



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **153904** (13) **U**
(51) МПК (2023.01)
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 2023 01397	(72) Винахідник(и): Грабко Володимир Віталійович (UA), Грабко Валентин Володимирович (UA), Розводюк Михайло Петрович (UA), Мошноріз Микола Миколайович (UA)
(22) Дата подання заявки: 03.04.2023	
(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: 14.09.2023	
(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію: 13.09.2023, Бюл.№ 37	(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 пристрій.



UA 153904 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 (А.С. СРСР № 1676337, М. кл. G01K 13/08, G01J 5/28, бюл. № 33, 1991), що містить об'єktiv, діафрагму, перше дзеркало, виконане у вигляді W-конуса, та друге дзеркало, виконане у вигляді ввігнутого конуса з поверхнями, що призначені для відбивання променів світлового потоку, інфрачервоний приймач, що являє собою набір інфрачервоних сенсорів, розташованих один за одним, приймальні площадки яких перпендикулярні головній оптичній осі, виходи інфрачервоних сенсорів з'єднані відповідно з вхідною шиною буферного регістра блока перетворення інформації та з вхідною шиною перетворювача частота-напруга блока керування і синхронізації, вихід якого підключений до четвертого входу панелі керування блока керування і синхронізації, четвертий вихід якої з'єднаний з першим входом компаратора блока керування і синхронізації, другий вхід якого підключений до загальної шини, а вихід з'єднаний з третім входом панелі керування блока керування і синхронізації та з входом генератора напруги, що змінюється лінійно, блока керування і синхронізації, вихід якого підключений до другого входу панелі керування блока керування і синхронізації, п'ятий вихід якої з'єднаний з входом перетворювача напруга-частота блока керування і синхронізації, вихід якого підключений до входу дільника частоти блока керування і синхронізації, вихід якого з'єднаний з першим входом ключа блока керування і синхронізації, вихід якого підключений до входу крокового двигуна, вал якого зв'язаний з діафрагмою, другий вхід ключа блока керування і синхронізації з'єднаний з другим виходом панелі керування блока керування і синхронізації, перший вхід якої підключений до виходу дільника частоти блока керування і синхронізації, перший вихід панелі керування блока керування і синхронізації з'єднаний з входом лічильника блока керування і синхронізації, вихідна шина якого підключена до вхідної шини постійного запам'ятовуючого пристрою блока вимірювання, вихід лічильника блока керування і синхронізації з'єднаний з другим входом панелі керування блока керування і синхронізації, третій вихід якого підключений до першого входу буферного регістра блока перетворення інформації, другий вхід якого з'єднаний з виходом дільника частоти блока керування і синхронізації, вихідна шина буферного регістра блока перетворення інформації підключена до вхідної шини комутатора n входів на один вихід блока перетворення інформації, вхід якого з'єднаний з виходом перетворювача напруга-частота, а вихід підключений до першого входу відеоконтрольного пристрою блока вимірювання та до першого входу аналого-цифрового перетворювача блока підготовки даних для введення в ЕОМ, вихідна шина якого з'єднана з вхідною шиною інтерфейсного пристрою блока підготовки даних для введення в ЕОМ, вихід якого підключений до кіл ЕОМ, вихід перетворювача напруга-частота блока керування і синхронізації з'єднаний з другими входами аналого-цифрового перетворювача блока підготовки даних для введення в ЕОМ і відеоконтрольного пристрою блока вимірювання та з входами інтерфейсного пристрою блока підготовки даних для введення в ЕОМ і генератора напруги, що змінюється ступінчасто, блока вимірювання, вихід якого підключений до перших входів першого і другого керуючих підсилювачів, другі входи яких з'єднані відповідно з першим і другим виходами постійного запам'ятовуючого пристрою блока вимірювання, а виходи підключені відповідно до третього і четвертого входів відеоконтрольного пристрою блока вимірювання, п'ятий вхід якого з'єднаний з виходом дільника частоти блока керування і синхронізації.

Головним недоліком даного пристрою є те, що він не дозволяє визначати найбільше значення температури теплових полів, наприклад обмоток потужних електричних машин, що звужує функціональні можливості пристрою в задачі спостереження за об'єктами, що обертаються, зокрема потужними електричними машинами.

Як найближчий аналог вибрано пристрій для безконтактного вимірювання температури (Патент України № 19467, М. кл. G 01 K 13/00, бюл. № 12, 2006), що містить об'єktiv, діафрагму, перше дзеркало, виконане у вигляді W-конуса, та друге дзеркало, виконане у вигляді ввігнутого конуса з поверхнями, що призначені для відбивання променів світлового потоку, інфрачервоний приймач, що являє собою набір інфрачервоних сенсорів, розташованих один за одним, приймальні площадки яких перпендикулярні головній оптичній осі, кроковий двигун, блок порівняння швидкості, перетворювач частота-напруга, два компаратори, генератор напруги, що змінюється лінійно, два елементи НІ, блок запуску, чотири елементи І, тригер, джерело опорної напруги, два електронні ключі, перетворювач напруга-частота, блок обробки сигналу, буферний регістр, комутатор, дільник частоти, елемент І-НІ, ключ, лічильник (в подальшому - перший лічильник), два аналого-цифрових перетворювачі (АЦП), блок обчислення, постійний запам'ятовуючий пристрій (ПЗП), генератор напруги, що змінюється ступінчасто, два керуючі

підсилювачі, відеоконтрольний пристрій (ВКП) та інтерфейсний блок, причому виходи інфрачервоних сенсорів з'єднані відповідно з вхідною шиною буферного регістра та з вхідною шиною перетворювача частота-напруга, другий вхід першого компаратора підключений до загальної шини, а вихід з'єднаний з першим входом генератора напруги, що змінюється лінійно, вихід перетворювача напруга-частота підключений до входу дільника частоти, вихід якого з'єднаний з першим входом ключа, вихід якого підключений до входу крокового двигуна, вал якого зв'язаний з діафрагмою, другий вхід буферного регістра з'єднаний з виходом дільника частоти, вихідна шина буферного регістра підключена до вхідної шини комутатора, вхід якого з'єднаний з виходом перетворювача напруга-частота, а вихід підключений до першого входу ВКП та до першого входу першого АЦП, вихідна шина якого з'єднана з вхідною шиною інтерфейсного блока, вихід якого підключений до кіл ЕОМ, вихід перетворювача напруга-частота з'єднаний з другими входами першого АЦП і ВКП та з входами інтерфейсного блока і генератора напруги, що змінюється ступінчасто, вихід якого підключений до перших входів першого і другого керуючих підсилювачів, другі входи яких з'єднані відповідно з першим і другим входами ПЗП, а виходи підключені відповідно до третього і четвертого входів ВКП, п'ятий вхід якого з'єднаний з виходом дільника частоти, вихідна шина першого лічильника підключена до першої вхідної шини ПЗП, вихід перетворювача частота-напруга з'єднаний з першим входом першого компаратора, вихід якого підключений до входу першого елемента ІІ, вихід якого з'єднаний з другим входом першого елемента І, перший вхід якого підключений до виходу другого компаратора, другий вхід якого з'єднаний з загальною шиною, а перший вхід підключений до аналогового входу першого електронного ключа та до виходу генератора напруги, що змінюється лінійно, другий вхід якого з'єднаний з виходом блока порівняння швидкості, вхід якого, а також вхід блока обробки сигналу підключені до входу дільника частоти, вихід якого з'єднаний з першим входом четвертого елемента І, другий вхід якого підключений до виходу елемента І-ІІ, другий вхід якого з'єднаний з третім входом першого елемента І та з виходом блока запуску, вихід якого підключений до входу другого елемента ІІ, вихід якого з'єднаний з другими входами тригера і третього елемента І, перший вхід якого, а також перший вхід елемента І-ІІ підключені до першого виходу тригера та до другого входу другого елемента І, вихід якого з'єднаний з першим входом буферного регістра, а перший вхід підключений до виходу першого компаратора, вихід першого елемента І з'єднаний з першим входом тригера, перший і другий виходи якого підключені відповідно до керуючих входів першого і другого електронних ключів, виходи яких з'єднані з входом перетворювача напруга-частота, вихід джерела опорної напруги підключений до аналогового входу другого електронного ключа, вихід четвертого елемента І з'єднаний з входом першого лічильника, вихід якого підключений до третього входу третього елемента І, вихід якого з'єднаний з другим входом ключа, вихід блока обробки сигналу підключений до входу блока обчислення, вихід якого з'єднаний з входом другого АЦП, вихідна шина якого підключена до другої вхідної шини ПЗП, вхідна шина блока порівняння швидкості з'єднана з вхідною шиною буферного регістра, вихідна шина якого підключена до вхідної шини блока обробки сигналу.

Головним недоліком даного пристрою є те, що він не дозволяє визначати найбільше значення температури теплових полів, наприклад обмоток потужних електричних машин, що звужує функціональні можливості пристрою в задачі спостереження за об'єктами, що обертаються, зокрема потужними електричними машинами.

В основу корисної моделі поставлено задачу створення пристрою для безконтактного вимірювання температури, в якому за рахунок введення нових блоків та зв'язків між ними з'являється можливість визначати найбільше значення температури теплових полів, наприклад обмоток потужних електричних машин, що розширює функціональні можливості пристрою в задачі спостереження за об'єктами, що обертаються, зокрема потужними електричними машинами.

Поставлена задача вирішується тим, що в пристрій для безконтактного вимірювання температури, що містить об'єкти, діафрагму, перше дзеркало, виконане у вигляді W-конуса, та друге дзеркало, виконане у вигляді ввігнутого конуса з поверхнями, що призначені для відбивання променів світлового потоку, інфрачервоний приймач, що являє собою набір інфрачервоних сенсорів, розташованих один за одним, приймальні площадки яких перпендикулярні головній оптичній осі, кроковий двигун, блок порівняння швидкості, перетворювач частота-напруга, два компаратори, генератор напруги, що змінюється лінійно, два елементи ІІ, блок запуску, чотири елементи І, тригер, джерело опорної напруги, два електронні ключі, перетворювач напруга-частота, блок обробки сигналу, буферний регістр, комутатор, дільник частоти, елемент І-ІІ, ключ, перший лічильник, два АЦП, блок обчислення, ПЗП, генератор напруги, що змінюється ступінчасто, два керуючі підсилювачі та ВКП, причому

виходи інфрачервоних сенсорів з'єднані відповідно з вхідною шиною буферного регістра та з вхідною шиною перетворювача частота-напруга, другий вхід першого компаратора підключений до загальної шини, а вихід з'єднаний з першим входом генератора напруги, що змінюється лінійно, вихід перетворювача напруга-частота підключений до входу дільника частоти, вихід якого з'єднаний з першим входом ключа, вихід якого підключений до входу крокового двигуна, вал якого зв'язаний з діафрагмою, другий вхід буферного регістра з'єднаний з виходом дільника частоти, вихідна шина буферного регістра підключена до вхідної шини комутатора, вихід якого з'єднаний з першими входами ВКП та першого АЦП, вихід перетворювача напруга-частота з'єднаний зі входом комутатора, з другим входом ВКП та з входом генератора напруги, що змінюється ступінчасто, вихід якого підключений до перших входів першого і другого керуючих підсилювачів, другі входи яких з'єднані відповідно з першим і другим виходами ПЗП, а виходи підключені відповідно до третього і четвертого входів ВКП, п'ятий вхід якого з'єднаний з виходом дільника частоти, вихідна шина першого лічильника підключена до першої вхідної шини ПЗП, вихід перетворювача частота-напруга з'єднаний з першим входом першого компаратора, вихід якого підключений до входу першого елемента НІ, вихід якого з'єднаний з другим входом першого елемента І, перший вхід якого підключений до виходу другого компаратора, другий вхід якого з'єднаний з загальною шиною, а перший вхід підключений до аналогового входу першого електронного ключа та до виходу генератора напруги, що змінюється лінійно, другий вхід якого з'єднаний з виходом блока порівняння швидкості, вхід якого, а також вхід блока обробки сигналу підключені до входу дільника частоти, вихід якого з'єднаний з першим входом четвертого елемента І, другий вхід якого підключений до виходу елемента І-НІ, другий вхід якого з'єднаний з третім входом першого елемента І та з виходом блока запуску, вихід якого підключений до входу другого елемента НІ, вихід якого з'єднаний з другими входами тригера і третього елемента І, перший вхід якого, а також перший вхід елемента І-НІ підключені до першого виходу тригера та до другого входу другого елемента І, вихід якого з'єднаний з першим входом буферного регістра, а перший вхід підключений до виходу першого компаратора, вихід першого елемента І з'єднаний з першим входом тригера, перший і другий виходи якого підключені відповідно до керуючих входів першого і другого електронних ключів, виходи яких з'єднані з входом перетворювача напруга-частота, вихід джерела опорної напруги підключений до аналогового входу другого електронного ключа, вихід четвертого елемента І з'єднаний з входом першого лічильника, вихід якого підключений до третього входу третього елемента І, вихід якого з'єднаний з другим входом ключа, вихід блока обробки сигналу підключений до входу блока обчислення, вихід якого з'єднаний з входом другого АЦП, вихідна шина якого підключена до другої вхідної шини ПЗП, вихідна шина блока порівняння швидкості з'єднана з вхідною шиною буферного регістра, вихідна шина якого підключена до вхідної шини блока обробки сигналу, згідно з корисною моделлю, введено другий лічильник, формувач сигналу, п'ятий елемент І, два регістри, цифровий компаратор та цифровий індикатор, причому 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 цифрового компаратора, друга вхідна цифрова шина якого з'єднана з вихідною цифровою шиною першого АЦП, а вихід підключений до другого входу п'ятого елемента І, перший вхід якого разом з другим входом першого АЦП та входом другого лічильника з'єднані з виходом перетворювача напруга-частота, вихід п'ятого елемента І підключений до першого входу першого регістра, другий вхід якого з'єднаний з виходом формувача сигналу, вхід якого разом зі входом другого регістра підключені до виходу другого лічильника, вихідна цифрова шина другого регістра з'єднана з вхідною цифровою шиною цифрового індикатора, вихідна цифрова шина першого АЦП підключена до ЕОМ.

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 - перше дзеркало у вигляді W-конуса, прямолінійні утворюючі центральної конусної поверхні 4.1 якого утворюють кут при вершині 90°, а прямолінійні утворюючі бокової конусної поверхні 4.2 утворюють кут при вершині, більший ніж 90°; 5 - друге дзеркало виконане у вигляді ввігнутого конуса; 6 - інфрачервоний приймач, що містить n окремих інфрачервоних сенсорів; 7 - кроковий двигун; 8 - блок порівняння швидкості; 9 - перетворювач частота-напруга; 10 - перший компаратор; 11 - генератор напруги, що змінюється лінійно; 12 - перший елемент НІ; 13 - блок запуску; 14 - другий елемент НІ; 15 - перший елемент І; 16 - другий компаратор; 17 - тригер; 18 - джерело опорної напруги; 19, 20 - перший і другий електронні ключі; 21 - другий елемент І; 22 - перетворювач напруга-частота; 23 - блок обробки сигналу; 24 - буферний регістр; 25 -

оптичної системи пристрою, потрапляє на об'єкти 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, рівним мінімальному кроку обертання крокового двигуна 7, частота обертання якого задається дільником частоти 26. Таким чином, на перше дзеркало 4, що виконано у вигляді W-конуса, та на друге дзеркало 5, виконане у вигляді ввігнутого конуса з поверхнями, що відбивають промені, потрапляє лише частина зображення контрольованого об'єкта 1. Випромінювання, що пройшло через секторний отвір діафрагми 3, приймається інфрачервоним приймачем 6. При цьому теплове зображення розбивається на n частин, кожна

з яких приймається окремим сенсором 6_i , де $i = \overline{1, n}$. 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 на виході перетворювача частота-напряга 9 з'являється сигнал логічного нуля, який через перший компаратор 10 надходить на перший вхід генератора напруги, що змінюється лінійно, 11. При цьому на його виході з'являється сигнал логічного нуля, який надходить на перший вхід другого компаратора 16, на виході якого формується сигнал логічної одиниці, який надходить на перший вхід першого елемента І 15. Також сигнал логічного нуля надходить на вхід першого елемента НІ 12, на виході якого з'являється сигнал логічної одиниці, який надходить на другий вхід першого елемента ІІ 15.

При подачі сигналу з блока запуску 13, наприклад, натисканням кнопки, на його виході з'являється сигнал логічної одиниці, який через відкритий перший елемент І 15 подається на перший вхід тригера 17, на другому виході якого формується сигнал логічної одиниці, який надходить на керуючий вхід другого електронного ключа 20 і відкриває його. При цьому з виходу джерела опорної напруги 18 сигнал напруги через відкритий другий електронний ключ 20 подається на вхід перетворювача напруга-частота 22, на виході якого формуються імпульси з частотою f_0 , які надходять на вхід дільника частоти 26, що має коефіцієнт ділення n . На виході останнього формуються імпульсні сигнали з частотою чергування f , які через ключ 30 подаються на кроковий двигун 7, частота обертання якого визначається формулою

$\omega = 2\pi \cdot m \cdot f$, де $m = \frac{360^\circ}{\beta}$, β - 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 контрольованого об'єкта 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 24, який запам'ятовує інформацію в аналоговому вигляді на час $\Delta T = \frac{1}{f}$. Запис в буферний регістр 24 проводиться в момент надходження сигналу з виходу дільника частоти 26. Комутатором 25 здійснюється зчитування інформації з буферного регістра 24 з наступним її перетворенням із паралельного вигляду представлення в послідовний.

Сформований таким чином сигнал з виходу комутатора 25 потрапляє на перший вхід ВКП 38, а також на вхід першого АЦП 43, в якому він перетворюється в цифрову форму. Одночасно сигнал логічної одиниці з виходу блока запуску 13 надходить на другий вхід елемента І-НІ 27, на перший вхід якого подається сигнал логічного нуля з першого виходу тригера 17. При цьому на виході елемента І-НІ 27 з'являється сигнал логічної одиниці, який відкриває четвертий елемент І 29 для проходження імпульсів з виходу дільника частоти 26 на вхід першого лічильника 31, який починає відраховувати останні.

Генератор напруги, що змінюється ступінчасто, 35, перший 36 та другий 37 керовані підсилювачі і ПЗП 34 призначені для формування сигналів розгортки ВКП 38. Сигнал частотою f_0 , що надходить на вхід генератора напруги, що змінюється ступінчасто, 35, на виході приймає ступінчасту форму (містить n складових) і подається на входи першого 36 і другого 37

ступінчасту форму (містить n складових) і подається на входи першого 36 і другого 37

керованих підсилювачів, коефіцієнт підсилення яких задається вихідними сигналами ПЗП 34. При цьому коефіцієнти підсилення першого 36 та другого 37 керованих підсилювачів задаються так, що на їх виходах формуються сигнали, пропорційні $R_i \cdot \sin \varphi_i$ та $R_i \cdot \cos \varphi_i$ відповідно, де R_i - радіус, φ_i - кут координати елементарної ділянки поверхні контрольованого об'єкта 1 в полярній

5 системі координат. При цьому $i = \overline{0, n}$, $j = \overline{0, m}$.

На першу вхідну шину ПЗП 34 сигнали надходять з першого лічильника 31, коефіцієнт перерахунку якого дорівнює m . В результаті на екрані ВКП 38 при наявності одного інформаційного сигналу, двох сигналів розгортки та сигналу з виходу дільника частоти 26 формується зображення, що відповідає тепловому полю контрольованого об'єкта 1.

10 У випадку, коли немає можливості сумістити оптичну вісь пристрою та геометричну вісь об'єкта контролю, тобто, коли спостереження проводиться під певним кутом до геометричної осі контрольованого об'єкта, його тепловий портрет спотворюється і на екрані ВКП 38 замість теплового портрета, що відповідає концентричним колам, буде з'являтися еліпсоподібне зображення. Для компенсації такого спотворення пропонується наступний підхід.

15 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:

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

20 $y = r \cdot \sin \varphi, \quad (2)$

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

Підставимо (2) в (1) та отримаємо вираз:

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

25 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 23, який фіксує кут φ , параметри b і r та передає їх в блок обчислення 33, в якому за формулою (3) визначається дійсний радіус спотвореного кола.

30 Вихідний сигнал блока обчислення 33 за допомогою другого АЦП 32 перетворюється в цифровий код і надходить на другу вхідну шину ПЗП 34, формуючи при цьому скориговані коефіцієнти підсилення першого 36 і другого 37 керованих підсилювачів, які відновлюють розмір зображення при його виведенні на ВКП 38.

Другий режим роботи пристрою застосовується для вимірювання теплового поля контрольованого об'єкта 1, що обертається.

35 При обертанні контрольованого об'єкта 1 на виході перетворювача частота-напруга 9 з'являється напруга, яка надходить на перший вхід першого компаратора 10. На його виході з'являється сигнал логічної одиниці, який надходить на перший вхід генератора напруги, що змінюється лінійно, 11 і на виході останнього з'являється напруга. Одночасно на виході блока запуску 13 присутній сигнал логічного нуля, який через другий елемент НІ 14 встановлює на першому виході тригера 17 сигнал логічної одиниці, який подається на керуючий вхід першого електронного ключа 19 і відкриває його. При цьому значення напруги з виходу генератора напруги, що змінюється лінійно, 11 подається на вхід перетворювача напруга-частота 22, на виході якого формуються імпульси з частотою f_{G1} , які надходять на вхід дільника частоти 26. Зауважимо, що за наявності сигналів логічної одиниці на виходах першого компаратора 10 та 45 тригера 17 другий елемент І 21 відкривається та його вихідний сигнал подається в буферний регістр 24. Одночасно сигнал логічного нуля з виходу блока запуску 13 надходить на другий вхід елемента І-НІ 27, на виході якого з'являється сигнал логічної одиниці, який відкриває четвертий елемент І 29, дозволяючи проходження імпульсів з виходу дільника частоти 26 через ключ 30 на кроковий двигун 7. При цьому діафрагма 3 починає обертатися і за час зростання сигналу на 50 виході генератора напруги, що змінюється лінійно, 11, швидкість обертання діафрагми 3 зрівнюється зі швидкістю обертання контрольованого об'єкта 1. Очевидно, що напруга на виході перетворювача частота-напруга 9 протягом періоду розгону крокового двигуна 7 зменшується і в момент порівняння швидкостей обертання діафрагми 3 та контрольованого об'єкта 1 напруга

стає рівною нулю. При цьому на виході першого компаратора 10 з'являється сигнал логічного нуля, яким припиняється процес нарощування напруги на виході генератора напруги, що змінюється лінійно, 11 і період розгону крокового двигуна 7 на цьому завершується.

Одночасно з виходу дільника частоти 26 сигнал надходить на вхід першого лічильника 31.
5 На виході останнього, де формується сигнал переносу і який з'єднаний з другим входом ключа

30 через третій елемент І 28, формуються імпульси з періодом $\frac{1}{m \cdot f}$ і тривалістю $\frac{1}{f}$, які надходять на ключ 30 і закривають його.

При цьому сканування контрольованого об'єкта 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 31 ключ

30 припиняє роботу 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 β . 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 $(j+1) \cdot \beta$. Виведення зображення на ВКП 38 реалізується аналогічно, як і в першому режимі роботи пристрою. Так здійснюється кругова розгортка всього теплового зображення контрольованого об'єкта 1, що обертається.
15

Третій елемент І 28 в цьому режимі роботи є відкритим, оскільки на другий його вхід подається сигнал логічної одиниці з виходу другого елемента ІІ 14, а на перший його вхід надходить сигнал логічної одиниці з першого виходу тригера 17.

У випадку, якщо швидкість обертання контрольованого об'єкта 1 зменшилась, пристрій також працює коректно. При цьому код з вихідної шини інфрачервоного приймача 6 надходить на вхідну шину блока порівняння швидкості 8, на його виході формується сигнал логічної одиниці, який подається на вхід генератора напруги, що змінюється лінійно, 11. Очевидно, що у випадку зменшення швидкості обертання контрольованого об'єкта 1, на виході перетворювача частота-напруга 9 з'являється сигнал, яким забезпечується зменшення напруги на виході генератора напруги, що змінюється лінійно, 11, внаслідок чого швидкість обертання крокового двигуна 7 також зменшується і швидкості обертання діафрагми 3 та контрольованого об'єкта 1 зрівнюються.
20
25

Третій режим роботи пристрою використовується при вимірюванні теплового поля однієї або p точок контрольованого об'єкта 1, що обертається навколо своєї вісі, наприклад ротора електричної машини.
30

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

В цьому випадку пристрій працює аналогічно другому режиму, кроковий двигун 7 приводить в рух діафрагму 3 з кутовою частотою, що відповідає кутовій частоті обертання контрольованого об'єкта 1, яка визначається перетворювачем частота-напруга 9, який формує відповідний сигнал для генератора напруги, що змінюється лінійно, 11.
35

Даний режим роботи здійснюється при подачі сигналу з блока запуску 13, наприклад, натисканням кнопки, на виході останнього формується сигнал логічної одиниці, який через другий елемент ІІ 14 у вигляді логічного нуля надходить на другий вхід третього елемента І 28 і закриває його, не дозволяючи при цьому проходження сигналу з виходу першого лічильника 31 на другий вхід ключа 30. Одночасно сигнал логічної одиниці з виходу блока запуску 13 подається на другий вхід елемента І-ІІ 27, на перший вхід якого подається сигнал логічної одиниці з першого виходу тригера 17. При цьому на виході елемента І-ІІ 27 з'являється сигнал логічного нуля, який закриває четвертий елемент І 29, не дозволяючи проходження імпульсів з виходу дільника частоти 26 на вхід першого лічильника 31. При цьому цифровий код з вихідної шини першого лічильника 31 надходить на вхідну шину ПЗП 34, який формує коефіцієнти підсилення першого 36 і другого 37 керованих підсилювачів такими, що на екран ВКП 38 виводиться сегмент зображення, що відтворюється вздовж j -го радіуса кругової розгортки, тобто здійснюється виведення теплового поля p точок контрольованого об'єкта 1, що лежать на одній прямій (в одному секторі з кутом β).
40
45
50

Визначення найбільш нагрітої точки об'єкта дослідження в процесі його роботи відбувається наступним чином. Послідовність сигналів з виходу комутатора 25 потрапляє на перший вхід першого АЦП 43, в якому по сигналу з виходу перетворювача напруга-частота 22 здійснюється їх перетворення в цифровий код. Після закінчення першого перетворення в цифровому
55

компараторі 46 здійснюється порівняння цифрового коду з виходу першого АЦП 43 та нульового коду, записаного в першому регістрі 45. При цьому на виході цифрового компаратора 46 з'являється сигнал логічної одиниці, яким відкривається п'ятий елемент І 44 і по сигналу з виходу перетворювача напруга-частота 22 цифровий код з виходу першого АЦП 43 записується в перший регістр 45. При черговому циклі аналого-цифрового перетворення на виході першого АЦП 43 з'являється цифровий код, який порівнюється з кодом, записаним в першому регістрі 45. І якщо цифровий код на виході першого АЦП 43 перевищує код, записаний в першому регістрі 45, то відбувається перезапис коду в перший регістр 45. Таким чином в процесі аналого-цифрового перетворення сигналів, що відповідають температурі різних точок об'єкта дослідження, в першому регістрі 45 зберігається код, що відповідає найвищій температурі об'єкта дослідження. По завершенню повного оберту досліджуваного об'єкта на виході другого лічильника 39, коефіцієнт ділення якого дорівнює N, з'являється імпульс, яким інформація з першого регістра 45 переписується в другий регістр 41 та виводиться на цифровий індикатор 42. По задньому фронту зазначеного імпульсу на виході формувача сигналу 40 з'являється короткий імпульс, яким перший регістр 45 обнуляється.

Підкреслимо, що з виходу першого АЦП 43 цифровий код передається в ЕОМ.

Слід зазначити, що доки на виході першого компаратора 10 присутній сигнал логічної одиниці, тобто швидкості обертання діафрагми 3 та контрольованого об'єкта 1 не зрівнялися, запис інформації в буферний регістр 24 через другий елемент І 21 та її відображення на ВКП 38 блокується.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Пристрій для безконтактного вимірювання температури, що містить об'єктив, діафрагму, перше дзеркало, виконане у вигляді W-конуса, та друге дзеркало, виконане у вигляді ввігнутого конуса з поверхнями, що призначені для відбивання променів світлового потоку, інфрачервоний приймач, що являє собою набір інфрачервоних сенсорів, розташованих один за одним, приймальні площадки яких перпендикулярні головній оптичній осі, кроковий двигун, блок порівняння швидкості, перетворювач частота-напруга, два компаратори, генератор напруги, що змінюється лінійно, два елементи НІ, блок запуску, чотири елементи І, тригер, джерело опорної напруги, два електронні ключі, перетворювач напруга-частота, блок обробки сигналу, буферний регістр, комутатор, дільник частоти, елемент І-НІ, ключ, перший лічильник, два аналого-цифрових перетворювачі, блок обчислення, постійний запам'ятовуючий пристрій, генератор напруги, що змінюється ступінчасто, два керуючі підсилювачі та відеоконтрольний пристрій, причому виходи інфрачервоних сенсорів з'єднані відповідно з вхідною шиною буферного регістра та з вхідною шиною перетворювача частота-напруга, другий вхід першого компаратора підключений до загальної шини, а вихід з'єднаний з першим входом генератора напруги, що змінюється лінійно, вихід перетворювача напруга-частота підключений до входу дільника частоти, вихід якого з'єднаний з першим входом ключа, вихід якого підключений до входу крокового двигуна, вал якого зв'язаний з діафрагмою, другий вхід буферного регістра з'єднаний з виходом дільника частоти, вихідна шина буферного регістра підключена до вхідної шини комутатора, вихід якого з'єднаний з першими входами відеоконтрольного пристрою та першого аналого-цифрового перетворювача, вихід перетворювача напруга-частота з'єднаний зі входом комутатора, з другим входом відеоконтрольного пристрою та з входом генератора напруги, що змінюється ступінчасто, вихід якого підключений до перших входів першого і другого керуючих підсилювачів, другі входи яких з'єднані відповідно з першим і другим входами постійного запам'ятовуючого пристрою, а виходи підключені відповідно до третього і четвертого входів відеоконтрольного пристрою, п'ятий вхід якого з'єднаний з виходом дільника частоти, вихідна шина першого лічильника підключена до першої вхідної шини постійного запам'ятовуючого пристрою, вихід перетворювача частота-напруга з'єднаний з першим входом першого компаратора, вихід якого підключений до входу першого елемента НІ, вихід якого з'єднаний з другим входом першого елемента І, перший вхід якого підключений до виходу другого компаратора, другий вхід якого з'єднаний з загальною шиною, а перший вхід підключений до аналогового входу першого електронного ключа та до виходу генератора напруги, що змінюється лінійно, другий вхід якого з'єднаний з виходом блока порівняння швидкості, вхід якого, а також вхід блока обробки сигналу підключені до входу дільника частоти, вихід якого з'єднаний з першим входом четвертого елемента І, другий вхід якого підключений до виходу елемента І-НІ, другий вхід якого з'єднаний з третім входом першого елемента І та з виходом блока запуску, вихід якого підключений до входу другого елемента НІ, вихід якого з'єднаний з другими входами тригера і третього елемента І, перший вхід якого, а також перший вхід

елемента I-II підключені до першого виходу тригера та до другого входу другого елемента I, вихід якого з'єднаний з першим входом буферного регістра, а перший вхід підключений до виходу першого компаратора, вихід першого елемента I з'єднаний з першим входом тригера, перший і другий виходи якого підключені відповідно до керуючих входів першого і другого

 5 електронних ключів, виходи яких з'єднані з входом перетворювача напруга-частота, вихід джерела опорної напруги підключений до аналогового входу другого електронного ключа, вихід четвертого елемента I з'єднаний з входом першого лічильника, вихід якого підключений до третього входу третього елемента I, вихід якого з'єднаний з другим входом ключа, вихід блока

 10 обробки сигналу підключений до входу блока обчислення, вихід якого з'єднаний з входом другого аналого-цифрового перетворювача, вихідна шина якого підключена до другої вхідної шини постійного запам'ятовуючого пристрою, вхідна шина блока порівняння швидкості з'єднана з вхідною шиною буферного регістра, вихідна шина якого підключена до вхідної шини блока обробки сигналу, який **відрізняється** тим, що в нього введено другий лічильник, формувач сигналу, п'ятий елемент I, два регістри, цифровий компаратор та цифровий індикатор, причому

 15 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 цифрового компаратора, друга вхідна цифрова шина якого з'єднана з вихідною цифровою шиною першого аналого-цифрового перетворювача, а вихід підключений до другого входу п'ятого елемента I, перший

 20 вхід якого разом з другим входом першого аналого-цифрового перетворювача та входом другого лічильника з'єднані з виходом перетворювача напруга-частота, вихід п'ятого елемента I підключений до першого входу першого регістра, другий вхід якого з'єднаний з виходом формувача сигналу, вхід якого разом зі входом другого регістра підключені до виходу другого лічильника, вихідна цифрова шина другого регістра з'єднана з вхідною цифровою шиною

 25 цифрового індикатора, вихідна цифрова шина першого аналого-цифрового перетворювача підключена до ЕОМ.

