



УКРАЇНА

(19) UA (11) 20999 (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) u200609955

(22) 18.09.2006

(24) 15.02.2007

(46) 15.02.2007, Бюл. № 2, 2007 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 якої являє собою сектор з вершиною на оптичній осі, дзеркало, виконане у вигляді конуса, прямолінійні твірні бокової конусної поверхні якого утворюють кут при вершині, менший ніж  $90^\circ$ , а прямолінійні твірні центральної конусної поверхні утворюють кут при вершині  $90^\circ$ , інфрачервоний приймач, що являє собою набір інфрачервоних сенсорів, розташованих на головній оптичній осі один за одним, приймальні площадки яких перпендикулярні головній оптичній осі, компаратор, перший аналого-цифровий перетворювач, виходи  $n$  інфрачервоних сенсорів з'єднані з вхідними шинами буферного регістра та перетворювача частота-напруга, вихідна шина реверсивного лічильника підключена до вхідної шини цифро-аналогового перетворювача, вихід якого з'єднаний з входом другого перетворювача напруга-частота, вихід якого підключений до крокового двигуна, вал якого зв'язаний з діафрагмою, вихід джерела опорної напруги підключений до входу першого перетворювача напруга-частота, вихід якого з'єднаний з другими входами відеоконтрольного блока та другого аналого-цифрового перетворювача, з першим входом комутатора та з входами інтерфейсного блока, генератора напруги, що змінюється ступінчасто, та подільника частоти, вихід якого підключений до перших входів першого елемента I та буферного регістра, вихід першого елемента I з'єднаний з першим входом лічильника, другий вхід якого підключений до виходу елемента HI, перший вхід якого підключений до виходу другого елемента I з'єднаний з вихо-

дом елемента HI, вихід якого підключений до п'ятого входу відеоконтрольного блока та до других входів комутатора та буферного регістра, вихідна шина якого з'єднана з вхідною шиною комутатора, вихід якого підключений до перших входів відеоконтрольного блока та другого аналого-цифрового перетворювача, вихідна шина якого з'єднана з вхідною шиною інтерфейсного блока, вихідна шина якого підключена до кіл ЕОМ, 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, перші входи яких з'єднані з виходом генератора напруги, що змінюється ступінчасто, а виходи підключені відповідно до третього і четвертого входів відеоконтрольного блока, вихід другого елемента I з'єднаний з третім входом реверсивного лічильника, який відрізняється тим, що в нього введені блок обробки сигналу, блок обчислення, елемент АБО-HI, інвертор, 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 першого аналого-цифрового перетворювача, вихідна шина якого з'єднана з другою вхідною шиною постійного запам'ятовуючого блока, вихід першого перетворювача напруга-частота підключений до входу блока обробки сигналу, вихід перетворювача частота-напруга з'єднаний з першим входом компаратора, другий вхід якого підключений до виходу джерела опорної напруги, а вихід з'єднаний з першими входами реверсивного лічильника, елемента АБО-HI та з входом інвертора, вихід якого підключений до других входів реверсивного лічильника та елемента АБО-HI, вихід якого з'єднаний з другим входом першого елемента I та з входом елемента HI, вихід подільника частоти підключений до другого входу другого елемента I.

UA (13) U

(11) 20999

(19) UA

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 №1676337, М.кл. G01K13/08, G01J5/28, бюл. №33, 1991], що містить об'єктив, діафрагму, перше дзеркало, виконане у вигляді W-конуса, та друге дзеркало, виконане у вигляді ввігнутого конуса з поверхнями, що призначені для відбивання променів світлового потоку, інфрачервоний приймач, що являє собою набір інфрачервоних сенсорів, розташованих один за одним, приймальні площадки яких перпендикулярні головній оптичній вісі, виходи інфрачервоних сенсорів з'єднані відповідно з вхідною шиною буферного регістра блока перетворення інформації та з вхідною шиною перетворювача частота-напруга блока керування і синхронізації, вихід якого підключений до четвертого входу панелі керування блока керування і синхронізації, четвертий вихід якої з'єднаний з першим входом компаратора блока керування і синхронізації, другий вхід якого підключений до загальної шини, а вихід з'єднаний з третім входом панелі керування блока керування і синхронізації та з входом генератора напруги, що змінюється лінійно, блока керування і синхронізації, вихід якого підключений до п'ятого входу панелі керування блока керування і синхронізації, п'ятий вихід якої з'єднаний з входом перетворювача напруга-частота блока керування і синхронізації, вихід якого підключений до входу подільника частоти блока керування і синхронізації, вихід якого з'єднаний з першим входом ключа блока керування і синхронізації, вихід якого підключений до входу крокового двигуна, вал якого зв'язаний з діафрагмою, другий вхід ключа блока керування і синхронізації з'єднаний з другим виходом панелі керування блока керування і синхронізації, перший вхід якої підключений до виходу подільника частоти блока керування і синхронізації, перший вихід панелі керування блока керування і синхронізації з'єднаний з входом лічильника блока керування і синхронізації, вихідна шина якого підключена до вхідної шини постійного запам'ятовуемого пристрою блока вимірювання, вихід лічильника блока керування і синхронізації з'єднаний з другим входом панелі керування блока керування і синхронізації, третій вихід якого підключений до першого входу буферного регістра блока перетворення інформації, другий вхід якого з'єднаний з виходом подільника частоти блока керування і синхронізації, вихідна шина буферного регістра блока перетворення інформації підключена до вхідної шини комутатора п входів на один вихід блока перетворення інформації, вхід якого з'єднаний з виходом перетворювача напруга-частота блока керування і синхронізації, а вихід підключений до першого входу відеоконтрольного пристрою блока вимірювання та до першого входу аналого-цифрового перетворювача блока підготовки даних для введення в ЕОМ, вихідна шина якого з'єднана з вхідною шиною інтерфейсного при-

строю блока підготовки даних для введення в ЕОМ, вихід якого підключений до кіл ЕОМ, вихід перетворювача напруга-частота блока керування і синхронізації з'єднаний з другими входами першого аналого-цифрового перетворювача блока підготовки даних для введення в ЕОМ і відеоконтрольного пристрою блока вимірювання та з входами інтерфейсного пристрою блока підготовки даних для введення в ЕОМ і генератора напруги, що змінюється ступінчасте, блока вимірювання, вихід якого підключений до перших входів першого і другого керуючих підсилювачів блока вимірювання, другі входи яких з'єднані відповідно з першим і другим виходами постійного запам'ятовуемого пристрою блока вимірювання, а виходи підключені відповідно до третього і четвертого входів відеоконтрольного пристрою блока вимірювання, п'ятий вхід якого з'єднаний з виходом подільника частоти блока керування і синхронізації.

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.

За прототип обрано пристрій для безконтактного вимірювання температури [А.С. СРСР №1818943, М.кл. G01K13/08, G01J5/28, бюл. №20, 1993], що містить об'єктив, діафрагму, отвір якої являє собою сектор з вершиною на оптичній вісі, дзеркало, виконане у вигляді конуса, прямолінійні твірні бокової конусної поверхні якого утворюють кут при вершині, менший ніж  $90^\circ$ , а прямолінійні твірні центральної конусної поверхні утворюють кут при вершині  $90^\circ$ , інфрачервоний приймач, що являє собою набір інфрачервоних (14) сенсорів (в подальшому - набір ІЧ-сенсорів), розташованих на головній оптичній вісі один за одним, приймальні площадки яких перпендикулярні головній оптичній вісі, виходи п ІЧ-сенсорів з'єднані з вхідними шинами буферного регістра блока перетворення інформації (в подальшому - буферного регістра) та перетворювача частота-напруга блока керування і синхронізації (в подальшому - перетворювача частота-напруга), вихід якого підключений до першого входу першого аналого-цифрового перетворювача блока керування і синхронізації (в подальшому - першого АЦП), вихідна шина якого з'єднана з першою вхідною шиною компаратора блока керування і синхронізації (в подальшому - компаратора), друга вхідна шина якого підключена до вхідної шини другого аналого-цифрового перетворювача блока керування і синхронізації, а перший і другий виходи з'єднані відповідно з першим і другим входами реверсивного лічильника блока керування і синхронізації (в подальшому - реверсивного лічильника), вихідна шина якого підключена до вхідної шини цифро-аналогового перетворювача блока керування і синхронізації (в подальшому - цифро-аналогового перетворювача (ЦАП)), вихід якого з'єднаний з входом другого перетворювача напруга-частота блока керування і синхронізації (в по-

дальшому - другого перетворювача напруга-частота), вихід якого підключений до крокового двигуна, вал якого зв'язаний з діафрагмою, вихід джерела опорної напруги блока керування і синхронізації (в подальшому - джерела опорної напруги) підключений до першого входу другого аналого-цифрового перетворювача блока керування і синхронізації та до входу першого перетворювача напруга-частота блока керування і синхронізації (в подальшому - першого перетворювача напруга-частота), вихід якого з'єднаний з другими входами другого аналого-цифрового перетворювача блока керування і синхронізації, відеоконтрольного пристрою блока вимірювання (в подальшому - відеоконтрольного блока (ВКБ)) та аналого-цифрового перетворювача блока підготовки даних для введення в ЕОМ (в подальшому - другого аналого-цифрового перетворювача (АЦП)), з першим входом комутатора п входів на один вихід блока перетворення інформації (в подальшому - комутатора) та з входами інтерфейсного пристрою блока підготовки даних для введення в ЕОМ (в подальшому - інтерфейсного блока), генератора напруги, що змінюється ступінчасте, блока вимірювання (в подальшому - генератора напруги, що змінюється ступінчасте) та першого подільника частоти блока керування і синхронізації (в подальшому - подільника частоти), вихід якого підключений до перших входів першого елемента І блока керування і синхронізації (в подальшому - першого елемента І), буферного регістра та до входу другого подільника частоти блока керування і синхронізації, вихід якого з'єднаний з другими входами першого аналого-цифрового перетворювача блока керування і синхронізації та другого елемента І блока керування і синхронізації (в подальшому - другого елемента І), перший вхід якого підключений до виходу елемента НІ блока керування і синхронізації (в подальшому - елемента НІ), а вихід з'єднаний з третім входом реверсивного лічильника, третій вихід першого компаратора підключений до другого входу першого елемента І, вихід якого з'єднаний з першим входом лічильника блока керування і синхронізації (в подальшому - лічильника), другий вхід якого підключений до виходу елемента НІ, вхід якого з'єднаний з третім входом компаратора, вихід елемента НІ підключений до п'ятого входу ВКБ та до других входів комутатора та буферного регістра, вихідна шина якого з'єднана з вхідною шиною комутатора, вихід якого підключений до перших входів ВКБ та другого АЦП, вихідна шина якого з'єднана з вхідною шиною інтерфейсного блока, вихідна шина якого підключена до кіл ЕОМ, вихідна шина лічильника з'єднана з вхідною шиною постійного запам'ятовуючого пристрою блока вимірювання (в подальшому - першою вхідною шиною постійного запам'ятовуючого блока (ПЗБ)), перший і другий виходи якого підключені відповідно до других входів першого і другого керуючих підсилювачів блока вимірювання (в подальшому - першого і другого керуючих підсилювачів), перші входи яких з'єднані з виходом генератора напруги, що змінюється ступінчасте, а виходи підключені відповідно до третього і четвертого входів ВКБ.

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.

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, що дозволяє підвищити точність роботи пристрою.

Поставлена задача досягається тим, що в пристрій для безконтактного вимірювання температури, що містить об'єкт, діафрагму, отвір якої являє собою сектор з вершиною на оптичній осі, дзеркало, виконане у вигляді конуса, прямолінійні твірні бокової конусної поверхні якого утворюють кут при вершині, менший ніж  $90^\circ$ , а прямолінійні твірні центральної конусної поверхні утворюють кут при вершині  $90^\circ$ , інфрачервоний приймач, що являє собою набір ІЧ-сенсорів, розташованих на головній оптичній осі один за одним, приймальні площадки яких перпендикулярні головній оптичній осі, компаратор, перший АЦП, виходи п ІЧ-сенсорів з'єднані з вхідними шинами буферного регістра та перетворювача частота-напруга, вихідна шина реверсивного лічильника підключена до вхідної шини ЦАП, вихід якого з'єднаний з входом другого перетворювача напруга-частота, вихід якого підключений до крокового двигуна, вал якого зв'язаний з діафрагмою, вихід джерела опорної напруги підключений до входу першого перетворювача напруга-частота, вихід якого з'єднаний з другими входами ВКБ та другого АЦП, з першим входом комутатора та з входами інтерфейсного блока, генератора напруги, що змінюється ступінчасте, та подільника частоти, вихід якого підключений до перших входів першого елемента І та буферного регістра, вихід першого елемента І з'єднаний з першим входом лічильника, другий вхід якого підключений до виходу елемента НІ, перший вхід другого елемента І з'єднаний з виходом елемента НІ, вихід якого підключений до п'ятого входу ВКБ та до других входів комутатора та буферного регістра, вихідна шина якого з'єднана з вхідною шиною комутатора, вихід якого підключений до перших входів ВКБ та другого АЦП, вихідна шина якого з'єднана з вхідною шиною інтерфейсного блока, вихідна шина якого підключена до кіл ЕОМ, 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, перші входи яких з'єднані з виходом генератора напруги, що змінюється ступінчасте, а виходи підключені відповідно до третього і четвертого входів ВКБ, вихід другого елемента І з'єднаний з третім входом реверсивного лічильника, введено блок обробки сигналу, блок обчислення, елемент АБО-НІ, інвертор, 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 першого АЦП, вихідна шина якого з'єднана з другою вхідною шиною ПЗБ, вихід першого перетворювача напруга-частота підключений до входу блока обробки сигналу, вихід перетворювача частота-напруга з'єднаний з першим входом компаратора, другий вхід якого підключений до виходу джерела опорної напруги, а вихід з'єднаний з першими входами реверсивного лічильника, елемента АБО-НІ та з входом інвертора, вихід якого підключений до других входів реверсивного лічильника та елемента АБО-НІ, вихід якого з'єднаний з другим входом першого елемента І та з входом елемента НІ, вихід подільника частоти підключений до другого входу другого елемента І.

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

На схемі: 1 - об'єкт контролю; 2 - об'єктив; 3 - діафрагма; 4 - дзеркало, виконане у вигляді конуса, прямолінійні твірні бокової конусної поверхні 4.1 якого утворюють кут при вершині, менший ніж  $90^\circ$ , а прямолінійні твірні центральної конусної поверхні 4.2 утворюють кут при вершині  $90^\circ$ ; 5 - n ІЧ-датчиків; 6 - кроковий двигун; 7 - другий перетворювач напруга-частота; 8 - цифро-аналоговий перетворювач (ЦАП); 9 - другий елемент І; 10 - реверсивний лічильник; 11 - інвертор; 12 - компаратор; 13 - перетворювач частота-напруга; 14 - елемент НІ; 15 - елемент АБО-НІ; 16 - перший елемент І; 17 - лічильник; 18 - джерело опорної напруги; 19 - перший перетворювач напруга-частота; 20 - подільник частоти; 21 - блок обробки сигналу; 22 - буферний регістр; 23 - комутатор; 24 - перший аналого-цифровий перетворювач (АЦП); 25 - блок обчислення; 26 - постійний запам'ятовувачий блок (ПЗБ); 27, 28 - перший і другий керуючі підсилювачі; 29 - відеоконтрольний блок (ВКБ); 30 - генератор напруги, що змінюється ступінчасте; 31 - другий аналого-цифровий перетворювач (АЦП); 32 - інтерфейсний блок, причому отвір діафрагми 3 являє собою сектор з вершиною на оптичній осі, дзеркало 4, виконане у вигляді конуса, прямолінійні твірні бокової конусної поверхні 4.1 якого утворюють кут при вершині, менший ніж  $90^\circ$ , а прямолінійні твірні центральної конусної поверхні 4.2 утворюють кут при вершині  $90^\circ$ , інфрачервоний приймач являє собою набір ІЧ-сенсорів, розташованих на головній оптичній осі один за одним, приймальні площадки яких перпендикулярні головній оптичній осі, виходи n ІЧ-сенсорів 5.1, 5.2, ... 5.n з'єднані з вхідними шинами буферного регістра 22 та перетворювача частота-напруга 13, вихідна шина реверсивного лічильника 10 підключена до вхідної шини ЦАП 8, вихід якого з'єднаний з входом другого перетворювача напруга-частота 7, вихід якого підключений до крокового двигуна 6, вал якого зв'язаний з діафрагмою 3, вихід джерела опорної напруги 18 підключений до входу першого перетворювача напруга-частота 19, вихід якого з'єднаний з другими входами ВКБ 29 та другого АЦП 31, з першим входом комутатора 23 та з входами інтерфейсного блока 32, генератора напруги,

що змінюється ступінчасто, 30 та подільника частоти 20, вихід якого підключений до перших входів першого елемента І 16 та буферного регістра 22, вихід першого елемента І 16 з'єднаний з першим входом лічильника 17, другий вхід якого підключений до виходу елемента НІ 14, перший вхід другого елемента І 9 з'єднаний з виходом елемента НІ 14, вихід якого підключений до п'ятого входу ВКБ 29 та до других входів комутатора 23 та буферного регістра 22, вихідна шина якого з'єднана з вхідною шиною комутатора 23, вихід якого підключений до перших входів ВКБ 29 та другого АЦП 31, вихідна шина якого з'єднана з вхідною шиною інтерфейсного блока 32, вихідна шина якого підключена до кіл ЕОМ, вихідна шина лічильника 17 з'єднана з першою вхідною шиною ПЗБ 26, перший і другий виходи якого підключені відповідно до других входів першого 27 і другого 28 керуючих підсилювачів, перші входи яких з'єднані з виходом генератора напруги, що змінюється ступінчасте, 30, а виходи підключені відповідно до третього і четвертого входів ВКБ 29, вихід другого елемента І 9 з'єднаний з третім входом реверсивного лічильника 10, вихідна шина буферного регістра 22 підключена до вхідної шини блока обробки сигналу 21, вихід якого з'єднаний з входом блока обчислення 25, вихід якого підключений до входу першого АЦП 24, вихідна шина якого з'єднана з другою вхідною шиною ПЗБ 26, вихід першого перетворювача напруга-частота 19 підключений до входу блока обробки сигналу 21, вихід перетворювача частота-напруга 13 з'єднаний з першим входом компаратора 12, другий вхід якого підключений до виходу джерела опорної напруги 18, а вихід з'єднаний з першими входами реверсивного лічильника 10, елемента АБО-НІ 15 та з входом інвертора 11, вихід якого підключений до других входів реверсивного лічильника 10 та елемента АБО-НІ 15, вихід якого з'єднаний з другим входом першого елемента І 16 та з входом елемента НІ 14, вихід подільника частоти 20 підключений до другого входу другого елемента І 9.

Запропонований пристрій працює так. Потік інфрачервоного випромінювання, що створюється об'єктом контролю 1, попадає на об'єктив 2, що перетворює його у випромінювання з променями, спрямованими паралельно головній оптичній осі. Перетворений у такий спосіб потік інфрачервоного випромінювання попадає на діафрагму 3, що приводиться в рух кроковим двигуном 6.

Таким чином, на центральну частину 4.2 конусного дзеркала 4 попадає лише частина теплового зображення контрольованого об'єкта 1. Випромінювання, що пройшло через секторний діафрагмуючий отвір діафрагми 3, відбиваючись від дзеркальної поверхні 4.2 центральної частини, потім від бокової поверхні 4.1 дзеркала 4, приймається інфрачервоним приймачем 5. При цьому теплове зображення розбивається на n частин, кожна з яких приймається окремим сенсором  $5_i$ , де  $i = \overline{1, n}$ . При обертанні діафрагми 3 навколо центра, що збігається з головною оптичною віссю, здійснюється сканування всього теплового поля об'єкта контролю 1, при цьому розгортка є безперервною, а дискретною за рахунок застосування крокового

двигуна 6, що дозволяє отримати інформацію про тепловий стан контролюваного об'єкта 1 у зручній для подальшої обробки формі.

Пристрій має один режим роботи. Це визначається тим фактором, що швидкість розгортання теплового зображення на екрані ВКБ 29 у запропонованому пристрої є постійною (наприклад, 50 кадрів в секунду). Такий режим роботи обумовлений тим, що швидкість обертання діафрагми  $\omega_3$  підтримується більшою, ніж швидкість обертання  $\omega_1$  об'єкта контролю 1 на  $\Delta\omega = \text{const}$  (наприклад,  $\Delta\omega = 50 \text{ об/сек}$ ), не враховуючи величину  $\omega_1$  ( $\omega_1 = 0 - \omega_{\text{max}}$ , де  $\omega_{\text{max}}$  - максимальна швидкість, при якій пристрій може нормально функціонувати, а при  $\omega_1 = 0$  об'єкт контролю 1 нерухомий).

Підтримка  $\Delta\omega = \text{const}$  здійснюється за допомогою блоків 7-20. Здійснюється це в такий спосіб.

Нехай  $\omega_1 = 0$  (об'єкт контролю 1 - нерухомий), тоді на виході перетворювача частота-напруга 13 буде відсутній електричний сигнал, який подається на перший вхід компаратора 12. З виходу джерела опорної напруги 18 електричний сигнал, пропорційний  $\Delta\omega = \text{const}$ , надходить на другий вхід компаратора 12. При цьому на його виході з'являється сигнал логічної одиниці, який поступає на перший вхід реверсивного лічильника 10. На другому вході реверсивного лічильника 10 присутній сигнал логічного нуля, оскільки сигнал логічної одиниці з виходу компаратора 12 проходить через інвертор 11. При цьому сигнали логічного нуля та одиниці з виходів відповідно інвертора 11 та компаратора 12 надходять на другий і перший входи елемента АБО-НІ 15, на виході якого з'являється сигнал логічного нуля. Сигнал логічного нуля з виходу елемента АБО-НІ 15 через елемент Ш 14 у вигляді сигналу логічної одиниці поступає на перший вхід другого елемента І 9. На другий вхід елемента І 9 надходять імпульси з виходу подільника частоти 20, оскільки на вхід останнього надходить сигнал з виходу джерела опорної напруги 18 через перший перетворювач напруга-частота 19. При цьому на виході другого елемента І 9 формуються імпульси, які поступають на третій вхід реверсивного лічильника 10, цифровий код на виході якого починає збільшуватись і поступає на вхід ЦАП 8, з виходу якого сигнал напруги подається на другий перетворювач напруга-частота 7, сигнал з виходу якого поступає на вхід крокового двигуна 6, вал якого зв'язаний з діафрагмою 3. Швидкість обертання крокового двигуна 6 починає зростати і при обертанні діафрагми 3 на виході перетворювача частота-напруга 13 сигнал збільшується також. В момент зрівняння сигналів на входах компаратора 12 на його виході встановлюється нульовий сигнал. При цьому на виході елемента АБО-НІ 15 з'являється сигнал логічної одиниці (на виході інвертора 11 присутній також нульовий сигнал), який через елемент НІ 14 закриває другий елемент І 9 та розблоковує роботу лічильника 17, буферного регістра 22, комутатора 23 та ВКБ 29. Подача імпульсів

в реверсивний лічильник 10 припиняється, а код, що записаний в ньому, забезпечує стаке обертання діафрагми 3 зі швидкістю рівною швидкості розгортки (наприклад, так як  $\omega_1 = 0$ , то  $\omega_3 = \Delta\omega = 50 \text{ об/сек}$ ).

Нехай  $\omega \neq 0$ , тобто об'єкт контролю 1 почав обертатися, значення сигналу напруги з виходу перетворювача частота-напруга 13 починає зменшуватись і стає меншим, ніж сигнал напруги на виході джерела опорної напруги 18. При цьому пристрій працює аналогічно, описаному вище, доки швидкість обертання діафрагми 3 не перевищить швидкість обертання об'єкта контролю 1 на величину  $\Delta\omega$  і не стабілізується.

Якщо швидкість обертання об'єкта контролю 1 зменшується, то на виході компаратора 12 з'являється напруга від'ємної полярності, на виході інвертора 11 встановлюється сигнал, яким реверсивний лічильник 10 запускається в напрямку зменшення записаного коду. При цьому швидкість обертання крокового двигуна 6 зменшується до межі, доки різниця швидкостей обертання діафрагми 3 та об'єкта контролю 1 не досягне величини  $\Delta\omega$ .

Електричні сигнали, амплітуда яких пропорційна температурі елементарних ділянок на поверхні об'єкта контролю 1, таких ділянок може бути

$$N = m \cdot n, \text{ де } m = \frac{360^\circ}{\beta} m, \text{ де } \beta - \text{ мінімальний кут}$$

повороту, що утворюється при подачі одного керуючого імпульсу на кроковий двигун 6, з виходів інфрачервоного приймача 5 надходять на входи буферного регістра 22, який запам'ятовує інформацію в аналоговому вигляді на час  $\Delta T = \frac{1}{f}$ . Запис

в буферний регістр 22 проводиться в момент надходження сигналу з виходу подільника частоти 20. Комутатором 23 здійснюється зчитування інформації з буферного регістра 22 з наступним її перетворенням із паралельного виду представлення в послідовний.

Сформований таким чином сигнал з виходу комутатора 23 потрапляє на перший вхід ВКБ 29, а також на вхід другого АЦП 31, в якому він перетворюється в цифрову форму. З виходу останнього сигнал подається на вхідну шину інтерфейсного блока 32, в якому він приводиться до зручного виду для передачі в ЕОМ.

В момент, коли швидкості обертання діафрагми 3 та об'єкта контролю 1 стають сталими та відрізняються на величину  $\Delta\omega$  сигнали логічного нуля з виходів компаратора 12 та інвертора 11 (компаратор 12 та інвертор 11 мають пороги чутливості) поступають відповідно на перший і другий входи елемента АБО-НІ 15. При цьому на виході останнього з'являється сигнал логічної одиниці, який поступає на другий вхід першого елемента І 16 та відкриває його. Імпульси з виходу подільника частоти 20 через відкритий перший елемент І 16 надходять на вхід лічильника 17, який починає відраховувати останні.

Генератор напруги, що змінюється ступінчасте, 30, перший 27 та другий 28 керовані підсилювачі і ПЗБ 26 призначені для формування сигналів розгортки ВКБ 29. Сигнал частотою  $f \cdot n$ , що поступає на вхід генератора напруги, що змінюється ступінчасто, 30, на виході приймає ступінчасту форму (містить  $n$  складових) і подається на входи першого 27 і другого 28 керованих підсилювачів, коефіцієнт підсилення яких задається вихідними сигналами ПЗБ 26. При цьому коефіцієнти підсилення першого 27 та другого 28 керованих підсилювачів задаються так, що на їх виходах формується сигнали, пропорційні  $R_i \cdot \sin \varphi_j$  та  $R_i \cdot \cos \varphi_j$ , відповідно, де  $R_i$  - радіус, ( $\varphi_j$  - кут координати елементарного участка поверхні контрольованого об'єкта 1 в полярній системі координат. При цьому  $i = 0, n$ ,  $j = 0, m$ .

На першу вхідну шину ПЗБ 26 сигнали надходять з лічильника 17, коефіцієнт перерахунку якого дорівнює  $m$ . В результаті на екрані ВКБ 29 при наявності одного інформаційного сигналу, двох сигналів розгортки та сигналу з виходу перетворювача напруга-частота 19 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 ВКБ 29 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,  $\varphi$  - 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  $\varphi$  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 21, який фіксує кут  $\varphi$ , параметри  $b$  і  $r$  та передає їх в блок обчислення 25, в якому за формулою (3) визначається дійсний радіус спотвореного кола.

Вихідний сигнал блока обчислення 25 за допомогою першого АЦП 24 перетворюється в цифровий код і поступає на другу вхідну шину ПЗБ 26, формуючи при цьому скориговані коефіцієнти підсилення першого 27 і другого 28 керованих підсилювачів, які відновлюють розмір зображення при його виведенні на ВКБ 29.

Слід відзначити, що доки різниця між  $\omega_3$  і  $\omega_1$  не дорівнює  $\Delta\omega = \text{const}$ , то сигнал логічного нуля з виходу елемента НІ 14 блокує роботу буферного регістра 22, комутатора 23, лічильника 17 та ВКБ 29.

