



УКРАЇНА

(19) UA (11) 19467 (13) U
(51) МПК (2006)
G01K 13/00МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ПАТЕНТУ
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬвидається під
відповідальність
власника
патенту

(54) ПРИСТРІЙ ДЛЯ БЕЗКОНТАКТНОГО ВИМІРЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ

1

2

(21) u200607120

(22) 26.06.2006

(24) 15.12.2006

(46) 15.12.2006, Бюл. № 12, 2006 р.

(72) Грабко Валентин Володимирович

(73) ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ

(57) Пристрій для безконтактного вимірювання температури, що містить об'єкт, 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 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 відеоконтрольного пристрою та до першого входу першого аналого-цифрового перетворювача, 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 аналого-цифрового перетворювача і відеоконтрольного пристрою та з входами інтерфейсного блока і генератора напруги, що змінюється ступінчато, 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 лічильника підключена до першої вхідної шини постійного запам'ятовуючого пристрою, який відрізняється тим, що в нього введено блок порівняння швидкості, чотири елементи I, елемент I-II, два електронні ключі, джерело опорної напруги, тригер, другий компаратор, два елементи II, блок запуску, блок обробки сигналу, блок обчислення та другий аналого-цифровий перетворювач, причому вихід перетворювача частота-напруга з'єднаний з першим входом першого компаратора, вихід якого підключений до входу першого елемента II, вихід якого з'єднаний з другим входом першого елемента I, 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 I, другий вхід якого підключений до виходу елемента I-II, другий вхід якого з'єднаний з третім входом першого елемента I та з виходом блока запуску, вихід якого підключений до входу другого елемента II, вихід якого з'єднаний з другими входами тригера і третього елемента I, 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 електронних ключів, виходи яких з'єднані з виходом перетворювача напруга-частота, вихід джерела опорної напруги підключений до аналогового входу другого електронного ключа, вихід четвертого елемента I з'єднаний з входом лічильника, вихід якого підключений до третього входу третього елемента I, вихід якого з'єднаний з другим входом ключа, вихід блока обробки сигналу підключений до входу блока обчислення, вихід якого з'єднаний з входом другого аналого-цифрового перетворювача, вихідна шина якого

(19) UA (11) 19467 (13) U

підключена до другої вхідної шини постійного запам'ятовуючого пристрою, вхідна шина блока порівняння швидкості з'єднана з вхідною шиною бу-

ферного регістра, вихідна шина якого підключена до вхідної шини блока обробки сигналу.

Корисна модель відноситься 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 №1563366, М. кл. G01K13/08, G01J5/28, бюл. №6, 1988], що містить об'єктів, діафрагму, дзеркало, виконане у вигляді ввігнутого конуса з поверхнею, що відображає промені світлового потоку, інфрачервоний приймач, що являє собою циліндр, секції якого є окремими інфрачервоними сенсорами, виходи яких з'єднані відповідно зі вхідною шиною буферного регістра блока перетворення інформації та зі вхідною шиною пристрою синхронізації блока управління і синхронізації, вихід якого через керований тактовий генератор блока управління і синхронізації підключений до першого входу блока підготовки даних для введення в ЕОМ, до входу комутатора п входів на один вихід блока перетворення інформації, до входу генератора напруги, що змінюється ступінчасто, блока вимірювання, до першого входу ключа блока управління і синхронізації та до входу дільника частоти блока управління і синхронізації, вихід якого з'єднаний з першим входом буферного регістра блока перетворення інформації, з першим входом відеоконтрольного пристрою блока вимірювання та з першим входом лічильника блока управління і синхронізації, вихід якого підключений до другого входу ключа блока управління і синхронізації, вихід якого з'єднаний зі входом крокового двигуна, вал якого зв'язаний з діафрагмою, вихідна шина буферного регістра блока перетворення інформації підключена до вхідної шини комутатора п входів на один вихід блока перетворення інформації, вихід якого з'єднаний з другим входом блока підготовки даних для введення в ЕОМ та з другим входом відеоконтрольного пристрою блока вимірювання, третій і четвертий входи якого підключені відповідно до виходів першого і другого керованих підсилювачів блока вимірювання, перші входи яких з'єднані з виходом генератора напруги, що змінюється ступінчасто, блока вимірювання, а другі входи підключені відповідно до першого і другого виходів постійного запам'ятовуючого пристрою блока вимірювання, вхідна цифрова шина якого з'єднана з вихідною цифровою шиною лічильника блока управління і синхронізації, другий вхід якого підключений до першого виходу пристрою управління блока управління і синхронізації, другий вихід якого з'єднаний зі входом пристрою синхронізації блока управління і синхронізації, а третій вихід підключений до другого входу буферного регістра блока перетворення інформації, вихід блока підготовки даних для введення в ЕОМ з'єд-

наний з колами ЕОМ.

Головним недоліком даного пристрою є те, що він не дозволяє коректно відображати тепловий портрет об'єкта контролю у випадку, коли геометричні вісі пристрою та об'єкта контролю не співпадають, тобто спостереження пристроєм проводиться під певним кутом до поверхні об'єкта контролю, що знижує точність контролю вимірювання теплового поля об'єкта контролю. Крім того, оскільки на кроковий двигун сигнал подається безпосередньо з керованого тактового генератора, а не з дільника частоти блока управління і синхронізації, то виведення інформації в блок вимірювання проводиться із запізненням та виникає переповнення буферного регістра блока перетворення інформації, що знижує точність роботи пристрою.

За прототип обрано пристрій для безконтактного вимірювання температури [А.с. СРСР №1676337, М. кл. G01K13/08, G01J5/28, бюл. №33, 1991], що містить об'єктів, 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 вісі, виходи інфрачервоних сенсорів з'єднані відповідно з вхідною шиною буферного регістра блока перетворення інформації (в подальшому - буферного регістра) та з вхідною шиною перетворювача частота-напруга блока керування і синхронізації (в подальшому - перетворювача частота-напруга), 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 (в подальшому - першого компаратора), 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 (в подальшому - першим входом генератора напруги, що змінюється лінійно), вихід якого підключений до п'ятого входу панелі керування блока керування і синхронізації, п'ятий вихід якої з'єднаний з входом перетворювача напруга-частота блока керування і синхронізації (в подальшому - перетворювача напруга-частота), вихід якого підключений до входу дільника частоти блока керування і синхронізації (в подальшому - дільника частоти), вихід якого з'єднаний з першим входом ключа блока керування і синхронізації (в подальшому - ключа), вихід якого підключений до входу крокового двигуна, вал якого зв'язаний з діафрагмою, другий вхід ключа з'єднаний з другим

виходом панелі керування блока керування і синхронізації, перший вхід якої підключений до виходу дільника частоти, перший вихід панелі керування блока керування і синхронізації з'єднаний з входом лічильника блока керування і синхронізації (в подальшому - лічильника), вихідна шина якого підключена до вхідної шини постійного запам'ятовуючого пристрою блока вимірювання (в подальшому - першої вхідної шини ПЗП), вихід лічильника з'єднаний з другим входом панелі керування блока керування і синхронізації, третій вихід якого підключений до першого входу буферного регістра, другий вхід якого з'єднаний з виходом дільника частоти, вихідна шина буферного регістра підключена до вхідної шини комутатора п входів на один вихід блока перетворення інформації (в подальшому - комутатора), вхід якого з'єднаний з виходом перетворювача напруга-частота, а вихід підключений до першого входу відеоконтрольного пристрою блока вимірювання (в подальшому - ВКП) та до першого входу аналого-цифрового перетворювача блока підготовки даних для введення в ЕОМ (в подальшому - першого АЦП), вихідна шина якого з'єднана з вхідною шиною інтерфейсного пристрою блока підготовки даних для введення в ЕОМ (в подальшому - 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, блока вимірювання (в подальшому - 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.

Головним недоліком даного пристрою є те, що він не дозволяє коректно відображати тепловий портрет об'єкта контролю у випадку, коли геометричні вісі пристрою та об'єкта контролю не співпадають, тобто коли спостереження пристроєм проводиться під певним кутом до поверхні об'єкта контролю, що знижує точність контролю вимірювання теплового поля об'єкта контролю. Крім того, у випадку зменшення швидкості обертання об'єкта генератор напруги, що змінюється лінійно, оптимальним шляхом формує сигнал, за яким швидкість обертання об'єкта і діафрагми синхронізується, що знижує точність роботи пристрою.

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 коригування теплового портрета об'єкта контролю у випадку, коли геометрична вісь пристрою не співпадає з геометричною віссю об'єкта контролю та оптимальним чином синхронізувати швидкості обертання об'єкта контролю і діафрагми, що дозволяє підвищити точність роботи пристрою.

Поставлена задача досягається тим, що в пристрій для безконтактного вимірювання температури, що містить об'єктів, 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 вісі, 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 відеоконтрольного пристрою (ВКП) та до першого входу першого аналого-цифрового перетворювача (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 виходами постійного запам'ятовуючого пристрою (ПЗП), а виходи підключені відповідно до третього і четвертого входів ВКП, п'ятий вхід якого з'єднаний з виходом дільника частоти, вихідна шина лічильника підключена до першої вхідної шини ПЗП, введено блок порівняння швидкості, чотири елементи I, елемент I-II, два електронні ключі, джерело опорної напруги, тригер, другий компаратор, два елементи II, блок запуску, блок обробки сигналу, блок обчислення та другий аналого-цифровий перетворювач (в подальшому - другий АЦП), причому вихід перетворювача частота-напруга з'єднаний з першим входом першого компаратора, вихід якого підключений до входу першого елемента II, вихід якого з'єднаний з другим входом першого елемента I, 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 I, другий вхід якого підключений до виходу елемента I-II, другий вхід якого з'єднаний з третім входом першого елемента I та з виходом блока запуску, вихід якого підключений до входу другого елемента II, вихід якого з'єднаний з другими входами тригера і третього елемента I, 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 пе-

ршим 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 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 лічильника, вихід якого підключений до третього входу третього елемента I, 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.

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 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 HI; 13 - блок запуску; 14 - другий елемент HI; 15 - перший елемент I; 16 - другий компаратор; 17 - тригер; 18 - джерело опорної напруги; 19, 20 - перший і другий електронні ключі; 21 - другий елемент I; 22 - перетворювач напруга-частота; 23 - блок обробки сигналу; 24 - буферний регістр; 25 - комутатор; 26 - дільник частоти; 27 - елемент I-HI; 28, 29 - третій і четвертий елементи I; 30 - ключ; 31 - лічильник; 32 - другий аналого-цифровий перетворювач (АЦП); 33 - блок обчислення; 34 - постійний запам'ятовуючий пристрій (ПЗП); 35 - генератор напруги, що змінюється ступінчасто; 36, 37 - перший і другий керуючі підсилювачі; 38 - відеоконтрольний пристрій (ВКП); 39 - перший аналого-цифровий перетворювач (АЦП); 40 - інтерфейсний блок, причому перше дзеркало 4, виконане у вигляді W-конуса та друге дзеркало 5, виконане у вигляді ввігнутого конуса призначені для відбивання променів світлового потоку, інфрачервоний приймач 6 являє собою набір інфрачервоних сенсорів 6.1, 6.2, ..., 6.n, розташованих один за одним, приймальні площадки яких перпендикулярні головній оптичній вісі, виходи інфрачервоних сенсорів 6.1, 6.2, ..., 6.n з'єднані відповідно з вхідною шиною буферного регістра 24 та з вхідною шиною перетворювача частота-напруга 9, другий вхід першого компаратора 10 підключений до загальної шини, а вихід з'єднаний з першим входом генератора напруги, що змінюється лінійно, 11, вихід перетворювача напруга-частота 22 підключений до входу дільника частоти 26, вихід якого

з'єднаний з першим входом ключа 30, вихід якого підключений до входу крокового двигуна 7, вал якого зв'язаний з діафрагмою 3, другий вхід буферного регістра 24 з'єднаний з виходом дільника частоти 26, вихідна шина буферного регістра 24 підключена до вхідної шини комутатора 25, вхід якого з'єднаний з виходом перетворювача напруга-частота 22, а вихід підключений до першого входу ВКП 38 та до першого входу першого АЦП 39, вихідна шина якого з'єднана з вхідною шиною інтерфейсного блока 40, вихід якого підключений до кіл ЕОМ, вихід перетворювача напруга-частота 22 з'єднаний з другими входами першого АЦП 39 і ВКП 38 та з входами інтерфейсного блока 40 і генератора напруги, що змінюється ступінчасто, 35, вихід якого підключений до перших входів першого 36 і другого 37 керуючих підсилювачів, другі входи яких з'єднані відповідно з першим і другим виходами ПЗП 34, а виходи підключені відповідно до третього і четвертого входів ВКП 38, п'ятий вхід якого з'єднаний з виходом дільника частоти 26, вихідна шина лічильника 31 підключена до першої вхідної шини ПЗП 34, вихід перетворювача частота-напруга 9 з'єднаний з першим входом першого компаратора 10, вихід якого підключений до входу першого елемента №12, вихід якого з'єднаний з другим входом першого елемента I 15, перший вхід якого підключений до виходу другого компаратора 16, другий вхід якого з'єднаний з загальною шиною, а перший вхід підключений до аналогового входу першого електронного ключа 19 та до виходу генератора напруги, що змінюється лінійно, 11, другий вхід якого з'єднаний з виходом блока порівняння швидкості 8, вхід якого, а також вхід блока обробки сигналу 23 підключені до входу дільника частоти 26, вихід якого з'єднаний з першим входом четвертого елемента I 29, другий вхід якого підключений до виходу елемента I-HI 27, другий вхід якого з'єднаний з третім входом першого елемента I 15 та з виходом блока запуску 13, вихід якого підключений до входу другого елемента HI 14, вихід якого з'єднаний з другими входами тригера 17 і третього елемента I 28, перший вхід якого, а також перший вхід елемента I-HI 27 підключені до першого виходу тригера 17 та до другого входу другого елемента I 21, вихід якого з'єднаний з першим входом буферного регістра 24, а перший вхід підключений до виходу першого компаратора 10, вихід першого елемента I 15 з'єднаний з першим входом тригера 17, перший і другий виходи якого підключені відповідно до керуючих входів першого 19 і другого 20 електронних ключів, виходи яких з'єднані з входом перетворювача напруга-частота 22, вихід джерела опорної напруги 18 підключений до аналогового входу другого електронного ключа 20, вихід четвертого елемента I 29 з'єднаний з входом лічильника 31, вихід якого підключений до третього входу третього елемента I 28, вихід якого з'єднаний з другим входом ключа 30, вихід блока обробки сигналу 23 підключений до входу блока обчислення 33, вихід якого з'єднаний з входом другого АЦП 32, вихідна шина якого підключена до другої вхідної шини ПЗП 34, вхідна шина блока порівняння швидкості 8 з'єднана з вхідною шиною буферного регістра 24, вихідна шина якого підключена до вхідної шини блока обробки

сигналу 23.

Запропонований пристрій працює так. Потік інфрачервоного випромінювання, що створюється поверхнею контрольованого об'єкта 1, що знаходиться на деякій відстані від оптичної системи пристрою, потрапляє на об'єкти 2, який перетворює його у випромінювання з променями, паралельними головній оптичній вісі.

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 b_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 поступає на перший вхід генератора напруги, що змінюється лінійно, 11. При цьому на його виході з'являється сигнал логічного нуля, який поступає на перший вхід другого компаратора 16, на виході якого формується сигнал логічної одиниці, який поступає на перший вхід першого елемента І 15. Також сигнал логічного нуля поступає на вхід першого елемента НІ 12, на виході якого з'являється сигнал логічної одиниці, який поступає на другий вхід першого елемента І 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 поступає 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_c , які поступають на вхід дільника частоти 26, що має коефіцієнт ділення n . На виході останнього формуються

імпульсні сигнали з частотою чередування f , які через ключ 30 подаються на кроковий двигун 7, частота обертання якого визначається формулою

$$\omega = 2\pi \cdot m \cdot f, \text{ де } m = \frac{360^\circ}{\beta}, \beta - \text{мінімальний кут пово-}$$

роту, 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 участків поверхні об'єкта (кількість таких участків 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 виду представлення в послідовний.

Сформований таким чином сигнал з виходу комутатора 25 потрапляє на перший вхід ВКП 38, а також на вхід першого АЦП 39, в якому він перетворюється в цифрову форму. З виходу останнього сигнал подається на вхідну шину інтерфейсного блока 40, в якому він приводиться до зручного виду для передачі в ЕОМ.

Одночасно сигнал логічної одиниці з виходу блока запуску 13 поступає на другий вхід елемента І-НІ 27, на перший вхід якого подається сигнал логічного нуля з першого виходу тригера. 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 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_c , що поступає 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 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 $R_1 \cdot \sin \varphi_j$ та $R_1 \cdot \cos \varphi_j$ відповідно, де R_1 - радіус, φ_j - кут координати елементарного участка поверхні контрольованого об'єкта 1 в полярній системі координат. При цьому $i = \overline{0, n}$, $j = \overline{0, m}$.

На першу вхідну шину ПЗП 34 сигнали надходять з 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.

У випадку, коли немає можливості сумістити оптичну вісь пристрою та геометричну вісь об'єкта контролю, тобто, коли спостереження проводиться під певним кутом до геометричної вісі 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.

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 вісі системи координат, a, b - горизонтальна і вертикальна напіввісі еліпса відповідно, причому $a = R$, де R - радіус кола контрольованого об'єкта.

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

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

Отже, тепер, маючи в будь-який момент часу параметри кута повороту φ діафрагми, меншу напіввісь 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.

Вихідний сигнал блока обчислення 33 за допомогою другого АЦП 32 перетворюється в цифровий код і поступає на другу вхідну шину ПЗП 34, формуючи при цьому скориговані коефіцієнти підсилення першого 36 і другого 37 керованих підсилувачів, 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.

При обертанні контрольованого об'єкта 1 на виході перетворювача частота-напруга 9 з'являється напруга, яка поступає на перший вхід першого компаратора 10. На його виході з'являється сигнал логічної одиниці, який поступає 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 поступають на вхід дільника частоти 26. Одночасно сигнал логічного нуля з виходу блока запуску 13 поступає на другий вхід елемента І-НІ 27, на вихо-

ді 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 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 лічильника 31. 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 поступають 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 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.

Третій елемент І 28 в цьому режимі роботи є відкритим, оскільки на другий його вхід подається сигнал логічної одиниці з виходу другого елемента НІ 14, а на перший його вхід поступає 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 поступає 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 контрольова-

ного об'єкта 1 зрівнюються.

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

Зображення п точок контрольованого об'єкта 1, що знаходяться на одному радіусі, проектується 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.

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 НІ 14 у вигляді логічного нуля поступає на другий вхід третього елемента І 28 і закриває його, не дозволяючи при цьому проходження сигналу з

виходу лічильника 31 на другий вхід ключа 30. Одночасно сигнал логічної одиниці з виходу блока запуску 13 подається на другий вхід елемента І-НІ 27, на перший вхід якого подається сигнал логічної одиниці з першого виходу тригера 17. При цьому на виході елемента І-НІ 27 з'являється сигнал логічного нуля, який закриває четвертий елемент І 29, не дозволяючи проходження імпульсів з виходу дільника частоти 26 на вхід лічильника 31. При цьому цифровий код з вихідної шини лічильника 31 поступає 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 п точок контрольованого об'єкта 1, що лежать на одній прямій (в одному секторі з кутом β).

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 та її відображення на ВКП 38 блокується.

