



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **154444** (13) **U**  
(51) МПК  
**G01K 13/08** (2006.01)

НАЦІОНАЛЬНИЙ ОРГАН  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ  
ДЕРЖАВНА ОРГАНІЗАЦІЯ  
"УКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ  
ОФІС ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ ТА ІННОВАЦІЙ"

## (12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

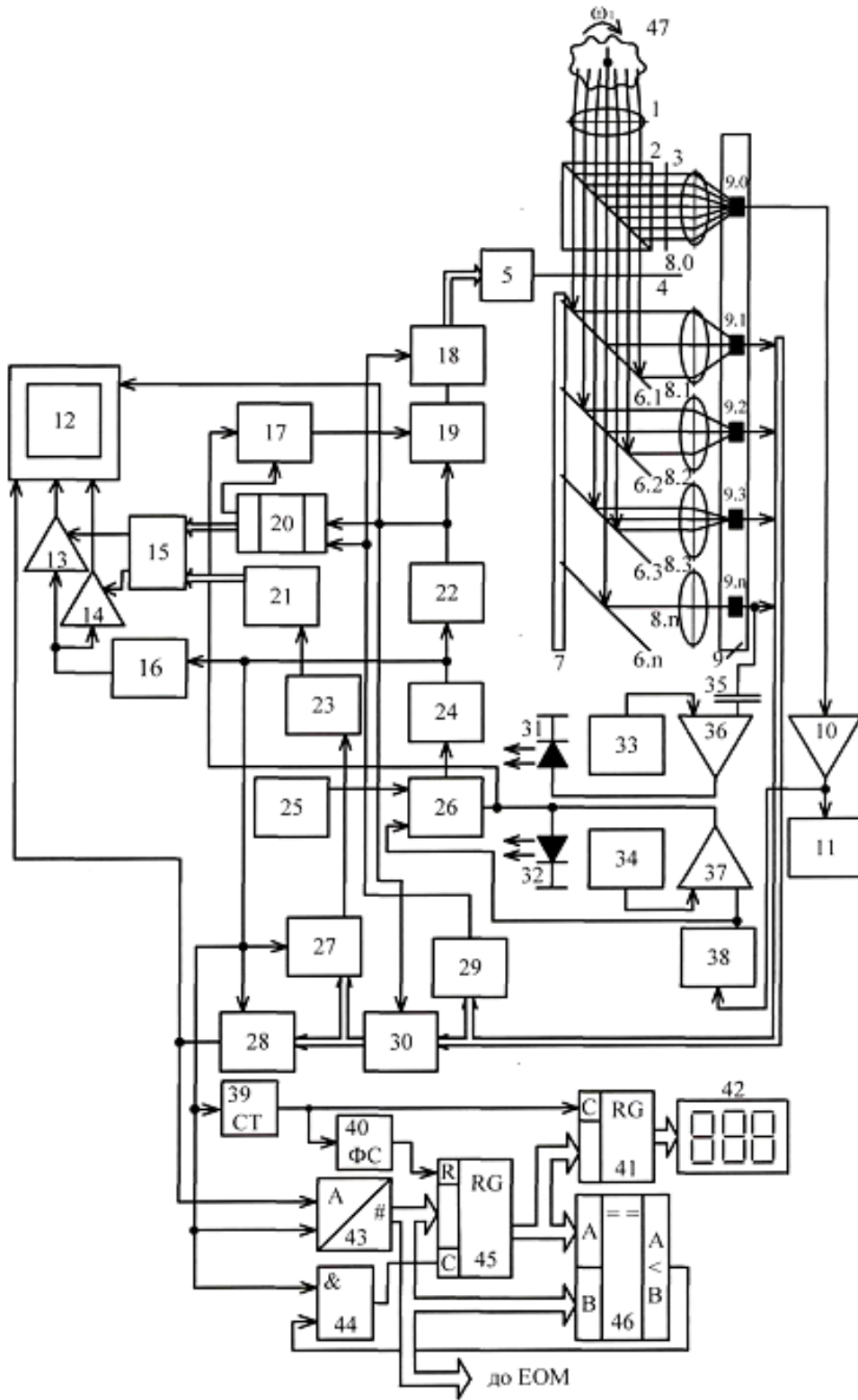
(21) Номер заявки: <b>u 2023 01712</b>	(72) Винахідник(и): <b>Грабко Володимир Віталійович (UA), Грабко Валентин Володимирович (UA), Проценко Дмитро Петрович (UA), Киравчук Олександр Валерійович (UA)</b>
(22) Дата подання заявки: <b>17.04.2023</b>	
(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: <b>16.11.2023</b>	
(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію: <b>15.11.2023, Бюл.№ 46</b>	(73) Володілець (володільці): <b>ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ, вул. Хмельницьке шосе, 95, м. Вінниця, 21021 (UA)</b>

## (54) ПРИСТРІЙ ДЛЯ БЕЗКОНТАКТНОГО ВИМІРЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ

### (57) Реферат:

Пристрій для безконтактного вимірювання температури містить об'єктив, світлоділнийк, діафрагму, отвір якої являє собою сектор, доповнений круглим отвором, центр якого збігається 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 світлоділнийка, кроковий двигун, підсилювач, частотомір, відеоконтрольний блок, два керуючі підсилювачі, постійно запам'ятовуючий блок, генератор напруги, що змінюється ступінчасто, два ключі, три комутатори, лічильник перший лічильник, два аналого-цифрові перетворювачі, ділнийк частоти, блок обчислення, перетворювач напруга-частота, три джерела опорної напруги, блок обробки сигналу, блок визначення напрямку обертання, буферний регістр, два світлодіоди, конденсатор, два компаратори, перетворювач частота-напруга. Додатково введено другий лічильник, формувач сигналу, елемент I, два регістри, цифровий компаратор та цифровий індикатор.

UA 154444 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 (Патент № 19736 (Україна), М. кл. G 01 K 13/00, бюл. № 12, 2006), що містить об'єктив, світлодільник, діафрагму, отвір якої являє собою сектор, доповнений круглим отвором, центр якого збігається з вершиною сектора та головною оптичною віссю, додаткову нерухома діафрагму, діафрагмуючий отвір якої являє собою прямокутну щілину,  $n$  дзеркал, закріплених на оптичній лінійці таким чином, що їх площини утворюють кут  $45^\circ$  з головною оптичною віссю, діафрагмуючі отвори дзеркал являють собою еліпси, на одній оптичній осі з якими встановлені  $n$  лінз та лінійка  $n$  інфрачервоних (ІЧ) датчиків, лінзу та ІЧ-датчик, що розташовані на оптичній осі з додатковою нерухома 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, 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 виходу другого компаратора, другий вхід другого ключа з'єднаний з виходом лічильника, вхід якого, а також другий вхід першого ключа, вхід буферного регістра та перший вхід відеоконтрольного блока (ВКБ) підключені до виходу дільника частоти, вхід якого, а також вхід другого комутатора та перший вхід першого аналого-цифрового перетворювача (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 першою вхідною шиною постійно 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, 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.

Головним недоліком даного пристрою є те, що він не дозволяє визначати найбільше значення температури теплових полів, наприклад, обмоток потужних електричних машин, що звужує функціональні можливості пристрою в задачі спостереження за об'єктами, що обертаються, зокрема потужними електричними машинами.

За близький аналог вибрано пристрій для безконтактного вимірювання температури (Патент № 50124 (Україна), М. кл. G 01 K 13/00, бюл. № 10, 2010), що містить об'єктив, світлодільник, діафрагму, отвір якої являє собою сектор, доповнений круглим отвором, центр якого збігається з вершиною сектора та головною оптичною віссю, додаткову нерухома діафрагму, діафрагмуючий отвір якої являє собою прямокутну щілину,  $n$  дзеркал, закріплених на оптичній лінійці таким чином, що їх площини утворюють кут  $45^\circ$  з головною оптичною віссю, діафрагмуючі отвори дзеркал являють собою еліпси, на одній оптичній осі з якими встановлені  $n$  лінз та лінійка  $n$  інфрачервоних (ІЧ) датчиків, лінзу та ІЧ-датчик, що розташовані на оптичній осі з додатковою нерухома діафрагмою та площиною світлорозподілу світлодільника, кроковий двигун, підсилювач, частотомір, відеоконтрольний блок (ВКБ), два керуючі підсилювачі, постійно запам'ятовуючий блок (ПЗБ), генератор напруги, що змінюється ступінчасто, два ключі, три комутатори, лічильник (в подальшому - перший лічильник), два аналого-цифрові перетворювачі (АЦП), дільник частоти, блок обчислення, перетворювач напруга-частота, три джерела опорної напруги, інтерфейсний блок, блок обробки сигналу, блок визначення напрямку обертання, буферний регістр, два світлодіоди, конденсатор, два компаратори, перетворювач частота-напруга, причому 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, вал крокового двигуна 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 світло діода, вихід третього джерела опорної напруги з'єднаний з першим входом першого комутатора, третій вхід якого підключений до виходу другого компаратора, другий вхід другого ключа з'єднаний з виходом першого лічильника, перший 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, виходи з другого по (n+1)-ий ІЧ-датчиків з'єднані з вхідною шиною буферного регістра, вихідна шина якого підключена до вхідної шини другого комутатора, вихід якого з'єднаний з другим входом першого АЦП, вихідна шина якого підключена до вхідної шини інтерфейсного 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 виходи якого підключені відповідно до других входів першого і другого керуючих підсилювачів, виходи першого та другого світлодіодів з'єднані з загальною шиною, 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, виходи з другого по (n+1)-ий ІЧ-датчиків з'єднані зі вхідною шиною блока визначення напрямку обертання, вихід якого підключений до других входів першого лічильника та третього комутатора, вихідна цифрова шина якого з'єднана зі вхідною цифровою шиною крокового двигуна, а перший вхід підключений до виходу першого ключа.

Головним недоліком даного пристрою є те, що він не дозволяє визначати найбільше значення температури теплових полів, наприклад, обмоток потужних електричних машин, що звужує функціональні можливості пристрою в задачі спостереження за об'єктами, що обертаються, зокрема потужними електричними машинами.

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 визначати найбільше значення температури теплових полів, наприклад, обмоток потужних електричних машин, що розширює функціональні можливості пристрою в задачі спостереження за об'єктами, що обертаються, зокрема потужними електричними машинами.

Поставлена задача вирішується тим, що в пристрій для безконтактного вимірювання температури, що містить об'єктів, світлодільник, діафрагму, отвір якої являє собою сектор, доповнений круглим отвором, центр якого збігається 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  $45^\circ$  з головною оптичною віссю, діафрагмуючі отвори дзеркал являють собою еліпси, на одній оптичній осі з якими встановлені n лінз та лінійка n ІЧ-датчиків, лінзу та ІЧ-датчик, що розташовані на оптичній осі з додатковою нерухомою діафрагмою та площиною світлорозподілу світлодільника, кроковий двигун, підсилювач, частотомір, ВКБ, два керуючі підсилювачі, ПЗБ, генератор напруги, що змінюється ступінчасто, два ключі, три комутатори, лічильник перший лічильник, два АЦП, дільник частоти, блок обчислення, перетворювач напруга-частота, три джерела опорної напруги, блок обробки сигналу, блок визначення напрямку обертання, буферний регістр, два світлодіоди, конденсатор, два компаратори, перетворювач частота-напруга, причому 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, вал крокового двигуна 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 виходу другого компаратора, другий вхід  
 5 другого ключа з'єднаний з виходом першого лічильника, перший 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, виходи з другого по (n+1)-ий ІЧ-датчиків з'єднані з вхідною шиною буферного  
 10 регістра, вихідна шина якого підключена до вхідної шини другого комутатора, вихід якого з'єднаний з другим входом першого АЦП, 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  
 15 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, 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, виходи з другого по (n+1)-ий ІЧ-датчиків з'єднані зі вхідною шиною блока визначення напрямку обертання, вихід якого підключений до других входів першого лічильника та третього комутатора, вихідна цифрова шина якого з'єднана зі вхідною цифровою шиною крокового двигуна, а перший вхід підключений до виходу першого ключа, згідно з корисною моделлю, введено другий лічильник, формувач сигналу, елемент І, два регістри, цифровий компаратор та цифровий індикатор, причому вихідна цифрова шина першого АЦП з'єднана з вхідною цифровою шиною першого регістра, вихідна цифрова шина якого підключена до вхідної цифрової шини другого регістра та до першої вхідної цифрової шини цифрового компаратора, друга вхідна цифрова шина якого з'єднана з вихідною цифровою шиною першого АЦП, а вихід підключений до другого входу елемента І, перший вхід якого разом з входом другого лічильника з'єднані з виходом перетворювача напруга-частота, вихід елемента І підключений до першого входу першого регістра, другий вхід якого з'єднаний з виходом формувача сигналу, вхід якого разом зі входом другого регістра підключені до виходу другого лічильника, вихідна цифрова шина другого регістра з'єднана з вхідною цифровою шиною цифрового індикатора, вихідна цифрова шина першого АЦП підключена до ЕОМ.

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

На схемі: 1 - об'єкти; 2 - світлодіод; 3 - додаткова нерухома діафрагма; 4 - діафрагма; 5 - кроковий двигун; 6-п 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 - другий ключ; 18 - третій комутатор; 19 - перший ключ; 20 - перший лічильник; 21 - другий аналого-цифровий перетворювач (АЦП); 22 - дільник частоти; 23 - блок обчислення; 24 - перетворювач напруга-частота; 25 - третє джерело опорної напруги; 26 - перший комутатор;  
 45 27 - блок обробки сигналу; 28 - другий комутатор; 29 - блок визначення напрямку обертання; 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 - другий лічильник; 40 - формувач сигналу; 41 - другий регістр; 42 - цифровий індикатор; 43 - перший аналого-цифровий перетворювач (АЦП); 44 - елемент І; 45 - перший регістр; 46 - цифровий компаратор; 47 - об'єкт контролю, причому діафрагма 4 являє собою сектор, доповнений круглим отвором, центр якого збігається з вершиною сектора та головною оптичною віссю, діафрагмуючий отвір додаткової нерухокої діафрагми 3 являє собою прямокутну щілину, п дзеркал 6.1, 6.2, ... 6.п, закріплені на оптичній лінійці 7 таким чином, що їх площини утворюють кут 45° з головною оптичною віссю, діафрагмуючі отвори дзеркал 6.1, 6.2, ... 6.п являють собою еліпси, на одній оптичній осі з якими встановлені п лінз 8.1, 8.2, ... 8.п та лінійка 9 п ІЧ-датчиків 9.1, 9.2, ... 9.п, лінза 8.0 та ІЧ-датчик 9.0 розташовані на оптичній осі з додатковою нерухокою діафрагмою 3 та площиною світлорозподілу світлодіодника 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  
 60 других входів першого комутатора 26 та другого компаратора 37, перший вхід якого з'єднаний з

виходом другого джерела опорної напруги 34, а вихід підключений до входу другого світлодіоду 32 та до першого входу другого ключа 17, вихід якого з'єднаний з першим входом першого ключа 19, вал крокового двигуна 5 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 25 з'єднаний з першим входом першого комутатора 26, третій вхід якого підключений до виходу другого компаратора 37, другий вхід другого ключа 17 з'єднаний з виходом першого лічильника 20, перший вхід якого, а також другий вхід першого ключа 19, вхід буферного регістра 30 та перший вхід ВКБ 12 підключені до виходу дільника частоти 22, вхід якого, а також вхід другого комутатора 28 та перший вхід першого АЦП 43 з'єднані з виходом перетворювача напруга-частота 24, вхід якого підключений до виходу першого комутатора 26, 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 28, вихід якого з'єднаний з другим входом першого АЦП 43, вихід другого комутатора 28 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 першого лічильника 20 з'єднана з першою вхідною шиною ПЗБ 15, перший і другий входи якого підключені 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 27, вихід якого з'єднаний з входом блока обчислення 23, вихід якого підключений до входу другого АЦП 21, вихідна шина якого з'єднана з другою вхідною шиною ПЗБ 15, вихід перетворювача напруга-частота 24 підключений до входів блока обробки сигналу 27 та генератора напруги, що змінюється ступінчасто, 16, виходи з другого 9.1 по (n+1)-ий 9.n ІЧ-датчиків з'єднані зі вхідною шиною блока визначення напрямку обертання 29, вихід якого підключений до других входів першого лічильника 20 та третього комутатора 18, вихідна цифрова шина якого з'єднана зі вхідною цифровою шиною крокового двигуна 5, а перший вхід підключений до виходу першого ключа 19, вихідна цифрова шина першого АЦП 43 з'єднана з вхідною цифровою шиною першого регістра 45, вихідна цифрова шина якого підключена до вхідної цифрової шини другого регістра 41 та до першої вхідної цифрової шини цифрового компаратора 46, друга вхідна цифрова шина якого з'єднана з вихідною цифровою шиною першого АЦП 43, а вихід підключений до другого входу елемента І 44, перший вхід якого разом з входом другого лічильника 39 з'єднані з виходом перетворювача напруга-частота 24, вихід елемента І 44 підключений до першого входу першого регістра 45, другий вхід якого з'єднаний з виходом формувача сигналу 40, вхід якого разом зі входом другого регістра 41 підключені до виходу другого лічильника 39, вихідна цифрова шина другого регістра 41 з'єднана з вхідною цифровою шиною цифрового індикатора 42, вихідна цифрова шина першого АЦП 43 підключена до ЕОМ.

Запропонований пристрій працює так. Потік інфрачервоного випромінювання, що створюється поверхнею контрольованого об'єкта 47, що знаходиться на деякій відстані від оптичної системи пристрою, потрапляє на об'єкти 1, який перетворює його у випромінювання з променями, паралельними головній оптичній осі.

Перетворений таким чином потік попадає на світлодіодний 2, який призначений для ділення потоку ІЧ-випромінювання на кілька частин. Перша частина випромінювання проходить через додаткову нерухому діафрагму 3, діафрагмуючий отвір якої являє собою прямокутну щілину, і використовується для визначення стану об'єкта контролю 47, а саме обертається він чи знаходиться в спокої. Друга частина випромінювання використовується для визначення температури N точок контрольованого об'єкта 47 і контролю наявності радіальних биттів.

Області, що виділяються на тепловому зображенні контрольованого об'єкта 47 за допомогою n дзеркал 6.1, 6.2, ... 6.n, є концентричними сегментами. Однак, як відомо, перетин циліндра площиною під кутом  $45^\circ$  є еліпсом, отже, діафрагмуючі отвори дзеркал 6.1, 6.2...6.n, що розташовані під кутом  $45^\circ$ , повинні мати форму еліпса. Оскільки ці діафрагмуючі отвори концентричні, то при повному повороті діафрагми 4 навколо осі 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 47. Фіксуючи положення діафрагмуючого отвору діафрагми 4 у m положеннях і здійснюючи її обертання за допомогою крокового двигуна 5, отримуємо інформацію про температуру  $N=m \cdot (n-1)+1$  точок контрольованого об'єкта 47. 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 світлоділяника 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 22. Таким чином, на  $n$  дзеркал 6.1, 6.2, ... 6. $n$ , потрапляє лише частина зображення контрольованого об'єкта 47. Випромінювання, що пройшло через секторний отвір діафрагми 4, приймається інфрачервоним приймачем 9. При цьому теплове зображення розбивається на  $n$  частин, кожна з яких приймається окремим сенсором 9 <sub>$i$</sub> , де  $i = 1, n$ . При обертанні діафрагми 4 навколо центра, який збігається з головною оптичною віссю, сканується все теплове поле об'єкта контролю 47. 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 47  $\omega=0$ , тобто об'єкт контролю 47 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 47. 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 26, який підключає вихід третього джерела опорної напруги 25 до виходу перетворювача напруга-частота 24. На вхід перетворювача напруга-частота 24 з виходу третього джерела опорної напруги 25 надходить постійна напруга. При цьому на виході останнього формуються імпульси з частотою  $f_1 \cdot n$ , які надходять на входи другого комутатора 28, генератора напруги, що змінюється ступінчасто, 16 та дільника частоти 22, який має коефіцієнт ділення  $n$ . На виході останнього формуються імпульсні сигнали з частотою чергування  $f_1$ , які через замкнений перший ключ 19 (на перший вхід першого ключа 19 поступає сигнал логічного нуля з виходу другого ключа 17), через третій комутатор 18 подаються на кроковий двигун 5, частота обертання якого визначається формулою  $\omega = 2\pi \cdot m \cdot f_1$ , де  $m = \frac{360}{\beta}$ ,  $\beta$  - мінімальний кут повороту, що утворюється при подачі

одного керуючого імпульсу на третій комутатор 18 крокового двигуна 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 47. Електричні сигнали, амплітуди яких пропорційні температурі елементарних ділянок поверхні об'єкта, з виходів  $n$  ІЧ-датчиків 9.1, 9.2, ... 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 22. Другим комутатором 28 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 28 потрапляє на другий вхід ВКБ 12, а також на другий вхід першого АЦП 43, на перший вхід якого подається сигнал з виходу перетворювача напруга-частота 24. Вхідний сигнал першого АЦП 43 перетворюється на його виході в цифрову форму.

На виході дільника частоти 22 формуються імпульси з частотою  $f_1$  що надходять на вхід буферного регістра 30, на перший вхід ВКБ 12 та перший вхід першого лічильника 20, 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  $R_i \cdot \sin\phi_i$  та  $R_j \cdot \cos\phi_j$  відповідно, де  $R_1$  - радіус,  $\phi_j$  - кут координати елементарної ділянки поверхні контрольованого об'єкта 47 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 першого лічильника 20, коефіцієнт перерахунку якого дорівнює  $t$ . В результаті на екрані ВКБ 12 при наявності одного інформаційного сигналу, двох сигналів розгортки та сигналу з виходу дільника частоти 22 формується зображення, що відповідає тепловому полю контрольованого об'єкта 47.

У випадку, коли немає можливості сумістити оптичну вісь пристрою та геометричну вісь об'єкта контролю, тобто, коли спостереження проводиться під певним кутом до геометричної осі контрольованого об'єкта 47, 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 осі системи координат,  $a$ ,  $b$  - горизонтальна і вертикальна півосі еліпса відповідно, причому  $a=R$ , де  $R$  - радіус кола контрольованого об'єкта.

Перейдемо у полярну систему координат, використавши формули

$$x = r \cdot \cos \varphi,$$

$$y = r \cdot \sin \varphi,$$

де  $r$  - "радіус" еліпса,  $\varphi$  - кут повороту радіуса  $r$ .

Підставимо (2) в (1) та отримаємо вираз

$$\frac{r^2 \cos^2 \varphi}{a^2} + \frac{r^2 \sin^2 \varphi}{b^2} = 1 \quad (3)$$

Отже, тепер, маючи в будь-який момент часу параметри кута повороту  $\varphi$  діафрагми, меншу піввісь еліпса  $b$  та відстань від центра еліпса до його краю ("радіус" еліпса), можна відновити реальний радіус спотвореного кола.

Це реалізовано в блоці обробки сигналу 27, який фіксує кут  $\varphi$ , параметри  $b$  і  $r$  та передає їх в блок обчислення 23, в якому за формулою (3) визначається дійсний радіус спотвореного кола.

Вихідний сигнал блока обчислення 23 за допомогою другого АЦП 21 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 47  $\omega \neq 0$ , тобто він обертається, то на виході перетворювача частота-напруга 38 з'являється напруга, пропорційна частоті обертання об'єкта контролю 47. Сигнал напруги з виходу перетворювача частота-напруга 38 надходить на другі входи другого компаратора 37 і першого комутатора 26. Оскільки цей сигнал перевищує рівень опорного, то на виході другого компаратора 37 з'являється сигнал логічної одиниці, що надходить на третій вхід першого комутатора 26, на перший вхід другого ключа 17, який при цьому замикається, і на вхід другого світлодіода 32, викликаючи його ввімкнення. При цьому другий вхід першого комутатора 26 підключається до входу перетворювача напруга-частота 24. На виході останнього формуються імпульси з частотою  $f_2 \cdot n$ . Запис інформації про об'єкт контролю 47 та виведення останньої на ВКБ 12 здійснюється аналогічно раніше описаному, окрім того, що частота на виході напруга-частота 24 є пропорційною швидкості обертання.

На вхід крокового двигуна 5 через перший ключ 19 та третій комутатор 18 надходять імпульси з частотою  $f_2$ . При цьому кроковий двигун 5 обертає діафрагму 4 з швидкістю обертання  $\omega_2 = \omega$ , тобто синхронно з об'єктом контролю. За один оберт об'єкта контролю 47 вимірюється температура  $n$  точок на поверхні об'єкта контролю 47, що лежать на одній прямій, на одному  $j$ -му радіусу, де  $j=1, 2, \dots, m$  - радіуси об'єкта контролю 47. Оскільки коефіцієнт перерахунку першого лічильника 20 дорівнює  $m$ , то після здійснення повного повороту діафрагми 4 на виході першого лічильника 20 виникає імпульс тривалістю  $1/f_2$ , який через замкнений другий ключ 17 надходить на керуючий вхід першого ключа 19, розмикаючи його на час  $1/f_2$ . В цей момент діафрагма 4 зупиняється, а об'єкт контролю 47 відносно діафрагмуючого отвору діафрагми 4 встигає повернутися на кут  $\beta$ , 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 47. Таким чином, послідовно здійснюється сканування всього теплового поля об'єкта контролю 47 та відповідна інформація відображається на екрані ВКБ 12. Інформація, що відповідає температурному розподілу, формується на виході першого АЦП 43.



В разі зміни напрямку обертання контрольованого об'єкта 47 на виході блока визначення напрямку обертання 29 з'являється сигнал логічної одиниці, яким змінюється алгоритм роботи третього комутатора 18 та першого лічильника 20. При появі на другому вході третього комутатора 18 сигналу логічної одиниці кроковий двигун 5 обертає діафрагму 4 в протилежному напрямку. Формування розгортки зображення на екрані ВКБ 12 також здійснюється в протилежному напрямку, оскільки на другий вхід першого лічильника 20 подається сигнал логічної одиниці. Робота інших блоків пристрою залишається без змін.

При наявності радіальних биттів, з виходу ІЧ-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 ввімкнення або мерехтіння, що свідчить про наявність радіальних биттів в об'єкті контролю 47.

Визначення найбільш нагрітої точки об'єкта дослідження в процесі його роботи відбувається наступним чином. Послідовність сигналів з виходу другого комутатора 28 потрапляє на другий вхід першого АЦП 43, в якому по сигналу з виходу перетворювача напруга-частота 24 здійснюється їх перетворення в цифровий код. По закінченню першого перетворення в цифровому компараторі 46 здійснюється порівняння цифрового коду з виходу першого АЦП 43 та нульового коду, записаного в першому регістрі 45. При цьому на виході цифрового компаратора 46 з'являється сигнал логічної одиниці, яким відкривається елемент І 44 і по сигналу з виходу перетворювача напруга-частота 24 цифровий код з виходу першого АЦП 43 записується в перший регістр 45. При черговому циклі аналого-цифрового перетворення на виході першого АЦП 43 з'являється цифровий код, який порівнюється з кодом, записаним в першому регістрі 45. І якщо цифровий код на виході першого АЦП 43 перевищує код, записаний в першому регістрі 45, то відбувається перезапис коду в перший регістр 45. Таким чином в процесі аналого-цифрового перетворення сигналів, що відповідають температурі різних точок об'єкта дослідження, в першому регістрі 45 зберігається код, що відповідає найвищій температурі об'єкта дослідження. По завершенню повного оберту досліджуваного об'єкта на виході другого лічильника 39, коефіцієнт ділення якого дорівнює  $N$ , з'являється імпульс, яким інформація з першого регістра 45 переписується в другий регістр 41 та виводиться на цифровий індикатор 42. По задньому фронту зазначеного імпульсу на виході формувача сигналу 40 з'являється короткий імпульс, яким перший регістр 45 обнулюється.

Зауважимо, що цифровий код з виходу першого АЦП 43 передається в ЕОМ для подальшої обробки.

#### ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Пристрій для безконтактного вимірювання температури, що містить об'єktiv, світлоділньник, діафрагму, отвір якої являє собою сектор, доповнений круглим отвором, центр якого збігається 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  $45^\circ$  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 світлоділньника, кроковий двигун, підсилювач, частотомір, відеоконтрольний блок, два керуючі підсилювачі, постійно запам'ятовуючий блок, генератор напруги, що змінюється ступінчасто, два ключі, три комутатори, лічильник, перший лічильник, два аналого-цифрові перетворювачі, ділньник частоти, блок обчислення, перетворювач напруга-частота, три джерела опорної напруги, блок обробки сигналу, блок визначення напрямку обертання, буферний регістр, два світлодіоди, конденсатор, два компаратори, перетворювач частота-напруга, причому 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, вал крокового двигуна 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 до входу другого компаратора, другий вхід другого ключа з'єднаний з виходом першого

лічильника, перший вхід якого, а також другий вхід першого ключа, вхід буферного регістра та перший вхід відеоконтрольного блока підключені до виходу дільника 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  $(n+1)$ -й 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, 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 першого лічильника з'єднана з першою вхідною шиною постійно 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, 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 постійно запам'ятовуючого блока, вихід перетворювача напруга-частота підключений до входів блока обробки сигналу та генератора напруги, що змінюється ступінчасто, виходи з другого по  $(n+1)$ -й інфрачервоних датчиків з'єднані зі вхідною шиною блока визначення напрямку обертання, вихід якого підключений до других входів першого лічильника та третього комутатора, вихідна цифрова шина якого з'єднана зі вхідною цифровою шиною крокового двигуна, а перший вхід підключений до виходу першого ключа, який **відрізняється** тим, що в нього введено другий лічильник, формувач сигналу, елемент І, два регістри, цифровий компаратор та цифровий індикатор, причому вихідна цифрова шина першого аналого-цифрового перетворювача з'єднана з вхідною цифровою шиною першого регістра, вихідна цифрова шина якого підключена до вхідної цифрової шини другого регістра та до першої вхідної цифрової шини цифрового компаратора, друга вхідна цифрова шина якого з'єднана з вихідною цифровою шиною першого аналого-цифрового перетворювача, а вихід підключений до другого входу елемента І, перший вхід якого разом з входом другого лічильника з'єднані з виходом перетворювача напруга-частота, вихід елемента І підключений до першого входу першого регістра, другий вхід якого з'єднаний з виходом формувача сигналу, вхід якого разом зі входом другого регістра підключені до виходу другого лічильника, вихідна цифрова шина другого регістра з'єднана з вхідною цифровою шиною цифрового індикатора, вихідна цифрова шина першого аналого-цифрового перетворювача підключена до ЕОМ.

