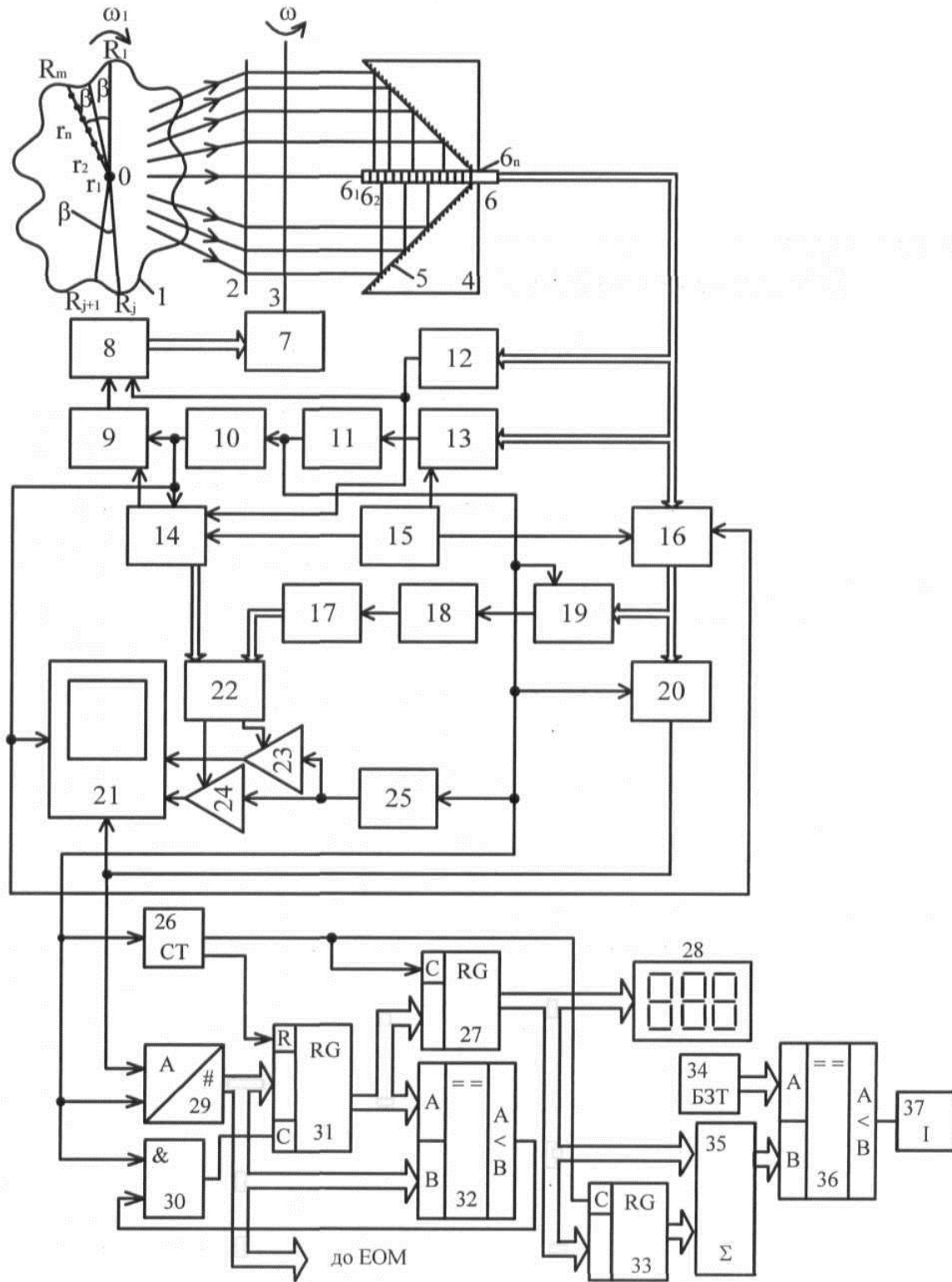
<p>(21) Номер заявки: <b>u 2024 02535</b></p> <p>(22) Дата подання заявки: <b>13.05.2024</b></p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: <b>19.12.2024</b></p> <p>(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію: <b>18.12.2024, Бюл.№ 51</b></p>	<p>(72) Винахідник(и): <b>Грабко Володимир Віталійович (UA), Грабко Валентин Володимирович (UA), Ощепков Віктор Сергійович (UA), Поліщук Володимир Леонідович (UA)</b></p> <p>(73) Володілець (володільці): <b>ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ, вул. Хмельницьке шосе, 95, м. Вінниця, 21021 (UA)</b></p>
---	---

**(54) ПРИСТРІЙ ДЛЯ БЕЗКОНТАКТНОГО ВИМІРЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ**

**(57) Реферат:**

Пристрій для безконтактного вимірювання температури містить об'єktiv, діафрагму, дзеркала, інфрачервоний приймач, блок синхронізації, блок обробки сигналу, відеоконтрольний блок. Потік інфрачервоного випромінювання, що створюється поверхнею контрольованого об'єкта, потрапляє на об'єktiv, через діафрагму потрапляє на інфрачервоний приймач, звідки сигнал через блок обробки подається на відеоконтрольний блок. Зображення на відеоконтрольному блоці коригується у випадку неспівпадання геометричних осей об'єкта контролю та пристрою. Визначається найвища температура та швидкість зміни найвищої температури досліджуваного об'єкта. Технічний результат корисної моделі - це можливість визначати швидкість зростання температури в точці з найбільшим значенням температури досліджуваного об'єкта, що розширює функціональні можливості пристрою.

**UA 157978 U**



Корисна модель належить до безконтактної термометрії і може бути використана для вимірювання температури нерухомих об'єктів або об'єктів, що обертаються, зокрема потужних електричних машин.

Відомий пристрій для пристрій для безконтактного вимірювання температури (Патент України № 50125, МПК G01K 13/00, бюл. № 10, 2010), що містить об'єktiv, діафрагму, конусоподібне дзеркало з кутом при вершині  $90^\circ$  з поверхнею, що відображає промені світлового потоку, інфрачервоний приймач, що являє собою циліндр, секції якого є окремими інфрачервоними сенсорами, кроковий двигун, ключ, дільник частоти, керований тактовий генератор, блок визначення напрямку обертання, блок синхронізації, лічильник, блок управління, буферний регістр, аналого-цифровий перетворювач (АЦП), блок обчислення, блок обробки сигналу, два комутатори, відеоконтрольний блок, постійно запам'ятовуючий пристрій (ПЗП), два керовані підсилювачі, генератор напруги, блок підготовки даних, причому виходи інфрачервоних сенсорів з'єднані, відповідно, зі вхідною шиною буферного регістра та зі вхідною шиною блока синхронізації, вихід якого через керований тактовий генератор підключений до першого входу блока підготовки даних, до входу першого комутатора, до входу генератора напруги, до входу блока обробки сигналу та до входу дільника частоти, вихід якого з'єднаний з першим входом буферного регістра, з першим входом відеоконтрольного блока та з першим входом лічильника, вихід якого підключений до другого входу ключа, вал крокового двигуна зв'язаний з діафрагмою, вихідна шина буферного регістра підключена до вхідної шини першого комутатора, вихід якого з'єднаний з другим входом блока підготовки даних та з другим входом відеоконтрольного блока, третій і четвертий входи якого підключені, відповідно, до виходів першого і другого керованих підсилювачів, перші входи яких з'єднані з виходом генератора напруги, а другі входи підключені, відповідно, до першого і другого виходів ПЗП, перша вхідна цифрова шина якого з'єднана з вихідною цифровою шиною лічильника, другий вхід якого підключений до першого виходу блока управління, другий вихід якого з'єднаний зі входом блока синхронізації, а третій вихід підключений до другого входу буферного регістра, вихід блока підготовки даних з'єднаний з колами ЕОМ, вихідна шина буферного регістра підключена до вхідної шини блока обробки сигналу, вихід якого з'єднаний зі входом блока обчислення, вихід якого підключений до входу АЦП, цифрова вихідна шина якого з'єднана з другою вхідною цифровою шиною ПЗП, вихід дільника частоти підключений до першого входу ключа, вихід якого з'єднаний з першим входом другого комутатора, другий вхід якого разом з третім входом лічильника підключені до виходу блока визначення напрямку обертання, вхідна цифрова шина якого з'єднана з виходами інфрачервоних сенсорів, вихідна цифрова шина другого комутатора підключена до вхідної цифрової шини крокового двигуна.

Головним недоліком даного пристрою є те, що він не дозволяє визначати швидкість зростання температури в точці з найбільшим значенням температури досліджуваного об'єкта, що звужує функціональні можливості пристрою в задачі спостереження за станом об'єкта.

Як найбільшій аналог вибрано пристрій для безконтактного вимірювання температури (Патент України № 154445, МПК G01K 13/00, бюл. № 46, 2023), що містить об'єktiv, діафрагму, конусоподібне дзеркало з кутом при вершині  $90^\circ$  з поверхнею, що відображає промені світлового потоку, інфрачервоний приймач, що являє собою циліндр, секції якого є окремими інфрачервоними сенсорами, кроковий двигун, ключ, дільник частоти, керований тактовий генератор, блок визначення напрямку обертання, блок синхронізації, два лічильники, блок управління, буферний регістр, два АЦП, блок обчислення, блок обробки сигналу, два комутатори, відеоконтрольний блок, ПЗП, два керовані підсилювачі, генератор напруги, блок підготовки даних, формувач сигналу, елемент І, два регістри, цифровий компаратор (в подальшому - перший цифровий компаратор) та цифровий індикатор, причому виходи інфрачервоних сенсорів з'єднані, відповідно, зі вхідною шиною буферного регістра та зі вхідною шиною блока синхронізації, вихід якого через керований тактовий генератор підключений до входу першого комутатора, до входу генератора напруги, до входу блока обробки сигналу та до входу дільника частоти, вихід якого з'єднаний з першим входом буферного регістра, з першим входом відеоконтрольного блока та з першим входом першого лічильника, вихід якого підключений до другого входу ключа, вал крокового двигуна зв'язаний з діафрагмою, вихідна шина буферного регістра підключена до вхідної шини першого комутатора, вихід якого з'єднаний з другим входом відеоконтрольного блока, третій і четвертий входи якого підключені, відповідно, до виходів першого і другого керованих підсилювачів, перші входи яких з'єднані з виходом генератора напруги, а другі входи підключені, відповідно, до першого і другого виходів ПЗП, перша вхідна цифрова шина якого з'єднана з вихідною цифровою шиною першого лічильника, другий вхід якого підключений до першого виходу блока управління, другий вихід якого з'єднаний зі входом блока синхронізації, а третій вихід підключений до другого входу

буферного регістра, вихідна шина якого підключена до вхідної шини блока обробки сигналу, вихід якого з'єднаний зі входом блока обчислення, вихід якого підключений до входу першого АЦП, цифрова вихідна шина якого з'єднана з другою вхідною цифровою шиною ПЗП, вихід дільника частоти підключений до першого входу ключа, вихід якого з'єднаний з першим входом  
5 другого комутатора, другий вхід якого разом з третім входом першого лічильника підключені до виходу блока визначення напрямку обертання, вхідна цифрова шина якого з'єднана з виходами інфрачервоних сенсорів, вихідна цифрова шина другого комутатора підключена до вхідної цифрової шини крокового двигуна, вихідна цифрова шина другого АЦП з'єднана з вхідною цифровою шиною першого регістра, вихідна цифрова шина якого підключена до вхідної  
10 цифрової шини другого регістра та до першої вхідної цифрової шини першого цифрового компаратора, друга вхідна цифрова шина якого з'єднана з вихідною цифровою шиною другого АЦП, а вихід підключений до другого входу елемента І, перший вхід якого разом з другим входом другого АЦП з'єднано з виходом керованого тактового генератора, вихід елемента І підключений до першого входу першого регістра, другий вхід якого з'єднаний з виходом  
15 формувача сигналу, вхід якого разом з входом другого регістра підключені до виходу другого лічильника, вхід якого з'єднаний з виходом керованого тактового генератора, вихідна цифрова шина другого регістра підключена до вхідної цифрової шини цифрового індикатора, вихід першого комутатора з'єднаний з першим входом другого АЦП, вихідна цифрова шина якого підключена до ЕОМ.

20 Головним недоліком даного пристрою є те, що він не дозволяє визначати швидкість зростання температури в точці з найбільшим значенням температури досліджуваного об'єкта, що звужує функціональні можливості пристрою в задачі спостереження за станом об'єкта.

В основу корисної моделі поставлена задача створення пристрою для безконтактного вимірювання температури, в якому за рахунок введення нових блоків та зв'язків між ними  
25 з'являється можливість визначати швидкість зростання температури в точці з найбільшим значенням температури досліджуваного об'єкта, що розширює функціональні можливості пристрою.

Поставлена задача вирішується тим, що в пристрій для безконтактного вимірювання температури, що містить об'єктив, діафрагму, конусоподібне дзеркало з кутом при вершині 90° з  
30 поверхнею, що відображає промені світлового потоку, інфрачервоний приймач, що являє собою циліндр, секції якого є окремими інфрачервоними сенсорами, кроковий двигун, ключ, дільник частоти, керований тактовий генератор, блок визначення напрямку обертання, блок синхронізації, два лічильники, блок управління, буферний регістр, два АЦП, блок обчислення, блок обробки сигналу, два комутатори, відеоконтрольний блок, ПЗП, два керовані підсилювачі,  
35 генератор напруги, блок підготовки даних, елемент І, два регістри, перший цифровий компаратор та цифровий індикатор, причому виходи інфрачервоних сенсорів з'єднані, відповідно, зі вхідною шиною буферного регістра та зі вхідною шиною блока синхронізації, вихід якого через керований тактовий генератор підключений до входу першого комутатора, до входу генератора напруги, до входу блока обробки сигналу та до входу дільника частоти, вихід якого з'єднаний з першим входом буферного регістра, з першим входом відеоконтрольного блока та з  
40 першим входом першого лічильника, вихід якого підключений до другого входу ключа, вал крокового двигуна зв'язаний з діафрагмою, вихідна шина буферного регістра підключена до вхідної шини першого комутатора, вихід якого з'єднаний з другим входом відеоконтрольного блока, третій і четвертий входи якого підключені, відповідно, до виходів першого і другого керованих підсилювачів, перші входи яких з'єднані з виходом генератора напруги, а другі входи підключені, відповідно, до першого і другого виходів ПЗП, перша вхідна цифрова шина якого з'єднана з вихідною цифровою шиною першого лічильника, другий вхід якого підключений до першого виходу блока управління, другий вихід якого з'єднаний зі входом блока синхронізації, а третій вихід підключений до другого входу буферного регістра, вихідна шина якого підключена  
50 до вхідної шини блока обробки сигналу, вихід якого з'єднаний зі входом блока обчислення, вихід якого підключений до входу першого АЦП, цифрова вихідна шина якого з'єднана з другою вхідною цифровою шиною ПЗП, вихід дільника частоти підключений до першого входу ключа, вихід якого з'єднаний з першим входом другого комутатора, другий вхід якого разом з третім входом першого лічильника підключені до виходу блока визначення напрямку обертання, вхідна цифрова шина якого з'єднана з виходами інфрачервоних сенсорів, вихідна цифрова шина другого комутатора підключена до вхідної цифрової шини крокового двигуна, вихідна цифрова шина другого АЦП з'єднана з вхідною цифровою шиною першого регістра, вихідна цифрова шина якого підключена до вхідної цифрової шини другого регістра та до першої вхідної цифрової шини першого цифрового компаратора, друга вхідна цифрова шина якого з'єднана з  
55 вихідною цифровою шиною другого АЦП, а вихід підключений до другого входу елемента І,

перший вхід якого разом з другим входом другого АЦП з'єднані з виходом керованого тактового генератора, вихід елемента І підключений до першого входу першого регістра, вхід другого регістра підключений до першого виходу другого лічильника, вхід якого з'єднаний з виходом керованого тактового генератора, вихідна цифрова шина другого регістра підключена до вхідної цифрової шини цифрового індикатора, вихід першого комутатора з'єднаний з першим входом другого АЦП, вихідна цифрова шина якого підключена до ЕОМ, згідно з корисною моделлю, введено третій регістр, цифровий суматор, блок задання температури, індикатор та другий цифровий компаратор, причому вихідна цифрова шина другого регістра з'єднана з першою вхідною цифровою шиною цифрового суматора та зі вхідною цифровою шиною третього регістра, вихідна цифрова шина якого підключена до другої вхідної цифрової шини цифрового суматора, вихідна цифрова шина якого з'єднана з другою вхідною цифровою шиною другого цифрового компаратора, перша вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини блока температури, а вихід з'єднаний зі входом індикатора, вхід третього регістра підключений до першого виходу другого лічильника, другий вихід якого з'єднаний з другим входом першого регістра.

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

На схемі: 1 - об'єкт контролю; 2 - об'єктив; 3 - діафрагма; 4 - конусоподібне дзеркало з кутом при вершині  $90^\circ$  з поверхнею 5; 6 - інфрачервоний приймач, що містить п окремих інфрачервоних сенсорів; 7 - кроковий двигун; 8 - другий комутатор; 9 - ключ; 10 - дільник частоти; 11 - керований тактовий генератор; 12 - блок визначення напрямку обертання; 13 - блок синхронізації; 14 - перший лічильник; 15 - блок управління; 16 - буферний регістр; 17 - перший аналого-цифровий перетворювач (АЦП); 18 - блок обчислення; 19 - блок обробки сигналу; 20 - перший комутатор; 21 - відеоконтрольний блок; 22 - постійно запам'ятовуючий пристрій (ПЗП); 23, 24 - перший та другий керовані підсилювачі; 25 - генератор напруги; 26 - другий лічильник; 27 - другий регістр; 28 - цифровий індикатор; 29 - другий АЦП; 30 - елемент І; 31 - перший регістр; 32 - перший цифровий компаратор; 33 - третій регістр; 34 - блок задання температури; 35 - цифровий суматор; 36 - другий цифровий компаратор; 37 - індикатор, причому об'єкт контролю 1 зв'язаний оптично через об'єктив 2 та діафрагму 3 з конусоподібним дзеркалом 4 з кутом при вершині  $90^\circ$  з поверхнею 5, що відображає промені світлового потоку, виходи інфрачервоного приймача 6, що являє собою циліндр, секції якого є окремими інфрачервоними сенсорами 6.1, 6.2, ... ,6.n, з'єднані, відповідно, зі вхідною шиною буферного регістра 16 та зі вхідною шиною блока синхронізації 13, вихід якого через керований тактовий генератор 11 підключений до входу першого комутатора 20, до входу генератора напруги 25, до входу блока обробки сигналу 19 та до входу дільника частоти 10, вихід якого з'єднаний з першим входом буферного регістра 16, з першим входом відеоконтрольного блока 21 та з першим входом першого лічильника 14, вихід якого підключений до другого входу ключа 9, вал крокового двигуна 7 зв'язаний з діафрагмою 3, вихідна шина буферного регістра 16 підключена до вхідної шини першого комутатора 20, вихід якого з'єднаний з другим входом відеоконтрольного блока 21, третій і четвертий входи якого підключені, відповідно, до виходів першого 23 і другого 24 керованих підсилювачів, перші входи яких з'єднані з виходом генератора напруги 25, а другі входи підключені, відповідно, до першого і другого виходів ПЗП 22, перша вхідна цифрова шина якого з'єднана з вихідною цифровою шиною першого лічильника 14, другий вхід якого підключений до першого виходу блока управління 15, другий вихід якого з'єднаний зі входом блока синхронізації 13, а третій вихід підключений до другого входу буферного регістра 16, вихідна шина якого підключена до вхідної шини блока обробки сигналу 19, вихід якого з'єднаний зі входом блока обчислення 18, вихід якого підключений до входу першого АЦП 17, цифрова вихідна шина якого з'єднана з другою вхідною цифровою шиною ПЗП 22, вихід дільника частоти 10 підключений до першого входу ключа 9, вихід якого з'єднаний з першим входом другого комутатора 8, другий вхід якого разом з третім входом першого лічильника 14 підключені до виходу блока визначення напрямку обертання 12, вхідна цифрова шина якого з'єднана з виходами інфрачервоних сенсорів 6.1, 6.2, ..., 6.n, вихідна цифрова шина другого комутатора 8 підключена до вхідної цифрової шини крокового двигуна 7, вихідна цифрова шина другого АЦП 29 з'єднана з вхідною цифровою шиною першого регістра 31, вихідна цифрова шина якого підключена до вхідної цифрової шини другого регістра 27 та до першої вхідної цифрової шини першого цифрового компаратора 32, друга вхідна цифрова шина якого з'єднана з вихідною цифровою шиною другого АЦП 29, а вихід підключений до другого входу елемента І 30, перший вхід якого разом з другим входом другого АЦП 29 з'єднані з виходом керованого тактового генератора 11, вихід елемента І 30 підключений до першого входу першого регістра 31, вхід другого регістра 27 підключений до першого виходу другого

лічильника 26, вхід якого з'єднаний з виходом керованого тактового генератора 11, вихідна цифрова шина другого регістра 27 підключена до вхідної цифрової шини цифрового індикатора 28, вихід першого комутатора 20 з'єднаний з першим входом другого АЦП 29, вихідна цифрова шина якого підключена до ЕОМ, вихідна цифрова шина другого регістра 27 з'єднана з першою вхідною цифровою шиною цифрового суматора 35 та зі вхідною цифровою шиною третього регістра 33, вихідна цифрова шина якого підключена до другої вхідної цифрової шини цифрового суматора 35, вихідна цифрова шина якого з'єднана з другою вхідною цифровою шиною другого цифрового компаратора 36, перша вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини блока задання температури 34, а вихід з'єднаний зі входом індикатора 37, вхід третього регістра 33 підключений до першого виходу другого лічильника 26, другий вихід якого з'єднаний з другим входом першого регістра 31.

Запропонований пристрій працює наступним чином.

Потік інфрачервоного випромінювання, що створюється поверхнею об'єкта контролю 1, що знаходиться на деякій відстані від оптичної системи пристрою, потрапляє на об'єктив 2, який перетворює його у випромінювання з променями, паралельними головній оптичній осі.

Перетворений таким чином потік падає на діафрагму 3, яка приводиться в рух кроковим двигуном 7. Діафрагма 3 являє собою непрозорий диск, в якому вирізано сектор, утворений двома променями з кутом між ними, рівний мінімальному кроку обертання крокового двигуна 7, частота обертання якого задається керованим тактовим генератором 11. Таким чином, на дзеркало 4, що виконано у вигляді ввігнутого конуса з поверхнею 5, що відбиває промені, потрапляє лише частина зображення об'єкта контролю 1. Випромінювання, що пройшло через секторний отвір діафрагми 3, приймається інфрачервоним приймачем 6, що виконаний у вигляді секціонованого циліндра. При цьому теплове зображення розбивається на  $n$  частин, кожна з яких приймається окремим сенсором  $b_i$ , де  $i = \overline{1, n}$ , кожен з яких розташований в окремій секції інфрачервоного приймача 6. При обертанні діафрагми 3 навколо центра, який співпадає з головною оптичною віссю, сканується все теплове поле об'єкта контролю 1. При цьому розгортка є не неперервною, а дискретною за рахунок використання крокового двигуна 7. Це дає можливість отримати інформацію про тепловий стан контрольованого об'єкта в зручній для подальшої обробки формі.

Пристрій має три режими роботи. Перший режим роботи застосовується при дослідженні температурних полів потужних симетричних відносно центра електроенергетичних об'єктів, що знаходяться в стані спокою, наприклад статорів електричних машин.

В цьому випадку блок управління 15 зупиняє роботу блока синхронізації 13, на виході керованого тактового генератора 11 формуються імпульси з частотою  $f_0$ , які надходять на дільник частоти 10, що має коефіцієнт ділення  $n$ . На виході останнього формуються імпульсні сигнали з частотою чергування  $f$ , які через ключ 9 та другий комутатор 8 подаються на кроковий

двигун 7, частота обертання якого визначається формулою  $\omega = 2\pi \cdot m \cdot f$ , де  $m = \frac{360^\circ}{\beta}$ ,  $\beta$  - мінімальний кут повороту, що утворюється при подачі одного керуючого імпульсу на кроковий двигун 7. З такою ж частотою починає обертатися діафрагма 3, яка містить отвір у вигляді сектора. При цьому здійснюється кругова розгортка теплового зображення нерухомого об'єкта контролю 1. Електричні сигнали, амплітуди яких пропорційні температурі елементарних ділянок поверхні об'єкта (кількість таких ділянок може сягати  $N = n \cdot m$ ), з виходів інфрачервоних сенсорів інфрачервоного приймача 6 надходять у буферний регістр 16, який запам'ятовує інформацію в

аналоговому вигляді на час  $\Delta T = \frac{1}{f}$ . Запис в буферний регістр 16 проводиться в момент надходження сигналу з виходу дільника частоти 10. Першим комутатором 20 здійснюється зчитування інформації з буферного регістра 16 з наступним її перетворенням із паралельного виду представлення в послідовний. Сформований таким чином сигнал з виходу першого комутатора 20 потрапляє на вхід відеоконтрольного блока 21.

Генератор напруги 25, перший 23 та другий 24 керовані підсилювачі і ПЗП 22 призначені для формування сигналів розгортки відеоконтрольного блока 21. Сигнал частотою  $f_a$ , 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 ПЗП 22. При цьому коефіцієнти підсилення першого 23 та другого 24 керованих підсилювачів задаються так, що на їх виходах формуються сигнали, пропорційні  $R_j \cdot \sin \varphi_j$  та  $R_j \cdot \cos \varphi_j$ , відповідно, де  $R_j$  - радіус,  $\varphi_j$  - кут координати елементарної

ділянки поверхні контрольованого об'єкта 1 в полярній системі координат. При цьому  $i = \overline{0, n}$ ,  $j = \overline{0, m}$ .

На перший вхід ПЗП 22 сигнали надходять з першого лічильника 14, коефіцієнт перерахунку якого дорівнює  $m$ . В результаті на екрані відеоконтрольного блока 21 при наявності одного інформаційного сигналу, двох сигналів розгортки та сигналу з виходу дільника частоти 10 формується зображення, що відповідає тепловому полю об'єкта контролю 1.

У випадку, коли немає можливості сумістити оптичну вісь пристрою та геометричну вісь об'єкта контролю 1, тобто, коли спостереження проводиться під певним кутом до геометричної осі об'єкта контролю 1, його тепловий портрет спотворюється і на екрані відеоконтрольного блока 21 замість теплового портрета, що відповідає концентричним колам, буде з'являтися еліпсоподібне зображення. Для компенсації такого спотворення пропонується наступний підхід.

Відомо, що рівняння еліпса у Декартовій системі координат має вигляд

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1, \quad (1)$$

де  $x$ ,  $y$  - горизонтальна і вертикальна осі системи координат,  $a$ ,  $b$  - горизонтальна і вертикальна півосі еліпса, відповідно, причому  $a=R$ , де  $R$  - радіус кола контрольованого об'єкта.

Перейдемо у полярну систему координат, використавши формули

$$x = r \cdot \cos \varphi,$$

$$y = r \cdot \sin \varphi, \quad (2)$$

де  $r$  - "радіус" еліпса,  $\varphi$  - кут повороту радіуса  $r$ .

Підставимо (2) в (1) та отримаємо вираз

$$a = \frac{b \cdot r \cdot |\cos \varphi|}{\sqrt{b^2 - r^2 \cdot \sin^2 \varphi}}. \quad (3)$$

Отже, тепер, маючи в будь-який момент часу параметри кута повороту  $\varphi$  діафрагми, меншу піввісь еліпса  $b$  та відстань від центра еліпса до його краю ("радіус" еліпса), можна відновити реальний радіус спотвореного кола.

Це реалізовано в блоці обробки сигналу 19, який фіксує кут  $\varphi$ , параметри  $b$  і  $r$  та передає їх в блок обчислення 18, в якому за формулою (3) визначається дійсний радіус спотвореного кола.

Вихідний сигнал блока обчислення 18 за допомогою першого АЦП 17 перетворюється в цифровий код і надходить на другий вхід ПЗП 22, формуючи при цьому скориговані коефіцієнти підсилення першого 23 і другого 24 керованих підсилювачів, які відновлюють розмір зображення при його виведенні на відеоконтрольний блок 21.

Другий режим роботи пристрою використовується при вимірюванні теплового поля однієї або  $n$  точок об'єкта контролю 1, що обертається навколо своєї осі, наприклад ротора електричної машини.

Зображення  $n$  точок об'єкта контролю 1, що знаходиться на одному радіусі, проєктується через сектор діафрагми 3, яка обертається з частотою, рівною частоті обертання об'єкта контролю 1.

В цьому випадку пристрій працює аналогічно першому режиму, але кроковий двигун 7 приводить в рух діафрагму 3 з кутовою частотою, що відповідає кутовій частоті обертання об'єкта контролю 1, яка визначається блоком синхронізації 13, що формує відповідний сигнал для керованого тактового генератора 11.

Зміна режиму роботи блока синхронізації 13 відбувається з блока управління 15, який формує відповідний керуючий сигнал. Також блок управління 15 формує сигнал для зміни режиму роботи першого лічильника 14 для формування коефіцієнтів підсилення першого 23 і другого 24 керованих підсилювачів такими, що на екран відеоконтрольного блока 21 виводиться розгортка, що здійснюється вздовж  $j$ -го радіуса кругової розгортки, тобто здійснюється виведення теплового поля  $n$  точок об'єкта контролю 1, що лежать на одній прямій (в одному секторі з кутом  $\beta$ ).

Третій режим роботи пристрою застосовується для вимірювання теплового поля об'єкта контролю 1, що обертається. При цьому пристрій працює аналогічно другому режиму роботи. Блок управління 15 формує сигнал, що подається на вхід першого лічильника 14, на його виході, де формується сигнал переносу і який з'єднаний з другим входом ключа 9, формуються

імпульси з періодом  $\frac{1}{m \cdot f}$  і тривалістю  $\frac{1}{f}$ , які надходять на ключ 9 і закривають його.

При цьому сканування об'єкта контролю 1, що обертається, здійснюється спочатку вздовж деякого радіуса  $R_j$ , кут між вибраним нульовим напрямом та  $R_j$  дорівнює  $j \cdot \beta$ . Коли здійснено

сканування  $n$  точок, що лежать на радіусі  $R_j$ , по сигналу першого лічильника 14 ключ 9 припиняє роботу другого комутатора 8 та крокового двигуна 7 на період, що відповідає  $\frac{1}{f}$ . При цьому за цей час об'єкт контролю 1 повертається відносно діафрагми 3 на кут  $\beta$ . Робота крокового двигуна 7 відновлюється і сканування уже здійснюється вздовж радіуса  $R_{j+1}$ , кут між вибраним нульовим напрямом та  $R_{j+1}$  стає рівним  $(j+1)\beta$ . Так здійснюється кругова розгортка всього теплового зображення об'єкта контролю 1, що обертається.

В разі зміни напрямку обертання об'єкта контролю 1 на виході блока визначення напрямку обертання 12 з'являється сигнал логічної одиниці, яким змінюється алгоритм роботи другого комутатора 8 та першого лічильника 14. При появі на другому вході другого комутатора 8 сигналу логічної одиниці кроковий двигун 7 обертає діафрагму 3 в протилежному напрямку. Формування розгортки зображення на екрані відеоконтрольного блока 21 також здійснюється в протилежному напрямку, оскільки на третій вхід першого лічильника 14 подається сигнал логічної одиниці. Робота інших блоків пристрою залишається без змін.

Визначення найбільш нагрітої точки об'єкта дослідження в процесі вимірювання теплового поля відбувається наступним чином. Послідовність сигналів з виходу першого комутатора 20 потрапляє на перший вхід другого АЦП 29, в якому по сигналу з керованого тактового генератора 11 здійснюється їх перетворення в цифровий код. Після закінчення першого перетворення в першому цифровому компараторі 32 здійснюється порівняння цифрового коду з виходу другого АЦП 29 та нульового коду, записаного в першому регістрі 31. При цьому на виході першого цифрового компаратора 32 з'являється сигнал логічної одиниці, яким відкривається елемент І 30 і по сигналу з його виходу цифровий код з виходу другого АЦП 29 записується в перший регістр 31. При черговому циклі аналого-цифрового перетворення на виході другого АЦП 29 з'являється цифровий код, який порівнюється з кодом, записаним в першому регістрі 31. І якщо цифровий код на виході другого АЦП 29 перевищує код, записаний в першому регістрі 31, то відбувається перезапис коду в перший регістр 31. Таким чином в процесі аналого-цифрового перетворення сигналів, що відповідають температурі різних точок об'єкта дослідження, в першому регістрі 31 зберігається код, що відповідає найвищій температурі обмотки ротора. Після завершення повного оберту об'єкта дослідження на першому виході другого лічильника 26, коефіцієнт ділення якого дорівнює  $N$ , з'являється імпульс, яким інформація з першого регістра 31 переписується в другий регістр 27 та виводиться на цифровий індикатор 28. Після завершення зазначеного імпульсу на другому виході другого лічильника 26 з'являється короткий імпульс, яким перший регістр 31 обнуляється.

Зазначимо, що цифровий код, який відповідає тепловому портрету досліджуваного об'єкта, з виходу другого АЦП 29 передається в ЕОМ для подальшої обробки.

Контроль за швидкістю наростання температури в точці з найвищою температурою об'єкта контролю 1 здійснюється таким чином.

В момент, коли по сигналу з першого виходу другого лічильника 26 інформація з першого регістра 31 переписується в другий регістр 27, та інформація, що зберігалась в другому регістрі 27 цим же сигналом з другого регістра 27 переписується в третій регістр 33. Внаслідок цього в цифровому суматорі 35 обчислюється різниця цифрових кодів, що відповідають найвищій температурі в поточний момент часу (цифровий код записаний в другий регістр 27), та найвищої температури, яка мала місце при попередньому повному оберті в процесі сканування температурного поля об'єкта контролю 1 і зберігається в третьому регістрі 33. Зазначена різниця кодів і являє собою швидкість зміни температури, яка у вигляді цифрового коду надходить в другий цифровий компаратор 36 і порівнюється з цифровим кодом, що записаний в блоці задання температури 34. У разі перевищення останнього коду на виході другого цифрового компаратора 36 з'являється сигнал, яким вмикається індикатор 37 і оперативний персонал приймає рішення про технічний стан ізоляції об'єкта контролю 1 та можливість його подальшої експлуатації.

#### ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Пристрій для безконтактного вимірювання температури, що містить об'єктів, діафрагму, конусоподібне дзеркало з кутом при вершині  $90^\circ$  з поверхнею, що відображає промені світлового потоку, інфрачервоний приймач, що являє собою циліндр, секції якого є окремими інфрачервоними сенсорами, кроковий двигун, ключ, дільник частоти, керований тактовий генератор, блок визначення напрямку обертання, блок синхронізації, два лічильники, блок управління, буферний регістр, два аналого-цифрових перетворювачі, блок обчислення, блок



обробки сигналу, два комутатори, відеоконтрольний блок, постійно запам'ятовуючий пристрій, два керовані підсилювачі, генератор напруги, блок підготовки даних, елемент І, два регістри, перший цифровий компаратор та цифровий індикатор, причому виходи інфрачервоних сенсорів з'єднані, відповідно, зі вхідною шиною буферного регістра та зі вхідною шиною блока синхронізації, вихід якого через керований тактовий генератор підключений до входу першого комутатора, до входу генератора напруги, до входу блока обробки сигналу та до входу дільника частоти, вихід якого з'єднаний з першим входом буферного регістра, з першим входом відеоконтрольного блока та з першим входом першого лічильника, вихід якого підключений до другого входу ключа, вал крокового двигуна зв'язаний з діафрагмою, вихідна шина буферного регістра підключена до вхідної шини першого комутатора, вихід якого з'єднаний з другим входом відеоконтрольного блока, третій і четвертий входи якого підключені, відповідно, до виходів першого і другого керованих підсилювачів, перші входи яких з'єднані з виходом генератора напруги, а другі входи підключені, відповідно, до першого і другого виходів постійно запам'ятовуючого пристрою, перша вхідна цифрова шина якого з'єднана з вихідною цифровою шиною першого лічильника, другий вхід якого підключений до першого виходу блока управління, другий вихід якого з'єднаний зі входом блока синхронізації, а третій вихід підключений до другого входу буферного регістра, вихідна шина якого підключена до вхідної шини блока обробки сигналу, вихід якого з'єднаний зі входом блока обчислення, вихід якого підключений до входу першого аналого-цифрового перетворювача, цифрова вихідна шина якого з'єднана з другою вхідною цифровою шиною постійно запам'ятовуючого пристрою, вихід дільника частоти підключений до першого входу ключа, вихід якого з'єднаний з першим входом другого комутатора, другий вхід якого разом з третім входом першого лічильника підключені до виходу блока визначення напрямку обертання, вхідна цифрова шина якого з'єднана з виходами інфрачервоних сенсорів, вихідна цифрова шина другого комутатора підключена до вхідної цифрової шини крокового двигуна, вихідна цифрова шина другого аналого-цифрового перетворювача з'єднана з вхідною цифровою шиною першого регістра, вихідна цифрова шина якого підключена до вхідної цифрової шини другого регістра та до першої вхідної цифрової шини першого цифрового компаратора, друга вхідна цифрова шина якого з'єднана з вихідною цифровою шиною другого аналого-цифрового перетворювача, а вихід підключений до другого входу елемента І, перший вхід якого разом з другим входом другого аналого-цифрового перетворювача з'єднано з виходом керованого тактового генератора, вихід елемента І підключений до першого входу першого регістра, вхід другого регістра підключений до першого виходу другого лічильника, вхід якого з'єднаний з виходом керованого тактового генератора, вихідна цифрова шина другого регістра підключена до вхідної цифрової шини цифрового індикатора, вихід першого комутатора з'єднаний з першим входом другого аналого-цифрового перетворювача, вихідна цифрова шина якого підключена до ЕОМ, який **відрізняється** тим, що додатково введено третій регістр, цифровий суматор, блок задання температури, індикатор та другий цифровий компаратор, причому вихідна цифрова шина другого регістра з'єднана з першою вхідною цифровою шиною цифрового суматора та зі вхідною цифровою шиною третього регістра, вихідна цифрова шина якого підключена до другої вхідної цифрової шини цифрового суматора, вихідна цифрова шина якого з'єднана з другою вхідною цифровою шиною другого цифрового компаратора, перша вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини блока задання температури, а вихід з'єднаний зі входом індикатора, вхід третього регістра підключений до першого виходу другого лічильника, другий вихід якого з'єднаний з другим входом першого регістра.

