



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **158468** (13) **U**
(51) МПК (2025.01)
G01K 13/00

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

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

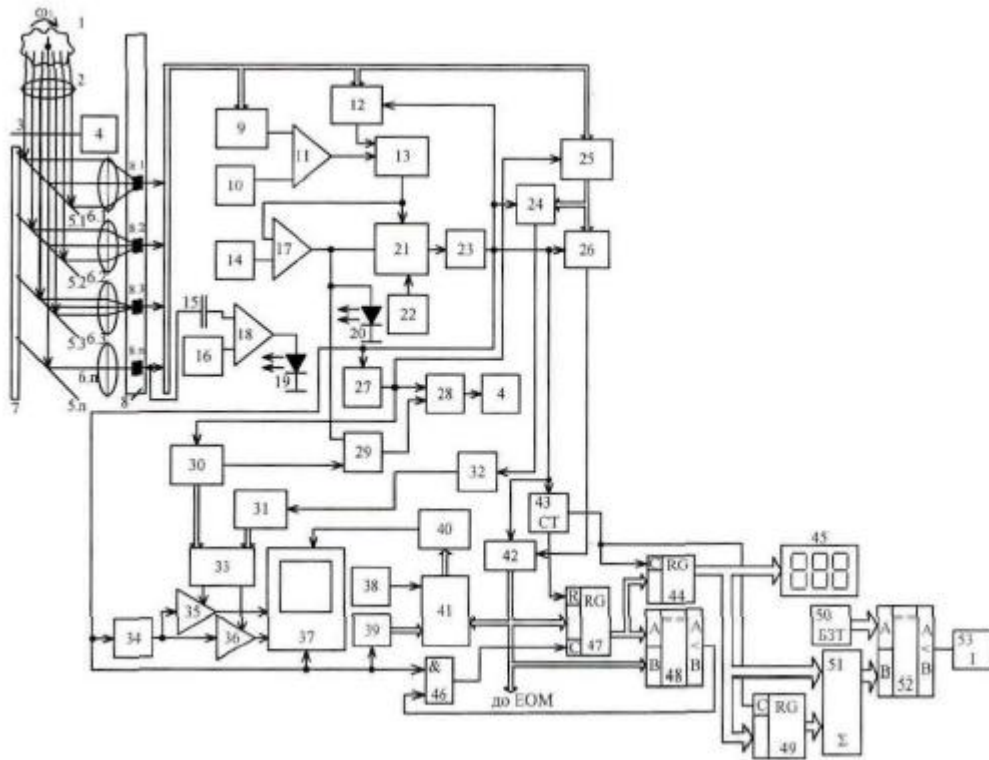
(21) Номер заявки: u 2024 02548	(72) Винахідник(и): Грабко Володимир Віталійович (UA), Грабко Валентин Володимирович (UA), Мошноріз Микола Миколайович (UA), Чорна Ольга Анатоліївна (UA)
(22) Дата подання заявки: 13.05.2024	
(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: 13.02.2025	
(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію: 12.02.2025, Бюл.№ 7	(73) Володілець (володільці): ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ, вул. Хмельницьке шосе, 95, м. Вінниця, 21021 (UA)

(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 об'єкта контролю, потрапляє на об'єktiv і через діафрагму потрапляє на інфрачервоний приймач, звідки сигнал через блок обробки подається на відеоконтрольний блок. Зображення на відеоконтрольному блоці коригується у випадку незбігання геометричних осей об'єкта контролю та пристрою. Визначається найвища температура та швидкість зміни найвищої температури досліджуваного об'єкта.

UA 158468 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 безконтактного вимірювання температури (Патент № 131815 (Україна), МПК G01K 13/00, бюл. № 2, 2019), що містить об'єktiv, діафрагму, отвір якої являє собою сектор, доповнений круглим отвором, центр якого збігається з вершиною сектора та головною оптичною віссю, n дзеркал, закріплених на оптичній лінійці таким чином, що їх площини утворюють кут 45° з головною оптичною віссю, діафрагмуючі отвори дзеркал являють собою еліпси, на одній оптичній осі з якими встановлено n лінз та лінійка n інфрачервоних (ІЧ) датчиків, кроковий двигун, перетворювач частота-напруга, чотири джерела опорної напруги, три компаратори, блок порівняння швидкості, генератор напруги, що змінюється лінійно, конденсатор, два світлодіоди, два комутатори, перетворювач напруга-частота, блок обробки сигналу, буферний регістр, дільник частоти, два ключі, два лічильники, два аналого-цифрових перетворювачі (АЦП), блок обчислення, генератор напруги, що змінюється ступінчасто, два керуючі підсилювачі, постійно запам'ятовуючий блок (ПЗБ), відеоконтрольний блок (ВКБ), інтерфейсний блок, блок запуску, цифро-аналоговий перетворювач (ЦАП) та буфер даних, причому вихід n -го ІЧ датчика через конденсатор підключений до другого входу першого компаратора, перший вхід якого з'єднаний з виходом першого джерела опорної напруги, а вихід підключений до входу першого світлодіода, вихід третього джерела опорної напруги з'єднаний з першим входом першого комутатора, другий вхід якого разом з другим входом другого компаратора підключено до виходу генератора напруги, що змінюється лінійно, перший вхід другого компаратора з'єднаний з виходом другого джерела опорної напруги, а вихід підключений до третього входу першого комутатора, до входу другого світлодіода та до першого входу другого ключа, другий вхід якого з'єднаний з виходом першого лічильника, вхід якого, а також вхід буферного регістра та другий вхід першого ключа підключені до виходу дільника частоти, вхід якого разом зі входом генератора напруги, що змінюється ступінчасто, першим входом ВКБ, а також зі входом другого комутатора та першим входом першого АЦП з'єднані з виходом перетворювача напруга-частота, вхід якого підключений до виходу першого комутатора, виходи n ІЧ датчиків з'єднані з вхідною шиною буферного регістра, вихідна шина якого підключена до вхідної шини другого комутатора, вихід якого з'єднаний з другим входом першого АЦП, вихідна шина якого підключена до вхідної шини інтерфейсного блока, третій і четвертий входи ВКБ з'єднані, відповідно, з виходами першого і другого керуючих підсилювачів, перші входи яких підключені до виходу генератора напруги, що змінюється ступінчасто, вихідна шина першого лічильника з'єднана з першою вхідною шиною ПЗБ, перший і другий входи якого підключені, відповідно, до других входів першого і другого керуючих підсилювачів, виходи першого та другого світлодіодів з'єднані з загальною шиною, вихід другого ключа підключений до першого входу першого ключа, вихід якого з'єднаний зі входом крокового двигуна, вал якого зв'язаний з діафрагмою, вихід перетворювача частота-напруга підключений до другого входу третього компаратора, перший вхід якого з'єднаний з виходом четвертого джерела опорної напруги, а вихід підключений до першого входу генератора напруги, що змінюється лінійно, другий вхід якого з'єднаний з виходом блока порівняння швидкості, вхід якого разом зі входом блока обробки сигналу підключено до виходу перетворювача напруга-частота, вихідна шина буферного регістра з'єднана з вхідною шиною блока обробки сигналу, вихід якого підключений через блок обчислення до входу другого АЦП, вихідна шина якого з'єднана з другою вхідною шиною ПЗБ, виходи n ІЧ датчиків підключені до вхідних шин перетворювача частота-напруга та блока порівняння швидкості, вихідна шина інтерфейсного блока з'єднана з колами ЕОМ, вихід блока запуску підключений до входу буфера даних, вихідна цифрова шина якого з'єднана з вхідною цифровою шиною ЦАП, вихід якого підключений до другого входу ВКБ, вихідна цифрова шина другого лічильника з'єднана з другою вхідною цифровою шиною буфера даних, перша вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини першого АЦП, вхід другого лічильника з'єднаний з виходом перетворювача напруга-частота.

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 найближчий аналог вибраний пристрій для безконтактного вимірювання температури (Патент № 154446 (Україна), МПК G01K 13/00, бюл. № 46, 2023), що містить об'єktiv, діафрагму, отвір якої являє собою сектор, доповнений круглим отвором, центр якого збігається з вершиною сектора та головною оптичною віссю, n дзеркал, закріплених на оптичній лінійці таким чином, що їх площини утворюють кут 45° з головною оптичною віссю, діафрагмуючі отвори дзеркал являють собою еліпси, на одній оптичній осі з якими встановлені n лінз та

лінійка n ІЧ датчиків, кроковий двигун, перетворювач частота-напруга, чотири джерела опорної напруги, три компаратори, блок порівняння швидкості, генератор напруги, що змінюється лінійно, конденсатор, два світлодіоди, два комутатори, перетворювач напруга-частота, блок обробки сигналу, буферний регістр, дільник частоти, два ключі, три лічильники, два АЦП, блок обчислення, генератор напруги, що змінюється ступінчасто, два керуючі підсилювачі, ПЗБ, ВКБ, блок запуску, цифро-аналоговий перетворювач (ЦАП), буфер даних, формувач сигналу, елемент І, два регістри, цифровий компаратор (в подальшому - перший цифровий компаратор) та цифровий індикатор, причому вихід n-го ІЧ датчика через конденсатор підключений до другого входу першого компаратора, перший вхід якого з'єднаний з виходом першого джерела опорної напруги, а вихід підключений до входу першого світлодіода, вихід третього джерела опорної напруги з'єднаний з першим входом першого комутатора, другий вхід якого разом з другим входом другого компаратора підключено до виходу генератора напруги, що змінюється лінійно, перший вхід другого компаратора з'єднаний з виходом другого джерела опорної напруги, а вихід підключений до третього входу першого комутатора, до входу другого світлодіода та до першого входу другого ключа, другий вхід якого з'єднаний з виходом першого лічильника, вхід якого, а також вхід буферного регістра та другий вхід першого ключа підключено до виходу дільника частоти, вхід якого разом зі входом генератора напруги, що змінюється ступінчасто, першим входом ВКБ, а також зі входом другого комутатора та першим входом першого АЦП з'єднано з виходом перетворювача напруга-частота, вхід якого підключений до виходу першого комутатора, виходи n ІЧ датчиків з'єднані з вхідною шиною буферного регістра, вихідна шина якого підключена до вхідної шини другого комутатора, вихід якого з'єднаний з другим входом першого АЦП, вхід другого лічильника підключений до виходу перетворювача напруга-частота, третій і четвертий входи ВКБ з'єднані, відповідно, з виходами першого і другого керуючих підсилювачів, перші входи яких підключені до виходу генератора напруги, що змінюється ступінчасто, вихідна шина першого лічильника з'єднана з першою вхідною шиною ПЗБ, перший і другий виходи якого підключені, відповідно, до других входів першого і другого керуючих підсилювачів, виходи першого та другого світлодіодів з'єднані з загальною шиною, вихід другого ключа підключений до першого входу першого ключа, вихід якого з'єднаний зі входом крокового двигуна, вал якого зв'язаний з діафрагмою, вихід перетворювача частота-напруга підключений до другого входу третього компаратора, перший вхід якого з'єднаний з виходом четвертого джерела опорної напруги, а вихід підключений до першого входу генератора напруги, що змінюється лінійно, другий вхід якого з'єднаний з виходом блока порівняння швидкості, вхід якого разом зі входом блока обробки сигналу підключено до виходу перетворювача напруга-частота, вихідна шина буферного регістра з'єднана з вхідною шиною блока обробки сигналу, вихід якого підключений через блок обчислення до входу другого АЦП, вихідна шина якого з'єднана з другою вхідною шиною ПЗБ, виходи n ІЧ датчиків підключені до вхідних шин перетворювача частота-напруга та блока порівняння швидкості, вихідна цифрова шина буфера даних з'єднана з вхідною цифровою шиною ЦАП, вихід якого підключений до другого входу ВКБ, вихідна цифрова шина другого лічильника з'єднана з другою вхідною цифровою шиною буфера даних, перша вхідна цифрова шина якого підключена до вхідної цифрової шини першого АЦП, вихід блока запуску з'єднаний зі входом буфера даних, вихідна цифрова шина першого 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 вихідною цифровою шиною першого АЦП, а вихід підключений до другого входу елемента І, перший вхід якого разом з входом третього лічильника з'єднано з виходом перетворювача напруга-частота, вихід елемента І підключений до першого входу першого регістра, другий вхід якого з'єднаний з виходом формувача сигналу, вхід якого разом зі входом другого регістра підключено до виходу третього лічильника, вихідна цифрова шина другого регістра з'єднана з вхідною цифровою шиною цифрового індикатора, вихідна цифрова шина першого АЦП підключена до ЕОМ.

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 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, отвір якої являє собою сектор, доповнений круглим отвором, центр якого збігається з вершиною сектора та головною оптичною віссю, п дзеркал, закріплених на оптичній лінійці таким чином, що їх площини утворюють кут 45° з головною оптичною віссю, діафрагмуючі отвори дзеркал являють собою еліпси, на одній оптичній осі з якими встановлені п лінз та лінійка п ІЧ датчиків, кроковий двигун, перетворювач частота-напруга, чотири джерела опорної напруги, три компаратори, блок порівняння швидкості, генератор напруги, що змінюється лінійно, конденсатор, два світлодіоди, два комутатори, перетворювач напруга-частота, блок обробки сигналу, буферний регістр, дільник частоти, два ключі, три лічильники, два АЦП, блок обчислення, генератор напруги, що змінюється ступінчасто, два керуючі підсилювачі, ПЗБ, ВКБ, блок запуску, цифро-аналоговий перетворювач (ЦАП), буфер даних, елемент І, два регістри, перший цифровий компаратор та цифровий індикатор, причому вихід n-го ІЧ датчика через конденсатор підключений до другого входу першого компаратора, перший вхід якого з'єднаний з виходом першого джерела опорної напруги, а вихід підключений до входу першого світлодіода, вихід третього джерела опорної напруги з'єднаний з першим входом першого комутатора, другий вхід якого разом з другим входом другого компаратора підключено до виходу генератора напруги, що змінюється лінійно, перший вхід другого компаратора з'єднаний з виходом другого джерела опорної напруги, а вихід підключений до третього входу першого комутатора, до входу другого світлодіода та до першого входу другого ключа, другий вхід якого з'єднаний з виходом першого лічильника, вхід якого, а також вхід буферного регістра та другий вхід першого ключа підключені до виходу дільника частоти, вхід якого разом зі входом генератора напруги, що змінюється ступінчасто, першим входом ВКБ, а також зі входом другого комутатора та першим входом першого АЦП з'єднані з виходом перетворювача напруга-частота, вхід якого підключений до виходу першого комутатора, виходи п ІЧ датчиків з'єднані з вхідною шиною буферного регістра, вихідна шина якого підключена до вхідної шини другого комутатора, вихід якого з'єднаний з другим входом першого АЦП, вхід другого лічильника підключений до виходу перетворювача напруга-частота, третій і четвертий входи ВКБ з'єднані, відповідно, з виходами першого і другого керуючих підсилювачів, перші входи яких підключені до виходу генератора напруги, що змінюється ступінчасто, вихідна шина першого лічильника з'єднана з першою вхідною шиною ПЗБ, перший і другий виходи якого підключені, відповідно, до других входів першого і другого керуючих підсилювачів, виходи першого та другого світлодіодів з'єднані з загальною шиною, вихід другого ключа підключений до першого входу першого ключа, вихід якого з'єднаний зі входом крокового двигуна, вал якого зв'язаний з діафрагмою, вихід перетворювача частота-напруга підключений до другого входу третього компаратора, перший вхід якого з'єднаний з виходом четвертого джерела опорної напруги, а вихід підключений до першого входу генератора напруги, що змінюється лінійно, другий вхід якого з'єднаний з виходом блока порівняння швидкості, вхід якого разом зі входом блока обробки сигналу підключено до виходу перетворювача напруга-частота, вихідна шина буферного регістра з'єднана з вхідною шиною блока обробки сигналу, вихід якого підключений через блок обчислення до входу другого АЦП, вихідна шина якого з'єднана з другою вхідною шиною ПЗБ, виходи п ІЧ датчиків підключені до вхідних шин перетворювача частота-напруга та блока порівняння швидкості, вихідна цифрова шина буфера даних з'єднана з вхідною цифровою шиною ЦАП, вихід якого підключений до другого входу ВКБ, вихідна цифрова шина другого лічильника з'єднана з другою вхідною цифровою шиною буфера даних, перша вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини першого АЦП, вихід блока запуску з'єднаний зі входом буфера даних, вихідна цифрова шина першого 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 вихідною цифровою шиною першого АЦП, а вихід підключений до другого входу елемента І, перший вхід якого разом з входом третього лічильника з'єднано з виходом перетворювача напруга-частота, вихід елемента І підключений до першого входу першого регістра, вхід другого регістра підключений до виходу третього лічильника, вихідна цифрова шина другого регістра з'єднана з вхідною цифровою шиною цифрового індикатора, вихідна цифрова шина першого АЦП 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 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.

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

На схемі: 1 - об'єкт контролю; 2 - об'єкти; 3 - діафрагма; 4 - кроковий двигун; 5-п дзеркал; 6-п лінз; 7 - оптична лінійка; 8 - п ІЧ - датчиків; 9 - перетворювач частота-напруга; 10 - четверте джерело опорної напруги; 11 - третій компаратор; 12 - блок порівняння швидкості; 13 - генератор напруги, що змінюється лінійно; 14 - друге джерело опорної напруги; 15 - конденсатор; 16 - перше джерело опорної напруги; 17, 18 - другий та перший компаратори; 19, 20 - перший та другий світлодіоди; 21 - перший комутатор; 22 - третє джерело опорної напруги; 23 - перетворювач напруга-частота; 24 - блок обробки сигналу; 25 - буферний регістр; 26 - другий комутатор; 27 - дільник частоти; 28, 29 - перший та другий ключі; 30 - перший лічильник; 31 - другий АЦП; 32 - блок обчислення; 33 - ПЗБ; 34 - генератор напруги, що змінюється ступінчасто; 35, 36 - перший і другий керуючі підсилювачі; 37 - ВКБ; 38 - блок запуску; 39 - другий лічильник; 40 - ЦАП; 41 - буфер даних; 42 - перший АЦП; 43 - третій лічильник; 44 - другий регістр; 45 - цифровий індикатор; 46 - елемент І; 47 - перший регістр; 48 - перший цифровий компаратор; 49 - третій регістр; 50 - блок задання температури; 51 - цифровий суматор; 52 - другий цифровий компаратор; 53 - індикатор, причому об'єкти 2 розташовані між об'єктом контролю 1 та діафрагмою 3, отвір якої являє собою сектор, доповнений круглим отвором, центр якого збігається з вершиною сектора та головною оптичною віссю, п дзеркал 5.1-5.п, закріплених на оптичній лінійці 7 таким чином, що їх площини утворюють кут 45° з головною оптичною віссю, діафрагмуючі отвори дзеркал 5 являють собою еліпси, на одній оптичній осі з якими встановлені п лінз 6.1-6.п та лінійка 8 п ІЧ датчиків 8.1-8.п, вихід п-го ІЧ датчика 8.п через конденсатор 15 підключений до другого входу першого компаратора 18, перший вхід якого з'єднаний з виходом першого джерела опорної напруги 16, а вихід підключений до входу першого світлодіода 19, вихід третього джерела опорної напруги 22 з'єднаний з першим входом першого комутатора 21, другий вхід якого разом з другим входом другого компаратора 17 підключено до виходу генератора напруги, що змінюється лінійно, 13, перший вхід другого компаратора 17 з'єднаний з виходом другого джерела опорної напруги 14, а вихід підключений до третього входу першого комутатора 21, до входу другого світлодіода 20 та до першого входу другого ключа 29, другий вхід якого з'єднаний з виходом першого лічильника 30, вхід якого, а також вхід буферного регістра 25 та другий вхід першого ключа 28 підключено до виходу дільника частоти 27, вхід якого разом зі входом генератора напруги, що змінюється ступінчасто, 34, першим входом ВКБ 37, а також зі входом другого комутатора 26 та першим входом першого АЦП 42 з'єднані з виходом перетворювача напруга-частота 23, вхід якого підключений до виходу першого комутатора 21, виходи п 14 датчиків 8.1-8.п з'єднані з вхідною шиною буферного регістра 25, вихідна шина якого підключена до вхідної шини другого комутатора 26, вихід якого з'єднаний з другим входом першого АЦП 42, вхід другого лічильника 39 підключений до виходу перетворювача напруга-частота 23, третій і четвертий входи ВКБ 37 з'єднані відповідно з виходами першого 35 і другого 36 керуючих підсилювачів, перші входи яких підключені до виходу генератора напруги, що змінюється ступінчасто, 34, вихідна шина першого лічильника 30 з'єднана з першою вхідною шиною ПЗБ 33, перший і другий входи якого підключені відповідно до других входів першого 35 і другого 36 керуючих підсилювачів, виходи першого 19 та другого 20 світлодіодів з'єднані з загальною шиною, вихід другого ключа 29 підключений до першого входу першого ключа 28, вихід якого з'єднаний зі входом крокового двигуна 4, вал якого зв'язаний з діафрагмою 3, вихід перетворювача частота-напруга 9 підключений до другого входу третього компаратора 11, перший вхід якого з'єднаний з виходом четвертого джерела опорної напруги 10, а вихід підключений до першого входу генератора напруги, що змінюється лінійно, 13, другий вхід якого з'єднаний з виходом блока порівняння швидкості 12, вхід якого разом зі входом блока обробки сигналу 24 підключено до виходу перетворювача напруга-частота 23, вихідна шина буферного регістра 25 з'єднана з вхідною шиною блока обробки сигналу 24, вихід якого підключений через блок обчислення 32 до входу другого АЦП 31, вихідна шина якого з'єднана з другою вхідною шиною ПЗБ 33, виходи п ІЧ датчиків 8.1-8.п підключені до вхідних шин перетворювача частота-напруга 9 та блока порівняння швидкості 12, вихідна цифрова шина буфера даних 41 з'єднана з вхідною цифровою шиною ЦАП 40, вихід якого підключений до другого входу ВКБ 37, вихідна цифрова шина другого лічильника 39 з'єднана з другою вхідною цифровою шиною буфера даних 41, перша вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини першого АЦП 42, вихід блока запуску 38 з'єднаний зі входом буфера даних 41, вихідна цифрова шина першого АЦП 42

з'єднана з вхідною цифровою шиною першого регістра 47, вихідна цифрова шина якого підключена до вхідної цифрової шини другого регістра 44 та до першої вхідної цифрової шини першого цифрового компаратора 48, друга вхідна цифрова шина якого з'єднана з вихідною цифровою шиною першого АЦП 42, а вихід підключений до другого входу елемента І 46, перший вхід якого разом з входом третього лічильника 43 з'єднані з виходом перетворювача напруга-частота 23, вихід елемента І 46 підключений до першого входу першого регістра 47, вхід другого регістра 44 підключений до виходу третього лічильника 43, вихідна цифрова шина другого регістра 44 з'єднана з вхідною цифровою шиною цифрового індикатора 45, вихідна цифрова шина першого АЦП 42 підключена до ЕОМ, вихідна цифрова шина другого регістра 44 з'єднана з першою вхідною цифровою шиною цифрового суматора 51 та зі вхідною цифровою шиною третього регістра 49, вихідна цифрова шина якого підключена до другої вхідної цифрової шини цифрового суматора 51, вихідна цифрова шина якого з'єднана з другою вхідною цифровою шиною другого цифрового компаратора 52, перша вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини блока задання температури 50, а вихід з'єднаний зі входом індикатора 53, вхід третього регістра 49 підключений до першого виходу третього лічильника 43, другий вихід якого з'єднаний з другим входом першого регістра 47.

Запропонований пристрій працює наступним чином. Перед початком роботи оптичну вісь пристрою суміщають з віссю обертання об'єкта контролю 1. Потік інфрачервоного випромінювання, що створюється поверхнею об'єкта контролю 1, який знаходиться на деякій відстані від оптичної системи пристрою, потрапляє на об'єкти 2, який перетворює його у випромінювання з променями, паралельними головній оптичній осі.

Області, що виділяються на тепловому зображенні об'єкта контролю 1 за допомогою n дзеркал 5.1-5. n , є концентричними сегментами круга. Оскільки ці дзеркала встановлені на оптичній лінійці 7 під кутом 45° до головної оптичної осі, то отвори в дзеркалах мають еліпсоподібну форму. Враховуючи те, що діафрагмуючі отвори концентричні, то при повному обертанні діафрагми 3 навколо осі через лінзи 6.1-6. n на ІЧ-датчики 8.1-8. n надходить потік інфрачервоного випромінювання, що відповідає зображенням n сегментів всього зображення об'єкта контролю 1. Фіксуючи положення діафрагмуючого отвору діафрагми 3 в m напрямках полярної системи координат і здійснюючи її переривчастий обертальний рух за допомогою крокового двигуна 4, можна отримати інформацію про температуру $N=m \cdot (n-1)+1$ точок об'єкта контролю 1. Це пояснюється тим, що центральна частина діафрагмуючого отвору діафрагми 3 має кругу форму і за відсутності радіального биття потік інфрачервоного випромінювання, що потрапляє на ІЧ-датчик 8. n , є постійним при обертанні діафрагми 3. За наявності радіального биття наведена формула приймає вигляд $N=m \cdot n$.

Якщо швидкість обертання об'єкта контролю 1 дорівнює нулю, тобто об'єкт є нерухомим, то на виході перетворювача частота-напруга 9 сигнал дорівнює нулю. При цьому на виході третього компаратора 11 присутній сигнал логічного нуля, оскільки на його вхід подається напруга з четвертого джерела опорної напруги 10. Отже, на виході генератора напруги, що змінюється лінійно, 13 присутній також нульовий сигнал та на виході другого компаратора 17 встановлений сигнал логічного нуля, на вхід якого подається напруга з виходу другого джерела опорної напруги 14. За таких умов в першому комутаторі 21 відкритий канал проходження сигналу з виходу третього джерела опорної напруги 22 на вхід перетворювача напруга-частота 23. При цьому на його виході формується імпульсний електричний сигнал частотою $f_1 \cdot n$, який надходить на вхід дільника частоти 27. На виході 13 останнього формується імпульсний сигнал частотою f_1 , що подається на входи першого лічильника 30 та буферного регістра 25. З такою частотою здійснюється запис інформації в буферний регістр 25, яка надходить з ІЧ датчиків 8.1-8. n і яка зберігається в ньому протягом часу $1/f_1$, за який ця інформація зчитується другим комутатором 26 під дією вихідного імпульсного сигналу перетворювача напруга-частота 23 та перетворюється в послідовний потік. З цією ж частотою інформація подається на другі входи першого АЦП 42 та ВКБ 37, а також на вхід генератора напруги, що змінюється ступінчасто, 34. Перший ключ 28 знаходиться у відкритому стані, оскільки на його перший вхід сигнал з виходу закритого другого ключа 29 не надходить. Отже, на кроковий двигун 4 надходить імпульсний сигнал, який забезпечує обертання вала двигуна та діафрагми 3.

За період $\frac{360^\circ}{\beta} \cdot \frac{1}{f_1}$ сканується все теплове поле нерухомого об'єкта контролю 1, де β - мінімальний кут повороту, що утворюється при подачі одного керуючого імпульсу на кроковий двигун 4.

Генератор напруги, що змінюється ступінчасто, 34, перший 35 і другий 36 керуючі підсилювачі та ПЗБ 33 призначені для формування сигналів розгортки ВКБ 37. Коли на вхід генератора напруги, що змінюється ступінчасто, 34 надходить імпульсний електричний сигнал з

частотою f_1 , то на його виході формується електричний сигнал ступінчастої форми з кількістю сходинок за період, рівною n . Цей сигнал надходить на входи керуючих підсилювачів 35 і 36, коефіцієнт підсилення яких задається вихідними сигналами ПЗБ 33. При цьому коефіцієнти підсилення першого 35 та другого 36 керуючих підсилювачів задаються так, що на їх виходах

5

формується сигнали, пропорційні $R_i \cdot \sin \varphi_j$ та $R_i \cdot \cos \varphi_j$ відповідно, де R_i - радіус, φ_j - кут координати елементарної ділянки поверхні об'єкта контролю 1 в полярній системі координат. При цьому $i = \overline{0, n}$, $j = \overline{0, m}$.

На першу вхідну шину ПЗБ 33 сигнали надходять з першого лічильника 30, коефіцієнт перерахунку якого дорівнює π . Одночасно потік інформації з виходу другого комутатора 26 потрапляє також в буфер даних 41 через перший АЦП 42. Під управлінням другого лічильника 39 інформація послідовно розміщується в буфері даних 41 і через ЦАП 40 перетворюється в аналогову форму та подається на вхід ВКБ 37. В результаті на екрані ВКБ 37 при наявності одного інформаційного сигналу, двох сигналів розгортки та сигналу з виходу перетворювача напруга-частота 23 формується зображення, що відповідає тепловому полю об'єкта контролю 1.

15

Якщо швидкість обертання об'єкта контролю 1 більша нуля, тобто він починає обертатись, то на виході перетворювача частота-напруга 9 формується електричний сигнал, амплітуда якого пропорційна частоті обертання об'єкта контролю 1. Цей сигнал надходить на другий вхід третього компаратора 11 і, оскільки сигнал перевищує рівень напруги з виходу четвертого джерела опорної напруги 10, на виході третього компаратора 11 формується сигнал логічної одиниці, який запускає генератор напруги, що змінюється лінійно, 13, на виході якого починає нарощуватись амплітуда сигналу напруги. При перевищенні цим сигналом рівня напруги, що формується на виході другого джерела опорної напруги 14, на виході другого компаратора 17 встановлюється сигнал логічної одиниці, яким перший комутатор 21 перемикається в режим проходження сигналу з виходу генератора напруги, що змінюється лінійно, 13 на вхід перетворювача напруга-частота 23. На виході останнього формується сигнал з частотою

20

25

$f \cdot n = \frac{\omega}{2\pi} \cdot n \cdot m$, де ω - циклічна частота обертання об'єкта контролю 1. При чергуванні імпульсів цьому на виході дільника частоти 27 формується імпульсний сигнал з частотою f , з якою здійснюється запис інформації в буферний регістр 25, а потім зчитується з останнього через другий комутатор 26 з частотою, сигнал якої формується на виході перетворювача напруга-частота 23. З цієї ж частотою сигнал надходить в перший АЦП 42, з виходу якого подається в кола ЕОМ.

30

На вхід крокового двигуна 4 через перший ключ 28 надходить імпульсний сигнал з частотою

$f = \frac{\omega}{2\pi} \cdot m$. При цьому діафрагма 3 починає обертатися і за час зростання сигналу на виході генератора напруги, що змінюється лінійно, 13 швидкість обертання діафрагми 3 зрівнюється зі швидкістю обертання об'єкта контролю 1. Очевидно, що напруга на виході перетворювача частота-напруга 9 протягом періоду розгону крокового двигуна 4 зменшується і в момент порівняння швидкостей обертання діафрагми 3 та об'єкта контролю 1 напруга стає рівною нулю. При цьому на виході третього компаратора 11 з'являється сигнал логічного нуля, яким припиняється процес нарощування напруги на виході генератора напруги, що змінюється лінійно, 13 і період розгону крокового двигуна 4 на цьому завершується.

35

40

Зазначимо, що в момент появи сигналу логічної одиниці на виході другого компаратора 17 вмикається другий світлодіод 20, що свідчить про вимірювання теплового поля об'єкта контролю 1 в процесі його обертання.

Одночасно з виходу дільника частоти 27 сигнал надходить на вхід першого лічильника 30. На виході останнього, де формується сигнал переносу і який з'єднаний через другий ключ 29 з

45

першим входом першого ключа 28, формуються імпульси з періодом $\frac{1}{m \cdot f}$ і тривалістю $\frac{1}{f}$, які надходять на перший ключ 28 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 30 другий ключ 29 відкривається і вихідним сигналом закриває перший ключ 28, який припиняє роботу крокового

50

двигуна 4 на період, що відповідає $\frac{1}{f}$. При цьому за цей час об'єкт контролю 1 повертається відносно діафрагми 3 на кут β . Робота крокового двигуна 4 відновлюється і сканування уже здійснюється вздовж радіуса R_{j+1} , кут між вибраним нульовим напрямом та R_{j+1} стає рівним $(j+1) \cdot \beta$. Виведення зображення на ВКБ 37 реалізується аналогічно, як описано вище. Так

55

здійснюється кругова розгортка всього теплового зображення об'єкта контролю 1, що обертається.

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 ВКБ 37 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 напівосі еліпса, відповідно, причому $a=R$, де R - радіус кола об'єкта контролю 1.

Перейдемо у полярну систему координат, використавши формули

$$\begin{aligned} x &= r \cdot \cos \varphi, \\ y &= r \cdot \sin \varphi, \end{aligned} \quad (2)$$

де r - "радіус" еліпса, φ - кут повороту радіуса r .

Підставимо (2) в (1) та отримаємо вираз

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

Отже, тепер, маючи в будь-який момент часу параметри кута повороту φ 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 24, який фіксує кут φ , параметри b і r та передає їх в блок обчислення 32, в якому за формулою (3) визначається дійсний радіус спотвореного кола.

Вихідний сигнал блока обчислення 32 за допомогою другого АЦП 31 перетворюється в цифровий код і надходить на другу вхідну шину ПЗБ 33, формуючи при цьому скориговані коефіцієнти підсилення першого 35 і другого 36 керуючих підсилювачів, які відновлюють розмір зображення при його виведенні на ВКБ 37.

Якщо швидкість обертання об'єкта контролю 1 зменшилась, то код з вихідної шини ІЧ датчика 8 надходить на вхідну шину блока порівняння швидкості 12, на його виході формується сигнал логічної одиниці, який подається на вхід генератора напруги, що змінюється лінійно, 13. У випадку зменшення швидкості обертання об'єкта контролю 1 на виході перетворювача частота-напруга 9 з'являється сигнал, яким забезпечується зменшення напруги на виході генератора напруги, що змінюється лінійно, 13, внаслідок чого швидкість обертання крокового двигуна 4 також зменшується і швидкості обертання діафрагми 3 та об'єкта контролю 1 зрівнюються.

Якщо об'єкт контролю 1 має радіальне биття, що виявляється в процесі його обертання, то вихідний сигнал з ІЧ датчика 8.п надходить через конденсатор 15 на вхід першого компаратора 18. В моменти перевищення цим сигналом напруги, яка подається з виходу першого джерела опорної напруги 16, на виході першого компаратора 18 з'являється сигнал логічної одиниці, який викликає ввімкнення першого світлодіода 19, що свідчить про наявність радіального биття об'єкта контролю 1.

Нагадаємо, що потік інформації з виходу другого комутатора 26 про теплове зображення об'єкта потрапляє в буфер даних 41 через перший АЦП 42 в цифровій формі. Під управлінням другого лічильника 39 інформація послідовно розміщується в буфері даних 41. Розмір буфера може бути різним, але не меншим, ніж для розміщення в ньому інформації про теплове зображення об'єкта, що отримується за один оберт діафрагми 3. В подальшому цей потік інформації через ЦАП 40 перетворюється в аналогову форму та подається на вхід ВКБ 37.

У випадку, коли необхідно відстежити фрагмент теплового зображення, який може мати інтерес для додаткового дослідження, сигналом з блока запуску 38 буфер даних 41 переводиться в режим повторного неперервного зчитування записаної в ньому інформації з

подальшим її виведенням через ЦАП 40 на вхід ВКБ 37. Цей процес продовжується до тих пір, поки активним є сигнал з виходу блока запуску 38.

Визначення найбільш нагрітої точки об'єкта дослідження в процесі його роботи відбувається наступним чином. Послідовність сигналів з виходу другого комутатора 26 потрапляє на другий вхід першого АЦП 42, в якому по сигналу з виходу перетворювача напруга-частота 23 здійснюється їх перетворення в цифровий код. По закінченню першого перетворення в першому цифровому компараторі 48 здійснюється порівняння цифрового коду з виходу першого АЦП 42 та нульового коду, записаного в першому регістрі 47. При цьому на виході першого цифрового компаратора 48 з'являється сигнал логічної одиниці, яким відкривається елемент І 46 і по сигналу з виходу перетворювача напруга-частота 23 цифровий код з виходу першого АЦП 42 записується в перший регістр 47. При черговому циклі аналого-цифрового перетворення на виході першого АЦП 42 з'являється цифровий код, який порівнюється з кодом, записаним в першому регістрі 47. І якщо цифровий код на виході першого АЦП 42 перевищує код, записаний в першому регістрі 47, то відбувається перезапис коду в перший регістр 47. Таким чином в процесі аналого-цифрового перетворення сигналів, що відповідають температурі різних точок об'єкта дослідження, в першому регістрі 47 зберігається код, що відповідає найвищій температурі об'єкта дослідження. По завершенню повного оберту досліджуваного об'єкта на виході третього лічильника 43, коефіцієнт ділення якого дорівнює N, з'являється імпульс, яким інформація з першого регістра 47 переписується в другий регістр 44 та виводиться на цифровий індикатор 45. По завершенню зазначеного імпульсу на другому виході третього лічильника 43 з'являється короткий імпульс, яким перший регістр 47 обнуляється.

Зазначимо, що цифровий код, який відповідає тепловому портрету досліджуваного об'єкта, з виходу першого АЦП 42 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 третього лічильника 43 інформація з першого регістра 47 переписується в другий регістр 44, та інформація, що зберігалась в другому регістрі 44, цим же сигналом з другого регістра 44 переписується в третій регістр 49. Внаслідок цього в цифровому суматорі 51 обчислюється різниця цифрових кодів, що відповідають найвищій температурі в поточний момент часу (цифровий код записаний в другий регістр 44), та найвищої температури, яка мала місце при попередньому повному оберті в процесі сканування температурного поля об'єкта контролю 1 і зберігається в третьому регістрі 49. Зазначена різниця кодів і являє собою швидкість зміни температури, яка у вигляді цифрового коду надходить в другий цифровий компаратор 52 і порівнюється з цифровим кодом, що записаний в блоці задання температури 50. У разі перевищення останнього коду на виході другого цифрового компаратора 52 з'являється сигнал, яким вмикається індикатор 53 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'єктив, діафрагму, отвір якої являє собою сектор, доповнений круглим отвором, центр якого збігається з вершиною сектора та головною оптичною віссю, n дзеркал, закріплених на оптичній лінійці таким чином, що їх площини утворюють кут 45° з головною оптичною віссю, діафрагмуючі отвори дзеркал являють собою еліпси, на одній оптичній осі з якими встановлено n лінз та лінійка n інфрачервоних датчиків, кроковий двигун, перетворювач частота-напруга, чотири джерела опорної напруги, три компаратори, блок порівняння швидкості, генератор напруги, що змінюється лінійно, конденсатор, два світлодіоди, два комутатори, перетворювач напруга-частота, блок обробки сигналу, буферний регістр, дільник частоти, два ключі, три лічильники, два аналого-цифрових перетворювачі, блок обчислення, генератор напруги, що змінюється ступінчасто, два керуючі підсилювачі, постійно запам'ятовуючий блок, відеоконтрольний блок, блок запуску, цифро-аналоговий перетворювач, буфер даних, елемент І, два регістри, перший цифровий компаратор та цифровий індикатор, причому вихід n-го інфрачервоного датчика через конденсатор підключений до другого входу першого компаратора, перший вхід якого з'єднаний з виходом першого джерела опорної напруги, а вихід підключений до входу першого світлодіода, вихід третього джерела опорної напруги з'єднаний з першим входом першого комутатора, другий вхід якого разом з другим входом другого компаратора підключено до виходу генератора напруги, що змінюється лінійно, перший вхід другого компаратора з'єднаний з виходом другого джерела опорної напруги, а вихід підключений до третього входу першого

комутатора, до входу другого світлодіода та до першого входу другого ключа, другий вхід якого з'єднаний з виходом першого лічильника, вхід якого, а також вхід буферного регістра та другий вхід першого ключа підключено до виходу дільника частоти, вхід якого разом зі входом генератора напруги, що змінюється ступінчасто, першим входом відеоконтрольного блока, а також зі входом другого комутатора та першим входом першого аналого-цифрового перетворювача з'єднано з виходом перетворювача напруга-частота, вхід якого підключений до виходу першого комутатора, виходи n інфрачервоних датчиків з'єднані з вхідною шиною буферного регістра, вихідна шина якого підключена до вхідної шини другого комутатора, вихід якого з'єднаний з другим входом першого аналого-цифрового перетворювача, вхід другого лічильника підключений до виходу перетворювача напруга-частота, третій і четвертий входи відеоконтрольного блока з'єднані, відповідно, з виходами першого і другого керуючих підсилювачів, перші входи яких підключені до виходу генератора напруги, що змінюється ступінчасто, вихідна шина першого лічильника з'єднана з першою вхідною шиною постійно запам'ятовуючого блока, перший і другий виходи якого підключені, відповідно, до других входів першого і другого керуючих підсилювачів, виходи першого та другого світлодіодів з'єднані з загальною шиною, вихід другого ключа підключений до першого входу першого ключа, вихід якого з'єднаний зі входом крокового двигуна, вал якого зв'язаний з діафрагмою, вихід перетворювача частота-напруга підключений до другого входу третього компаратора, перший вхід якого з'єднаний з виходом четвертого джерела опорної напруги, а вихід підключений до першого входу генератора напруги, що змінюється лінійно, другий вхід якого з'єднаний з виходом блока порівняння швидкості, вхід якого разом зі входом блока обробки сигналу підключено до виходу перетворювача напруга-частота, вихідна шина буферного регістра з'єднана з вхідною шиною блока обробки сигналу, вихід якого підключений через блок обчислення до входу другого аналого-цифрового перетворювача, вихідна шина якого з'єднана з другою вхідною шиною постійно запам'ятовуючого блока, виходи n інфрачервоних датчиків підключені до вхідних шин перетворювача частота-напруга та блока порівняння швидкості, вихідна цифрова шина буфера даних з'єднана з вхідною цифровою шиною цифро-аналогового перетворювача, вихід якого підключений до другого входу відеоконтрольного блока, вихідна цифрова шина другого лічильника з'єднана з другою вхідною цифровою шиною буфера даних, перша вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини першого аналого-цифрового перетворювача, вихід блока запуску з'єднаний зі входом буфера даних, вихідна цифрова шина першого 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 першого аналого-цифрового перетворювача, а вихід підключений до другого входу елемента І, перший вхід якого разом з входом третього лічильника з'єднано з виходом перетворювача напруга-частота, вихід елемента І підключений до першого входу першого регістра, вхід другого регістра підключений до виходу третього лічильника, вихідна цифрова шина другого регістра з'єднана з вхідною цифровою шиною цифрового індикатора, вихідна цифрова шина першого аналого-цифрового перетворювача підключена до ЕОМ, який **відрізняється** тим, що 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.

