



УКРАЇНА

(19) UA (11) 19736 (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

(21) u200608602

(22) 31.07.2006

(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'єктив, світлодіодник, діафрагму, отвір в якій 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, n дзеркал, закріплених на оптичній лінійці таким чином, що їх площини утворюють кут 45° з головною оптичною віссю, діафрагмуючі отвори дзеркал являють собою еліпси, на одній оптичній осі з якими встановлені n лінз та лінійка n інфрачервоних датчиків, лінзу та інфрачервоний датчик, що розташовані на оптичній осі з додатковою нерухомою діафрагмою та площиною світлорозподілу світлодіодника, вихід першого інфрачервоного датчика підключений до входу підсилювача, вихід якого з'єднаний з входом частотоміра і з входом перетворювача частота-напруга, вихід якого підключений до других входів першого комутатора та другого компаратора, перший вхід якого з'єднаний з виходом другого джерела опорної напруги, а вихід підключений до входу другого світлодіода та до першого входу другого ключа, вихід якого з'єднаний з першим входом першого ключа, вихід якого підключений до входу крокового двигуна, вал якого зв'язаний з діафрагмою, вихід $(n+1)$ -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, третій вхід якого підключений

2

до першого входу другого ключа, другий вхід якого з'єднаний з виходом лічильника, вхід якого, а також другий вхід першого ключа, вхід буферного регістра 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 з другого по $(n+1)$ -ий 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 вхідною шиною постійного запам'ятовуючого блока, перший і другий входи якого підключені відповідно до других входів першого і другого керуючих підсилювачів, виходи першого та другого світлодіодів з'єднані з загальною шиною, який **відрізняється** тим, що в нього введені блок обробки сигналу, блок обчислення, другий аналого-цифровий перетворювач, причому вихідна шина буферного регістра підключена до вхідної шини блока обробки сигналу, вихід якого з'єднаний з входом блока обчислення, вихід якого підключений до входу другого аналого-цифрового перетворювача, вихідна шина якого з'єднана з другою вхідною шиною постійного запам'ятовуючого блока, вихід перетворювача напруга-частота підключений до входів блока обробки сигналу та генератора напруги, що змінюється ступінчасто.

Корисна модель відноситься до безконтактної термометрії і може бути використана для вимірювання температури нерухомих об'єктів або об'єктів, що обертаються, зокрема потужних електрич-

них машин.

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

(19) UA (11) 19736 (13) U

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 проводяться 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

№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 ключа 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, вихід 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 відобразити тепловий портрет об'єкта контролю у випадку, коли геометричні вісі пристрою та об'єкта контролю не співпадають, тобто коли спостереження пристроєм проводяться під певним кутом до поверхні об'єкта контролю, що знижує точність контролю вимірювання теплового поля об'єкта контролю. Крім того, враховуючи, що сигнал на вхід генератора напруги, що змінюється ступінчасто, подається з виходу дільника частоти, ускладнюється процес виведення тепловізійної інформації, 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 оптимізувати процес виведення тепловізійної інформації, що дозволяє підвищити точність роботи пристрою.

Поставлена задача досягається тим, що в пристрій для безконтактного вимірювання температури, що містить об'єктив, світлоділльник, 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, n дзеркал, закріплених на оптичній лінії 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, лінзу та ІЧ-датчик, що розташовані на оптичній вісі з додатковою нерухомою діафрагмою та площиною світлоподілу світлоділльника, вихід першого ІЧ-

датчика підключений до входу підсилювача, вихід якого з'єднаний з входом частотоміра і з входом перетворювача частота-напруга, вихід якого підключений до других входів першого комутатора та другого компаратора, перший вхід якого з'єднаний з виходом другого джерела опорної напруги, а вихід підключений до входу другого світлодіоду та до першого входу другого ключа, вихід якого з'єднаний з першим входом першого ключа, вихід якого підключений до входу крокового двигуна, вал якого зв'язаний з діафрагмою, вихід $(n+1)$ -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, третій вхід якого підключений до першого входу другого ключа, другий вхід якого з'єднаний з виходом лічильника, вхід якого, а також другий вхід першого ключа, вхід буферного регістра 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, вихід 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 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 вхідною шиною ПЗБ (в подальшому - 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, введено блок обробки сигналу, блок обчислення, другий АЦП, причому вихідна шина буферного регістра підключена до вхідної шини блока обробки сигналу, вихід якого з'єднаний з входом блока обчислення, вихід якого підключений до входу другого АЦП, вихідна шина якого з'єднана з другою вхідною шиною ПЗБ, вихід перетворювача напруга-частота підключений до входів блока обробки сигналу та генератора напруги, що змінюється ступінчасто.

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

На схемі: 1 - об'єктив; 2 - світлоділники; 3 - додаткова нерухома діафрагма; 4 - діафрагма; 5 - кроковий двигун; 6 - n дзеркал; 7 - оптична лінійка; 8 - $(n+1)$ лінз; 9 - $(n+1)$ ІЧ-датчиків; 10 - підсилювач; 11 - частотомір; 12 - відеоконтрольний блок (ВКБ); 13, 14 - перший і другий керуючі підсилювачі; 15 - постійний запам'ятовуючий блок (ПЗБ); 16 - генератор напруги, що змінюється ступінчасто; 17, 18 - другий і перший ключі; 19 - лічильник; 20 - другий аналого-цифровий перетворювач (АЦП); 21 -

дільник частоти; 22 - блок обчислення; 23 - перетворювач напруга-частота; 24 - третє джерело опорної напруги; 25 - перший комутатор; 26 - перший аналого-цифровий перетворювач (АЦП); 27 - інтерфейсний блок; 28 - блок обробки сигналу; 29 - другий комутатор; 30 - буферний регістр; 31, 32 - перший і другий світлодіоди; 33, 34 - перше і друге джерела опорної напруги; 35 - конденсатор; 36, 37 - перший і другий компаратори; 38 - перетворювач частота-напруга; 39 - об'єкт контролю, причому діафрагма 4 являє собою сектор, доповнений круглим отвором, центр якого співпадає з вершиною сектора та головною оптичною віссю, діафрагмуючий отвір додаткової нерухокої діафрагми 3 являє собою прямокутну щілину, n дзеркал 6.1, 6.2,... 6.n, закріплені на оптичній лінійці таким чином, що їх площини утворюють кут 45° з головною оптичною віссю, діафрагмуючі отвори дзеркал 6.1, 6.2,... 6.n являють собою еліпси, на одній оптичній вісі з якими встановлені n лінз 8.1, 8.2,... 8.n та лінійка 9 n ІЧ-датчиків 9.1, 9.2,... 9.n, лінза 8.0 та ІЧ-датчик 9.0 розташовані на оптичній вісі з додатковою нерухокою діафрагмою 3 та площиною світлорозподілу світлодільника 2, вихід першого ІЧ-датчика 9.0 підключений до входу підсилювача 10, вихід якого з'єднаний з входом частотоміра 11 і з входом перетворювача частота-напруга 38, вихід якого підключений до других входів першого комутатора 25 та другого компаратора 37, перший вхід якого з'єднаний з виходом другого джерела опорної напруги 34, а вихід підключений до входу другого світлодіода 32 та до першого входу другого ключа 17, вихід якого з'єднаний з першим входом першого ключа 18, вихід якого підключений до входу крокового двигуна 5, вал якого зв'язаний з діафрагмою 4, вихід $(n+1)$ -го ІЧ-датчика 9.n через конденсатор 35 підключений до другого входу першого компаратора 36, перший вхід якого з'єднаний з виходом першого джерела опорної напруги 33, а вихід підключений до входу першого світлодіода 31, вихід третього джерела опорної напруги 24 з'єднаний з першим входом першого комутатора 25, третій вхід якого підключений до першого входу другого ключа 17, другий вхід якого з'єднаний з виходом лічильника 19, вхід якого, а також другий вхід першого ключа 18, вхід буферного регістра 30 та перший вхід ВКБ 12 підключені до виходу дільника частоти 21, вхід якого, а також вхід другого комутатора 29 та перший вхід першого АЦП 26 з'єднані з виходом перетворювача напруга-частота 23, вхід якого підключений до виходу першого комутатора 25, виходи з другого 9.1 по $(n+1)$ -ий 9.n ІЧ-датчиків з'єднані з вхідною шиною буферного регістра 30, вихідна шина якого підключена до вхідної шини другого комутатора 29, вихід якого з'єднаний з другим входом першого АЦП 26, вихідна шина якого підключена до вхідної шини інтерфейсного блока 27, вихідна шина якого з'єднана з колами ЕОМ, вихід другого комутатора 29 підключений до другого входу ВКБ 12, третій і четвертий входи якого з'єднані відповідно з виходами першого 13 і другого 14 керуючих підсилювачів, перші входи яких підключені до виходу генератора напруги, що змінюється ступінчасто, 16, вихідна шина лічильника 19 з'єднана з першою вхідною шиною ПЗБ 15, перший і другий виходи якого підк-

лючені відповідно до других входів першого 13 і другого 14 керуючих підсилювачів, виходи першого 31 та другого 32 світлодіодів з'єднані з загальною шиною, вихідна шина буферного регістра 30 підключена до вхідної шини блока обробки сигналу 28, вихід якого з'єднаний з входом блока обчислення 22, вихід якого підключений до входу другого АЦП 20, вихідна шина якого з'єднана з другою вхідною шиною ПЗБ 15, вихід перетворювача напруга-частота 23 підключений до входів блока обробки сигналу 28 та генератора напруги, що змінюється ступінчасто, 16.

Запропонований пристрій працює так. Потік інфрачервоного випромінювання, що створюється поверхнею контрольованого об'єкта 39, що знаходиться на деякій відстані від оптичної системи пристрою, потрапляє на об'єкти 1, який перетворює його у випромінювання з променями, паралельними головній оптичній вісі.

Перетворений таким чином потік попадає на світлодільник 2, який призначений для ділення потоку ІЧ-випромінювання на кілька частин. Перша частина випромінювання використовується для визначення стану об'єкта контролю 39, а саме обертається він чи знаходиться в спокої. Друга частина випромінювання використовується для визначення температури N точок контрольованого об'єкта 39 і контролю наявності радіальних биттів.

Області, що виділяються на тепловому зображенні контрольованого об'єкта 39 за допомогою n дзеркал 6.1, 6.2,... 6.n, є концентричними сегментами. Однак, як відомо, перетин циліндра площинною під кутом 45° є еліпсом, отже, діафрагмуючі отвори дзеркал 6.1, 6.2...6.n, що розташовані під кутом 45° , повинні мати форму еліпса. Оскільки ці діафрагмуючі отвори концентричні, то при повному повороті діафрагми 4 навколо вісі на входи n ІЧ-датчиків 9.1, 9.2,... 9.n через n лінз 8.1, 8.2,... 8.n надходять потоки ІЧ-випромінювання, що відповідають тепловим зображенням n сегментів усього зображення контрольованого об'єкта 39. Фіксуючи положення діафрагмуючого отвору діафрагми 4 у m положеннях і здійснюючи її обертання за допомогою крокового двигуна 5, отримуємо інформацію про температуру $N=m(n-1)+1$ точок контрольованого об'єкта 39. У приведеній формулі співмножник $(n-1)$ виникає з тієї причини, що центральна частина діафрагмуючого отвору діафрагми 4 має круглу форму і при відсутності радіальних биттів потік ІЧ-випромінювання, що попадає на ІЧ-датчик 9.n, буде постійним при обертанні діафрагми 4. При наявності радіальних биттів формула, приймає вигляд $N=m \cdot n$.

З виходу світлодільника 2 потік ІЧ-випромінювання попадає на діафрагму 4, яка приводиться в рух кроковим двигуном 5. Діафрагма 4 являє собою непрозорий диск, в якому вирізано сектор, утворений двома променями з кутом між ними, рівним мінімальному кроку обертання крокового двигуна 5, частота обертання якого задається дільником частоти 21. Таким чином, на n дзеркал 6.1, 6.2,...6.n, потрапляє лише частина зображення контрольованого об'єкта 39. Випромінювання, що пройшло через секторний отвір діафрагми 4, приймається інфрачервоним приймачем 9. При цьому теплове зображення розбивається на n час-

тин, кожна з яких приймається окремим сенсором 9_i , де $i = \overline{1, n}$. При обертанні діафрагми 4 навколо центра, який співпадає з головною оптичною віссю, сканується все теплове поле об'єкта контролю 39. При цьому розгортка є не неперервною, а дискретною за рахунок використання крокового двигуна 5. Це дає можливість отримати інформацію про тепловий стан контрольованого об'єкта в зручній для подальшої обробки формі.

Нехай швидкість обертання об'єкта контролю 39 $\omega=0$, тобто об'єкт контролю 39 нерухомий. Тоді на виході перетворювача частота-напруга 38 з'являється сигнал, який подається на другий вхід другого компаратора 37, на перший вхід якого подається сигнал з виходу другого джерела опорної напруги 34. Амплітуда електричного сигналу з виходу підсилювача 10 буде менша амплітуди електричного сигналу, що надходить з виходу другого джерела опорної напруги 34. Зазначимо, що вихідний сигнал підсилювача 10 також надходить на вхід частотоміра 11, в якому відображається частота обертання об'єкта контролю 39. При цьому на виході другого компаратора 37 з'являється сигнал логічного нуля, який поступає на вхід другого світлодіоду 32, який при цьому не спрацьовує. Крім того, сигнал логічного нуля з виходу другого компаратора 37 подається на перший вхід другого ключа 17 та розмикає його. Також сигнал з виходу другого компаратора 37 надходить на третій вхід першого комутатора 25, який підключає вихід третього джерела опорної напруги 24 до входу перетворювача напруга-частота 23. На вхід перетворювача напруга-частота 23 з виходу третього джерела опорної напруги 24 надходить постійна напруга. При цьому на виході останнього формується імпульси з частотою f_1/n , який надходить на входи другого комутатора 29, генератора напруги, що змінюється ступінчасто, 16 та дільника частоти 21, який має коефіцієнт ділення n . На виході останнього формується імпульсні сигнали з частотою чередування f_1 , які через замкнений перший ключ 18 (на перший вхід першого ключа 18 поступає сигнал логічного нуля з виходу другого ключа 17) подаються на кроковий двигун 5, частота обертання якого визначається формулою $\omega = 2\pi \cdot n \cdot f_1$,

де $m = \frac{360^\circ}{\beta}$, β - мінімальний кут повороту, що

утворюється при подачі одного керуючого імпульсу на кроковий двигун 5. З такою ж частотою починає обертатися діафрагма 4, яка містить отвір у вигляді сектора. При цьому здійснюється кругова розгортка теплового зображення нерухомого контрольованого об'єкта 39. Електричні сигнали, амплітуди яких пропорційні температурі елементарних часток поверхні об'єкта, з виходів n ІЧ-датчиків $9.1, 9.2, \dots, 9.n$ надходять у буферний регістр 30, який запам'ятовує інформацію в аналоговому вигляді на час $\Delta T = \frac{1}{f_1}$. Запис в буферний

регістр 30 проводиться в момент надходження сигналу з виходу дільника частоти 21. Другим комутатором 29 здійснюється зчитування інформації з буферного регістра 30 з наступним її перетворенням із паралельного виду представлення в

послідовний. Сформований таким чином сигнал з виходу другого комутатора 29 потрапляє на другий вхід ВКБ 38, а також на другий вхід першого АЦП 26, на перший вхід якого подається сигнал з виходу перетворювача напруга-частота 23. Вхідний сигнал першого АЦП 26 перетворюється в цифрову форму на його виході та подається на вхідну шину інтерфейсного блока 27, в якому він приводиться до зручного виду для передачі в ЕОМ.

На виході дільника частоти 21 формуються імпульси з частотою f_1 , що надходять на вхід буферного регістра 30, на перший вхід ВКБ 12 та вхід лічильника 19, який починає відраховувати останні.

Генератор напруги, що змінюється ступінчасто, 16, перший 13 та другий 14 керовані підсилювачі і ПЗБ 15 призначені для формування сигналів розгортки ВКБ 12. Сигнал з частотою f_1 , що поступає на вхід генератора напруги, що змінюється ступінчасто, 16, на виході приймає ступінчасту форму (містить n складових) і подається на входи першого 13 і другого 14 керованих підсилювачів, коефіцієнт підсилення яких задається вихідними сигналами ПЗБ 15. При цьому коефіцієнти підсилення першого 13 та другого 14 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_j - 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 15 цифровий код надходять з вихідної шини лічильника 19, коефіцієнт перерахунку якого дорівнює m . В результаті на екрані ВКБ 12 при наявності одного інформаційного сигналу, двох сигналів розгортки та сигналу з виходу дільника частоти 21 формується зображення, що відповідає тепловому полю контрольованого об'єкта 39.

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 39, його тепловий портрет спотворюється і на екрані ВКБ 12 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 28, який фіксує кут φ , параметри b і r та передає їх в блок обчислення 22, в якому за формулою (3) визначається дійсний радіус спотвореного кола.

Вихідний сигнал блока обчислення 22 за допомогою другого АЦП 20 перетворюється в цифровий код і поступає на другу вхідну шину ПЗБ 15, формуючи при цьому скориговані коефіцієнти підсилення першого 13 і другого 14 керованих підсилювачів, які відновлюють розмір зображення при його виведенні на ВКБ 12.

Якщо швидкість обертання об'єкта контролю $\omega \neq 0$, тобто він обертається, то на виході перетворювача частота-напруга 38 з'являється напруга, пропорційна частоті обертання об'єкта контролю 39. Сигнал напруги з виходу перетворювача частота-напруга 38 надходить на другі входи другого компаратора 37 і першого комутатора 25. Оскільки цей сигнал перевищує рівень опорного, то на виході другого компаратора 37 з'являється сигнал логічної одиниці, що надходить на третій вхід першого комутатора 25, на перший вхід другого ключа 17, який при цьому замикається, і на вхід другого світлодіода 32, викликаючи його ілюмінацію. При цьому другий вхід першого комутатора 25 підключається до входу перетворювача напруга-частота 23. На виході останнього формуються імпульси з частотою f_2 . п. Запис інформації про об'єкт контролю 39 та виведення останньої на ВКБ 12 здійснюється аналогічно раніше описаному, окрім того, що частота на виході напруга-частота 23 є пропорційною швидкості обертання.

На вхід крокового двигуна 5 через перший

ключ 18 надходять імпульси з частотою f_2 . Тоді, кроковий двигун 5 буде обертати діафрагму 4 з швидкістю обертання $\omega_2 = \omega$, тобто синхронно з об'єктом контролю. За один оберт об'єкта контролю 39 вимірюється температура n точок на поверхні об'єкта контролю 39, що лежать на одній прямій, на одному j -му радіусу, де $j = 1, 2, \dots, m$, радіуси об'єкта контролю 39. Оскільки коефіцієнт перерахунку лічильника 19 дорівнює m , то після здійснення повного повороту діафрагми 4 на виході лічильника 19 виникає імпульс тривалістю $1 / f_2$, який через замкнений другий ключ 17 надходить на керуючий вхід першого ключа 18, розмикаючи його на час $1 / f_2$. В цей момент діафрагма 4 зупиняється, а об'єкт контролю 39 відносно діафрагмуючого отвору діафрагми 4 встигає повернутися на кут β , рівний кроку обертання крокового двигуна 5 і куту при вершині сектора діафрагмуючого отвору. При цьому здійснюється запис інформації, що відповідає температурі точок, що лежать на $(j+1)$ -му радіусі об'єкта контролю 39. Таким чином, послідовно здійснюється сканування всього теплового поля об'єкта контролю 39 та відповідна інформація відображається на екрані ВКБ 12. Інформація, що відповідає температурному розподілу, формується на виході першого АЦП 26 і через інтерфейсний блок 27 передається для подальшої обробки в ЕОМ.

При наявності радіальних биттів, з виходу 14-датчика 9.п сигнал через конденсатор 35 поступає на другий вхід першого компаратора 36, на другий вхід якого подається напруга з виходу першого джерела опорної напруги 33. При цьому на виході першого компаратора 36 з'являється сигнал логічної одиниці, який поступає на перший світлодіод 31, викликаючи його ілюмінацію, що свідчить про наявність радіальних биттів в роторі об'єкта контролю 39.

