



УКРАЇНА

(19) UA (11) 19737 (13) U
(51) МПК (2006)
G01K 13/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під
відповідальність
власника
патенту

(54) ПРИСТРІЙ ДЛЯ БЕЗКОНТАКТНОГО ВИМІРЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ

1

2

(21) u200608603

(22) 31.07.2006

(24) 15.12.2006

(46) 15.12.2006, Бюл. № 12, 2006 р.

(72) Грабко Володимир Віталійович, Грабко Валентин Володимирович

(73) ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

(57) Пристрій для безконтактного вимірювання температури, що містить об'єктив, діафрагму, отвір в якій являє собою сектор, доповнений круглим отвором, центр якого співпадає 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 інфрачервоних датчиків, перетворювач частота-напруга, вихід п-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 підключений до другого входу другого компаратора, перший вхід якого з'єднаний з виходом другого джерела опорної напруги, а вихід разом з третім входом першого комутатора та зі входом другого світлодіода підключені до першого входу другого ключа, другий вхід якого з'єднаний з виходом лічильника, вхід якого, а також другий вхід першого ключа, вхід буферного регістра, вхід генератора напруги, що змінюється ступінчасто, та перший вхід відеоконтрольного блока підключені до виходу подільника частоти, вхід якого, а також вхід другого комутатора та перший вхід першого аналого-цифрового перетворювача з'єднані з виходом перетворювача напруга-частота, вхід якого підключений до виходу першого комутатора, виходи п 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, вихідна шина якого підключена до вхідної шини інтерфейсного блока, вихідна шина якого з'єднана з колами ЕОМ, вихід другого комутатора підключений до другого входу відеоконтрольного блока, третій і четвертий входи якого з'єднані відповідно з виходами першого і другого керуючих підсилювачів, перші входи яких підключені до виходу генератора напруги, що змінюється ступінчасто, вихідна шина лічильника з'єднана з першою вхідною шиною постійного 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, який відрізняється тим, що в нього введені блок порівняння швидкості, генератор напруги, що змінюється лінійно, блок обробки сигналу, блок обчислення, другий аналого-цифровий перетворювач, третій компаратор та четверте джерело опорної напруги, причому 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, вихід якого з'єднаний з другим входом першого комутатора, а другий вхід підключений до виходу блока порівняння швидкості, вхід якого разом зі входом блока обробки сигналу з'єднані з виходом перетворювача напруга-частота, вихідна шина буферного регістра підключена до вхідної шини блока обробки сигналу, вихід якого з'єднаний через блок обчислення зі входом другого аналого-цифрового перетворювача, вихідна шина якого підключена до другої вхідної шини постійного запам'ятовуючого блока, виходи п інфрачервоних датчиків з'єднані з вхідними шинами перетворювача частота-напруга та блока порівняння швидкості.

Корисна модель відноситься до безконтактної термометрії і може бути використана для вимірю-

вання температури нерухомих об'єктів або об'єктів, що обертаються, зокрема потужних елек-

(19) UA (11) 19737 (13) U

тричних машин.

Відомий пристрій для безконтактного вимірювання температури [А.С. СРСР №1563366, М. кл. G01K 13/08, G01J 5/28, бюл. №6, 1988], що містить об'єктив, 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'єднаний з колами ЕОМ.

Головним недоліком даного пристрою є те, що він не дозволяє коректно відобразити 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 вимірювання теплового поля об'єкта контролю, а, отже, точність роботи пристрою.

За прототип обрано пристрій для безконтактного вимірювання температури [А.С. СРСР №1637498, М. кл. G01K 13/08, G01J 5/28, бюл.

№11, 1991], що містить об'єктив, світлодільник, діафрагму, отвір якої являє собою сектор, доповнений круглим отвором, центр якого співпадає з вершиною сектора та головною оптичною віссю, додаткову нерухому діафрагму, діафрагмуючий отвір якої являє собою прямокутну щілину, 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 вісі з якими встановлені п лінз та лінійка п приймачів інфрачервоного (14) випромінювання (в подальшому - лінійка п ІЧ-датчиків), лінзу та ІЧ-датчик, що розташовані на оптичній вісі з додатковою нерухомою діафрагмою та площиною світлорозподілу світлодільника, вихід першого ІЧ-датчика підключений до входу підсилювача, вихід якого з'єднаний з входом частотоміра і з входом перетворювача частота-напруга блока аналізу (в подальшому - перетворювача частота-напруга), вихід якого підключений до других входів першого комутатора двох входів на один вихід блока керування і синхронізації (в подальшому - першого комутатора) та другого компаратора блока аналізу (в подальшому - другого компаратора), перший вхід якого з'єднаний з виходом другого джерела опорної напруги блока аналізу (в подальшому - другого джерела опорної напруги), а вихід підключений до входу другого світлодіода та до першого входу другого ключа блока керування і синхронізації (в подальшому - другого ключа), вихід якого з'єднаний з першим входом першого компаратора блока керування і синхронізації (в подальшому - першого ключа), вихід якого підключений до входу крокового двигуна, вал якого зв'язаний з діафрагмою, вихід (п+1)-го ІЧ-датчика через конденсатор блока аналізу (в подальшому - конденсатор) підключений до другого входу першого компаратора блока аналізу (в подальшому - першого компаратора), перший вхід якого з'єднаний з виходом першого джерела опорної напруги блока аналізу (в подальшому - першого джерела опорної напруги), а вихід підключений до входу першого світлодіода, вихід третього джерела опорної напруги блока керування і синхронізації (в подальшому - третього джерела опорної напруги) з'єднаний з першим входом першого комутатора, третій вхід якого підключений до першого входу другого ключа, другий вхід якого з'єднаний з виходом лічильника блока керування і синхронізації (в подальшому - лічильника), вхід якого, а також другий вхід першого ключа, вхід буферного регістра блока перетворення інформації (в подальшому - буферного регістра), вхід генератора напруги, що змінюється ступінчасто, блока вимірювання та індикації (в подальшому - генератора напруги, що змінюється ступінчасто) та перший вхід відеоконтрольного пристрою блока вимірювання інформації (в подальшому - відеоконтрольного блока (ВКБ)) підключені до виходу дільника частоти блока керування і синхронізації (в подальшому - дільника частоти), вхід якого, а також вхід другого комутатора п входів на один вихід блока перетворення інформації (в подальшому - другого комутатора) та перший вхід аналогоцифрового перетворювача блока підготовки даних

(в подальшому - першого АЦП) з'єднані з виходом перетворювача напруга-частота блока керування і синхронізації (в подальшому - перетворювача напруга-частота), вхід якого підключений до виходу першого комутатора, виходи з другого по $(n+1)$ -ий 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 пристрою блока підготовки даних (в подальшому - інтерфейсного блока), вихідна шина якого з'єднана з колами ЕОМ, вихід другого комутатора підключений до другого входу ВКБ, третій і четвертий входи якого з'єднані відповідно з виходами першого і другого керуючих підсилювачів блока вимірювання та індикації (в подальшому - першого і другого керуючих підсилювачів), перші входи яких підключені до виходу генератора напруги, що змінюється ступінчасто, вихідна шина лічильника з'єднана з вхідною шиною постійного запам'ятовуючого пристрою блока вимірювання та індикації (в подальшому - постійного запам'ятовуючого блока (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.

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 вимірювання теплового поля об'єкта контролю. Крім того, досить складна оптична система вимагає її кропіткого налагодження, що знижує надійність роботи пристрою в цілому.

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 можливість спрощення оптичної системи, що дозволяє підвищити точність та надійність роботи пристрою.

Поставлена задача досягається тим, що в пристрій для безконтактного вимірювання температури, що містить об'єкт, діафрагму, отвір якої являє собою сектор, доповнений круглим отвором, центр якого співпадає 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 вісі з якими встановлені n лінз та лінійка n ІЧ-датчиків, перетворювач частота-напруга, 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 підключений до другого входу другого компаратора, перший вхід якого з'єднаний з виходом другого джерела опорної напруги, а вихід разом з третім входом першого комутатора та зі входом другого світлодіода підключені до першого входу другого ключа, другий вхід якого з'єднаний з виходом лічильника, вхід якого, а також другий вхід першого ключа, вхід буферного регістра, вхід генератора напруги, що змінюється ступінчасто, та перший вхід ВКБ підключені до виходу дільника частоти, вхід якого, а також вхід другого комутатора та перший вхід 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, вихідна шина якого з'єднана з колами ЕОМ, вихід другого комутатора підключений до другого входу ВКБ, третій і четвертий входи якого з'єднані відповідно з виходами першого і другого керуючих підсилювачів, перші входи яких підключені до виходу генератора напруги, що змінюється ступінчасто, вихідна шина 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, введено блок порівняння швидкості, генератор напруги, що змінюється лінійно, блок обробки сигналу, блок обчислення, другий АЦП, третій компаратор та четверте джерело опорної напруги, причому 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, вихід якого з'єднаний з другим входом першого комутатора, а другий вхід підключений до вихода блока порівняння швидкості, вхід якого разом зі входом блока обробки сигналу з'єднані з виходом перетворювача напруга-частота, вихідна шина буферного регістра підключена до вхідної шини блока обробки сигналу, вихід якого з'єднаний через блок обчислення зі входом другого АЦП, вихідна шина якого підключена до другої вхідної шини ПЗБ, виходи n ІЧ-датчиків з'єднані з вхідними шинами перетворювача частота-напруга та блока порівняння швидкості.

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

На схемі: 1 - об'єкт контролю; 2 - об'єктів; 3 - діафрагма; 4 - кроковий двигун; 5 - n дзеркал; 6 - n лінз; 7 - оптична лінійка; 8 - n 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 - лічильник; 31 - другий аналого-цифровий перетворювач (АЦП); 32 - блок обчислення; 33 - постійний запам'ятовуючий блок (ПЗБ); 34 - генератор напруги, що змінюється ступінчасто; 35, 36 - перший і другий керуючі підсилювачі; 37 - відеоконтрольний блок (ВКБ); 38 - перший аналого-цифровий перетворювач (АЦП); 39 - інтерфейсний блок, причому об'єктів 2 розташованих між об'єктом контролю 1 та діафрагмою 3, отвір якої являє собою сектор, доповнений круглим отвором, центр якого співпадає з вершиною сектора та головною оптичною віссю, п дзеркал 5, 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 вісі з якими встановлені п лінз 6 та лінійка п ІЧ-датчиків 8, 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 підключений до другого входу другого компаратора 17, перший вхід якого з'єднаний з виходом другого джерела опорної напруги 14, а вихід разом з третім входом першого комутатора 21 та зі входом другого світлодіода 20 підключені до першого входу другого ключа 29, другий вхід якого з'єднаний з виходом лічильника 30, вхід якого, а також другий вхід першого ключа 28, вхід буферного регістра 25, вхід генератора напруги, що змінюється ступінчасто 34, та перший вхід ВКБ 37 підключені до виходу дільника частоти 27, вхід якого, а також вхід другого комутатора 26 та перший вхід першого АЦП 38 з'єднані з виходом перетворювача напруга-частота 23, вхід якого підключений до виходу першого комутатора 21, виходи п ІЧ-датчиків 8 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 38, вихідна шина якого підключена до вхідної шини інтерфейсного блока 39, вихідна шина якого з'єднана з колами ЕОМ, вихід другого комутатора 26 підключений до другого входу ВКБ 37, третій і четвертий входи якого 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 лічильника 30 з'єднана з першою вхідною шиною ПЗБ 33, перший і другий виходи 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, вихід якого з'єднаний з другим входом першого комутатора 21, а другий вхід підключений до виходу блока порівняння швидкості 12, вхід якого разом зі входом блока обробки сигналу 24 з'єднані з виходом перетворювача напруга-частота 23, вихідна шина буферного регістра 25 підключена до вхідної шини блока обробки сигналу 24, вихід якого з'єднаний через блок обчислення 32 зі входом другого АЦП 31, вихідна шина якого підключена до другої вхідної шини ПЗБ 33, виходи п ІЧ-датчиків 8 з'єднані з вхідними шинами перетворювача частота-напруга 9 та блока порівняння швидкості 12.

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

Області, що виділяються на тепловому зображенні контрольованого об'єкта з допомогою п дзеркал 5, є концентричними сегментами круга. Оскільки ці дзеркала встановлені на оптичній лінійці під кутом 45° до головної оптичної вісі, то отвори в дзеркалах мають еліпсоподібну форму. Враховуючи те, що діафрагмуючі отвори концентричні, то при повному обертанні діафрагми 3 навколо вісі на ІЧ-датчики 8 надходить потік інфрачервоного випромінювання, що відповідає зображенням п сегментів всього зображення контрольованого об'єкта 1. Фіксуєчи 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 $N=m - (n-1)+1$ точок контрольованого об'єкта 1. Це пояснюється тим, що центральна частина діафрагмуючого отвору діафрагми 3 має форму і за відсутності радіального биття потік інфрачервоного випромінювання, що потрапляє на ІЧ-датчик 8.п, є постійним при обертанні діафрагми 3. За наявності радіального биття наведена формула приймає вигляд $N=m - n$.

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 поступає на вхід дільника частоти 27. На виході останнього формується імпульсний сигнал частотою f_1 , що подається на входи лічильника 30, генератора напруги, що змінюється ступінчасто, 34, ВКБ 37 та буферний регістр 25. З такою частотою здійснюється запис інформації в буферний регістр 25, яка надходить з 14-датчиків 8 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 38 та ВКБ 37. 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 тепло-

ве 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 поступає на входи керованих підсилювачів 35 і 36, коефіцієнт підсилення яких задається вихідними сигналами ПЗБ 33. При цьому коефіцієнти підсилення першого 35 та другого 36 керованих підсилювачів задаються так, що на їх виходах формуються сигнали, пропорційні

$R_i \cdot \sin \varphi_j$ та $R_i \cdot \cos \varphi_j$ відповідно, де R_i - 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 ПЗБ 33 сигнали надходять з лічильника 30, коефіцієнт перерахунку якого дорівнює m . В результаті на екрані ВКБ 37 при наявності одного інформаційного сигналу, двох сигналів розгортки та сигналу з виходу дільника частоти 27 формується зображення, що відповідає тепловому полю контрольованого об'єкта 1.

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 напру-

ги 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 чередування імпульсів $f \cdot n = \frac{\omega}{2\pi} \cdot n \cdot m$, де ω - циклічна частота обер-

тання об'єкта контролю 1. При 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 цією ж частотою сигнал надходить в перший АЦП 38, з якого через інтерфейсний блок 39 подається в кола ЕОМ, та на другий вхід ВКБ 37, в якому під дією сигналів з виходів блоків 33-36 формується теплове зображення об'єкта контролю 1.

На вхід крокового двигуна 4 через перший ключ 28 надходить імпульсний сигнал з частотою чередування імпульсів $f = \frac{\omega}{2\pi} \cdot m$. При цьому діа-

фрагма 3 починає обертатися і за час зростання сигналу на виході генератора напруги, що змінюється лінійно, 13 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 4 зменшується і в момент порівняння швидкостей обертання діафрагми 3 та контрольованого об'єкта 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.

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 1 в процесі його обертання.

Одночасно з виходу дільника частоти 27 сигнал надходить на вхід лічильника 30. На виході останнього, де формується сигнал переноса і який з'єднаний з через другий ключ 29 з першим входом першого ключа 28, формуються імпульси з періодом $\frac{1}{m \cdot f}$ і тривалістю $\frac{1}{f}$, які поступають на ключ 28 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 30 другий ключ 29 відкривається і вихідним сигналом закриває перший ключ 28, який припиняє роботу крокового 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 $(j+1)\beta$. Виведення зображення на ВКБ 37 реалізується аналогічно, як описано вище. Так здійснюється кругова розгортка всього теплового зображення контрольованого об'єкта 1, що обертається.

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 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 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

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

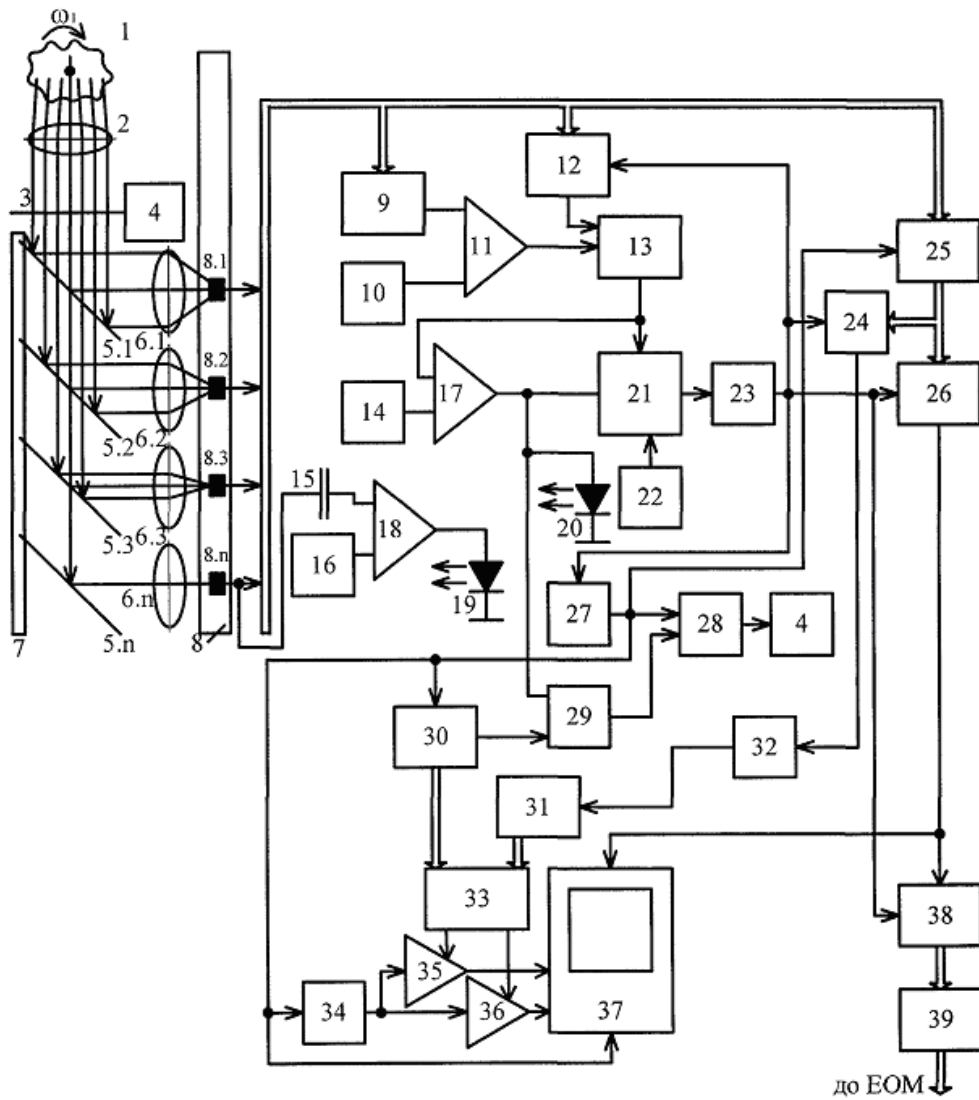
Отже, тепер, маючи в будь-який момент часу параметри кута повороту φ діафрагми, меншу напіввісь еліпса b та відстань від центра еліпса до його краю («радіус» еліпса), можна відновити реальний радіус спотвореного кола.

Це реалізовано в блоці обробки сигналу 24, який фіксує кут φ , параметри b і k 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 поступає на другу вхідну шину ПЗБ 33, формуючи при цьому скориговані коефіцієнти підсилення першого 35 і другого 36 керованих підсилювачів, які відновлюють розмір зображення при його виведенні на ВКБ 37.

Якщо швидкість обертання контрольованого об'єкта 1 зменшилась, то код з вихідної шини ІЧ-датчика 8 поступає 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 контрольованого об'єкта 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 контрольованого об'єкта 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.



Фіг.