



МІНІСТЕРСТВО
ЕКОНОМІЧНОГО
РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **131815** (13) **U**
(51) МПК
G01K 13/08 (2006.01)

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

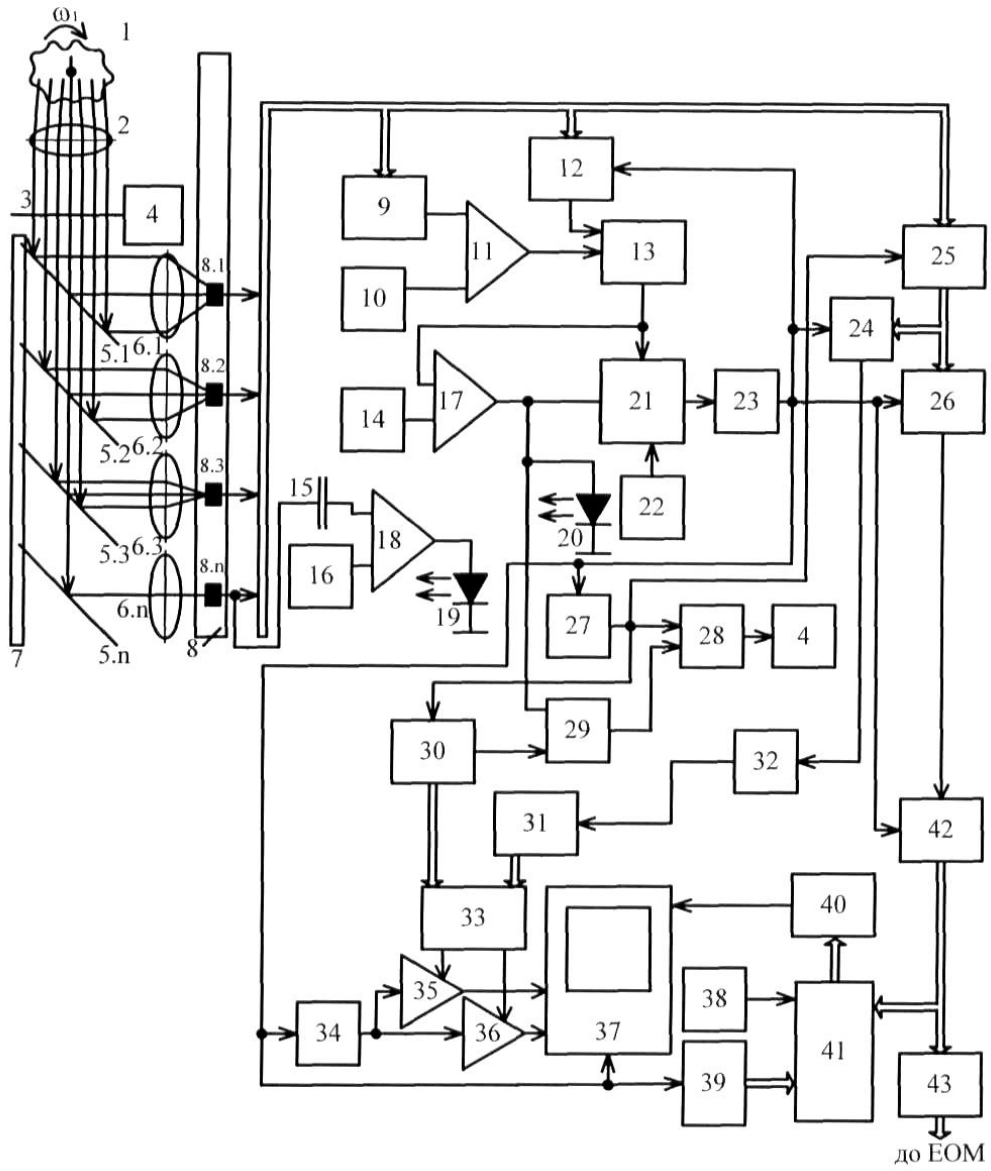
(21) Номер заявки: u 2018 09592	(72) Винахідник(и): Грабко Володимир Віталійович (UA), Грабко Валентин Володимирович (UA), Бартецький Андрій Анатолійович (UA), Здітовецький Юрій Сергійович (UA)
(22) Дата подання заявки: 24.09.2018	
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 25.01.2019	
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 25.01.2019, Бюл.№ 2	(73) Власник(и): ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ, Хмельницьке шосе, 95, м. Вінниця, 21021 (UA)

(54) ПРИСТРІЙ ДЛЯ БЕЗКОТАКТНОГО ВИМІРЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ

(57) Реферат:

Пристрій для безконтактного вимірювання температури містить об'єktiv, діафрагму, дзеркала, інфрачервоні датчики, кроковий двигун, перетворювач частота-напруга, чотири джерела опорної напруги, три компаратори, блок порівняння швидкості, генератор напруги, що змінюється лінійно, конденсатор, два світлодіоди, два комутатори, перетворювач напруга-частота, блок обробки сигналу, буферний регістр, дільник частоти, два ключі, перший лічильник, два аналого-цифрових перетворювачі, блок обчислення, генератор напруги, що змінюється ступінчасто, два керуючі підсилювачі, постійно запам'ятовуючий блок, відеоконтрольний блок, інтерфейсний блок. Додатково введено другий лічильник, блок запуску, цифро-аналоговий перетворювач та буфер даних, причому вихід блока запуску підключений до входу буфера даних, вихідна цифрова шина якого з'єднана з вхідною цифровою шиною цифро-аналогового перетворювача, вихід якого підключений до другого входу відеоконтрольного блока, вихідна цифрова шина другого лічильника з'єднана з другою вхідною цифровою шиною буфера даних, перша вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини першого аналого-цифрового перетворювача, вхід другого лічильника з'єднаний з виходом перетворювача напруга-частота.

UA 131815 U



Корисна модель належить до безконтактної термометрії і може бути використана для вимірювання температури нерухомих об'єктів або об'єктів, що обертаються, зокрема потужних електричних машин.

Відомий пристрій для безконтактного вимірювання температури (А.С. СРСР № 1637498, М. кл. G 01 K 13/08, G 01 J 5/28, бюл. № 11, 1991), що містить об'єктив, світлодіодник, діафрагму, отвір якої являє собою сектор, доповнений круглим отвором, центр якого співпадає з вершиною сектора та головною оптичною віссю, додаткову нерухома діафрагму, діафрагмуючий отвір якої являє собою прямокутну щілину, п 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 п лінз та лінійка п інфрачервоних (14) датчиків, лінзу та ІЧ-датчик, що розташовані на оптичній вісі з додатковою нерухома діафрагмою та площиною світлорозподілу світлодіодника, 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 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 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, вхід генератора напруги, що змінюється ступінчасто, та перший вхід відеоконтрольного блока (ВКБ) підключені до виходу дільника частоти, вхід якого, а також вхід другого комутатора та перший вхід аналого-цифрового перетворювача (АЦП) з'єднані з виходом перетворювача напруга-частота, вхід якого підключений до виходу першого комутатора, виходи з другого по (n+1)-ий 14-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 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 здійснювати довготривале спостереження теплового портрета в певний момент часу діагностування об'єкта, що обумовлено необхідністю багаторазового виведення одного і того ж масиву даних для відтворення теплового зображення на екрані відеоконтрольного блока.

За найближчий аналог вибрано пристрій для безконтактного вимірювання температури (Патент № 19737 (Україна), М. кл. G 01 K 13/00, бюл. № 12, 2006), що містить об'єктив, діафрагму, отвір якої являє собою сектор, доповнений круглим отвором, центр якого співпадає з вершиною сектора та головною оптичною віссю, п 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 п лінз та лінійка п ІЧ-датчиків, 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 разом з другим входом другого компаратора підключені до виходу генератора напруги, що змінюється лінійно, перший вхід другого компаратора з'єднаний з виходом другого джерела опорної напруги, а вихід підключений до третього входу першого комутатора, до входу другого світлодіода та до першого входу другого ключа, другий вхід якого з'єднаний з виходом лічильника (в подальшому - першого 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 п 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 першого лічильника з'єднана з першою вхідною шиною ПЗБ, 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, вихід другого ключа підключений до першого входу першого ключа, вихід якого з'єднаний зі входом крокового двигуна, вал якого зв'язаний з діафрагмою, 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, другий вхід якого з'єднаний з виходом блока порівняння швидкості, вхід якого разом зі входом блока обробки сигналу підключені до виходу перетворювача напруга-частота, вихідна шина буферного регістра з'єднана з вхідною шиною блока обробки сигналу, вихід якого підключений через блок обчислення до входу другого АЦП, вихідна шина якого з'єднана з другою вхідною шиною ПЗБ, виходи n ІЧ-датчиків підключені до вхідних шин перетворювача частота-напруга та блока порівняння швидкості.

Головним недоліком даного пристрою є те, що він не дозволяє здійснювати довготривале спостереження теплового портрета в певний момент часу діагностування об'єкта, що обумовлено необхідністю багаторазового виведення одного і того ж масиву даних для відтворення теплового зображення на екрані відеоконтрольного блока.

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 здійснювати довготривале спостереження теплового портрета об'єкта в певний момент часу, що дозволяє підвищити точність візуалізації теплового стану об'єкта, а, отже, точність роботи пристрою.

Поставлена задача досягається тим, що в пристрій для безконтактного вимірювання температури, що містить об'єктів, 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, кроковий двигун, перетворювач частота-напруга, чотири джерела опорної напруги, три компаратори, блок порівняння швидкості, генератор напруги, що змінюється лінійно, конденсатор, два світлодіоди, два комутатори, перетворювач напруга-частота, блок обробки сигналу, буферний регістр, дільник частоти, два ключі, перший лічильник, два АЦП, блок обчислення, генератор напруги, що змінюється ступінчасто, два керуючі підсилювачі, ПЗБ, ВКБ, інтерфейсний блок, причому 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 разом з другим входом другого компаратора підключені до виходу генератора напруги, що змінюється лінійно, перший вхід другого компаратора з'єднаний з виходом другого джерела опорної напруги, а вихід підключений до третього входу першого комутатора, до входу другого світлодіода та до першого входу другого ключа, другий вхід якого з'єднаний з виходом першого лічильника, вхід якого, а також вхід буферного регістра та другий вхід першого ключа підключені до виходу дільника частоти, вхід якого разом зі входом генератора напруги, що змінюється ступінчасто, першим входом ВКБ, а також зі входом другого комутатора та першим входом 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, третій і четвертий входи ВКБ з'єднані відповідно з виходами першого і другого керуючих підсилювачів, перші входи яких підключені до виходу генератора напруги, що змінюється ступінчасто, вихідна шина першого лічильника з'єднана з першою вхідною шиною ПЗБ, 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, вихід другого ключа підключений до першого входу першого ключа, вихід якого з'єднаний зі входом крокового двигуна, вал якого зв'язаний з діафрагмою, 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, другий вхід якого з'єднаний з виходом блока порівняння швидкості, вхід якого разом зі входом блока обробки сигналу підключені до виходу перетворювача напруга-частота, вихідна шина буферного регістра з'єднана з вхідною шиною блока обробки сигналу, вихід якого підключений через блок обчислення до входу другого АЦП, вихідна шина якого з'єднана з другою вхідною шиною ПЗБ, виходи n ІЧ-датчиків підключені до вхідних шин перетворювача частота-напруга та блока порівняння швидкості, вихідна шина інтерфейсного блока з'єднана з колами ЕОМ, введено другий лічильник, блок запуску, цифро-аналоговий перетворювач (ЦАП) та буфер даних, причому вихід блока запуску підключений до входу буфера даних, вихідна цифрова шина якого з'єднана з вхідною цифровою шиною ЦАП, вихід якого підключений до другого входу ВКБ, вихідна цифрова шина другого лічильника з'єднана з другою вхідною цифровою шиною буфера даних, перша вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини першого АЦП, вхід другого лічильника з'єднаний з виходом перетворювача напруга-частота.

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 - 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 - перший лічильник; 31 - другий АЦП; 32 - блок обчислення; 33 - ПЗБ; 34 - генератор напруги, що змінюється ступінчасто; 35, 36 - перший і другий керуючі підсилювачі; 37 - ВКБ; 38 - блок запуску; 39 - другий лічильник; 40 - ЦАП; 41 - буфер даних; 42 - перший АЦП; 43 - інтерфейсний блок, причому об'єктив 2 розташований 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, n дзеркал 5.1-5. n , 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 n лінз 6.1-6. n та лінійка 7 n ІЧ-датчиків 8.1-8. n , вихід n -го ІЧ-датчика 8. n 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 разом з другим входом другого компаратора 17 підключені до виходу генератора напруги, що змінюється лінійно, 13, перший вхід другого компаратора 17 з'єднаний з виходом другого джерела опорної напруги 14, а вихід підключений до третього входу першого комутатора 21, до входу другого світлодіода 20 та до першого входу другого ключа 29, другий вхід якого з'єднаний з виходом першого лічильника 30, вхід якого, а також вхід буферного регістра 25 та другий вхід першого ключа 28 підключені до виходу дільника частоти 27, вхід якого разом зі входом генератора напруги, що змінюється ступінчасто, 34, першим входом ВКБ 37, а також зі входом другого комутатора 26 та першим входом першого АЦП 42 з'єднані з виходом перетворювача напруга-частота 23, вхід якого підключений до виходу першого комутатора 21, виходи n ІЧ-датчиків 8.1-8. n 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 42, вихідна шина якого підключена до вхідної шини інтерфейсного блока 43, третій і четвертий входи ВКБ 37 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 першого 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, другий вхід якого з'єднаний з виходом блока порівняння швидкості 12, вхід якого разом зі входом блока обробки сигналу 24 підключені до виходу перетворювача напруга-частота 23, вихідна шина буферного регістра 25 з'єднана з вхідною шиною блока обробки сигналу 24, вихід якого підключений через

блок обчислення 32 до входу другого АЦП 31, вихідна шина якого з'єднана з другою вхідною шиною ПЗБ 33, виходи n ІЧ-датчиків 8.1-8. n підключені до вхідних шин перетворювача частота-напруга 9 та блока порівняння швидкості 12, вихідна шина інтерфейсного блока 43 з'єднана з колами ЕОМ, вихід блока запуску 38 підключений до входу буфера даних 41, вихідна цифрова шина якого з'єднана з вхідною цифровою шиною ЦАП 40, вихід якого підключений до другого входу ВКБ 37, вихідна цифрова шина другого лічильника 39 з'єднана з другою вхідною цифровою шиною буфера даних 41, перша вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини першого АЦП 42, вхід другого лічильника 39 з'єднаний з виходом перетворювача напруга-частота 23.

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

Області, що виділяються на тепловому зображенні контрольованого об'єкта за допомогою n дзеркал 5.1-5. n , є концентричними сегментами круга. Оскільки ці дзеркала встановлені на оптичній лінійці 7 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 8.1-8. n надходить потік інфрачервоного випромінювання, що відповідає зображенням n сегментів всього зображення контрольованого об'єкта 1. Фіксуючи 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 кругу форму і за відсутності радіального биття потік інфрачервоного випромінювання, що потрапляє на ІЧ-датчик 8. n , є постійним при обертанні діафрагми 3. За наявності радіального биття наведена формула приймає вигляд $N=m \cdot n$.

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 першого лічильника 30 та буферного регістра 25. З такою частотою здійснюється запис інформації в буферний регістр 25, яка надходить з ІЧ-датчиків 8.1-8. n 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 42 та ВКБ 37, а також на вхід генератора напруги, що змінюється ступінчасто, 34. 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 теплове 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_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 33 сигнали надходять з першого лічильника 30, коефіцієнт перерахунку якого дорівнює t . Одночасно потік інформації з виходу другого комутатора 26 потрапляє також в буфер даних 41 через перший АЦП 42. Під управлінням другого лічильника 39 інформація послідовно розміщується в буфері даних 41 і через ЦАП 40 перетворюється в аналогову форму та подається на вхід ВКБ 37. В результаті на екрані ВКБ 37 при наявності одного інформаційного сигналу, двох сигналів розгортки та сигналу з виходу перетворювача напруга-частота 23 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 напруги 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

$$f \cdot n = \frac{\omega}{2\pi} \cdot n \cdot m$$

чередування імпульсів, де ω - циклічна частота обертання 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 42, з якого через інтерфейсний блок 43 подається в кола ЕОМ.

На вхід крокового двигуна 4 через перший ключ 28 надходить імпульсний сигнал з частотою

$$f = \frac{\omega}{2\pi} \cdot m$$

чередування імпульсів. При цьому діафрагма 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 першого лічильника 30. На виході останнього, де формується сигнал переноса і який з'єднаний 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 $j\beta$. Коли здійснено сканування n точок, що лежать на радіусі R_j , по сигналу першого 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 r 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.

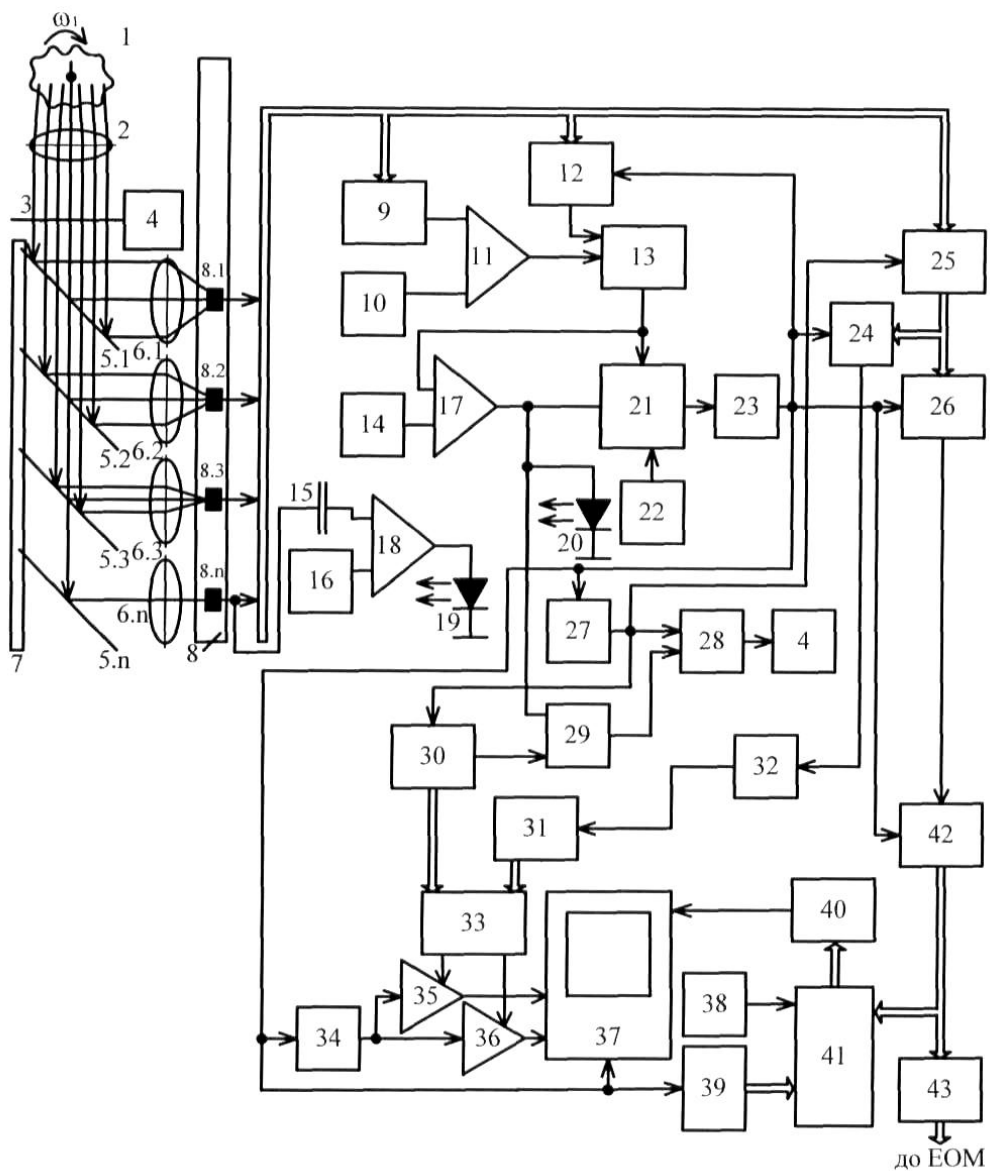
Нагадаємо, що потік інформації з виходу другого комутатора 26 про теплове зображення об'єкта потрапляє в буфер даних 41 через перший АЦП 42 в цифровій формі. Під управлінням другого лічильника 39 інформація послідовно розміщується в буфері даних 41. Розмір буфера може бути різним, але не меншим, ніж для розміщення в ньому інформації про теплове зображення об'єкта, що отримується за один оберт діафрагми 3. В подальшому цей потік інформації через ЦАП 40 перетворюється в аналогову форму та подається на вхід ВКБ 37.

У випадку, коли необхідно відстежити фрагмент теплового зображення, який може мати інтерес для додаткового дослідження, сигналом з блока запуску 38 буфер даних 41 переводиться в режим повторного неперервного зчитування записаної в ньому інформації з подальшим її виведенням через ЦАП 40 на вхід ВКБ 37. Цей процес продовжується до тих пір, поки активним є сигнал з виходу блока запуску 38.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Пристрій для безконтактного вимірювання температури, що містить об'єктів, 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 осі з якими встановлені n лінз та лінійка n інфрачервоних датчиків, кроковий двигун, перетворювач частота-напруга, чотири джерела опорної напруги, три компаратори, блок порівняння швидкості, генератор напруги, що змінюється лінійно, конденсатор, два світлодіоди, два комутатори, перетворювач напруга-частота, блок обробки сигналу, буферний регістр, дільник частоти, два ключі, перший лічильник, два аналого-цифрових перетворювачі, блок обчислення, генератор напруги, що змінюється ступінчасто, два керуючі підсилювачі, постійно запам'ятовуючий блок, відеоконтрольний блок, інтерфейсний блок, причому вихід n -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 разом з другим входом другого компаратора підключені до виходу генератора напруги, що змінюється лінійно, перший вхід другого компаратора з'єднаний з виходом другого джерела опорної напруги, а вихід підключений до третього входу першого комутатора, до входу другого світлодіода та до першого входу другого ключа, другий вхід якого з'єднаний з виходом першого лічильника, вхід якого, а також вхід буферного регістра та другий вхід першого ключа підключені до виходу дільника частоти, вхід якого разом зі входом генератора напруги, що змінюється ступінчасто, першим входом відеоконтрольного блока, а також зі входом другого комутатора та першим входом першого аналого-цифрового перетворювача з'єднані з виходом перетворювача напруга-частота, вхід якого підключений до виходу першого комутатора, виходи n 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, третій і четвертий входи відеоконтрольного блока з'єднані відповідно з виходами першого і другого керуючих підсилювачів, перші входи яких підключені до виходу генератора напруги, що змінюється ступінчасто, вихідна шина першого лічильника з'єднана з першою вхідною шиною постійно 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, 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, другий вхід якого з'єднаний з виходом блока порівняння швидкості, вхід якого разом зі входом блока обробки сигналу підключені до виходу перетворювача напруга-частота, вихідна шина буферного регістра з'єднана з вхідною шиною блока обробки сигналу, вихід якого підключений через блок обчислення до входу другого аналого-цифрового перетворювача, вихідна шина якого з'єднана з другою вхідною шиною постійно запам'ятовуючого блока, виходи n інфрачервоних датчиків підключені до вхідних шин перетворювача частота-напруга та блока порівняння швидкості, вихідна шина інтерфейсного блока з'єднана з колами ЕОМ, який **відрізняється** тим, що в нього введено другий лічильник, блок запуску, цифро-аналоговий перетворювач та буфер даних, причому вихід блока запуску підключений до входу буфера даних, вихідна цифрова шина якого з'єднана з вхідною цифровою шиною цифро-аналогового перетворювача, вихід якого підключений до другого входу відеоконтрольного блока, вихідна цифрова шина другого лічильника з'єднана з другою вхідною цифровою шиною буфера даних, перша вхідна цифрова шина якого підключена до вхідної цифрової шини першого аналого-цифрового перетворювача, вхід другого лічильника з'єднаний з виходом перетворювача напруга-частота.



Комп'ютерна верстка І. Мироненко

Міністерство економічного розвитку і торгівлі України, вул. М. Грушевського, 12/2, м. Київ, 01008, Україна

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601