



УКРАЇНА

(19) UA (11) 157980 (13) U  
(51) МПК (2024.01)  
G01K 13/00

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 2024 02539</b>	(72) Винахідник(и): <b>Грабко Володимир Віталійович (UA), Грабко Валентин Володимирович (UA), Ощепков Віктор Сергійович (UA), Поліщук Володимир Леонідович (UA)</b>
(22) Дата подання заявки: <b>13.05.2024</b>	
(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: <b>19.12.2024</b>	
(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію: <b>18.12.2024, Бюл.№ 51</b>	(73) Володілець (володільці): <b>ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ, вул. Хмельницьке шосе, 95, м. Вінниця, 21021 (UA)</b>

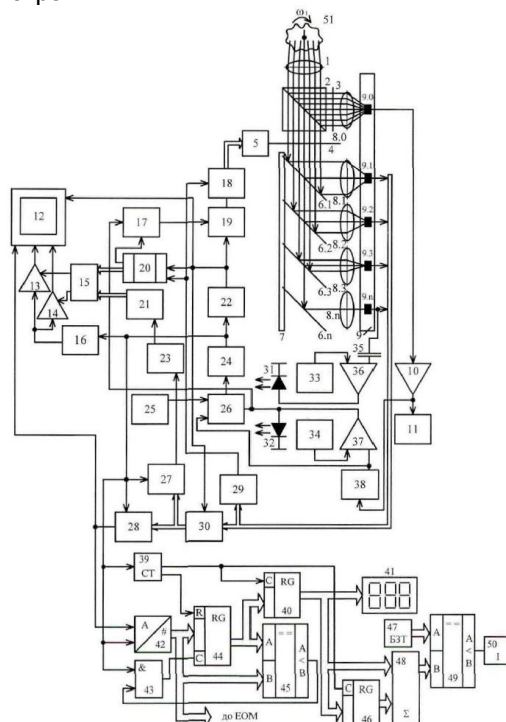
## (54) ПРИСТРІЙ ДЛЯ БЕЗКОТАКТНОГО ВИМІРЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ

### (57) Реферат:

Пристрій для безконтактного вимірювання температури, 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° 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, два лічильники, два аналого-цифрові перетворювачі, ділньник частоти, блок обчислення, перетворювач напруга-частота, три джерела опорної напруги, блок обробки сигналу, блок визначення напрямку обертання, буферний реєстр, два світлодіоди, конденсатор, два компаратори, перетворювач частота-напруга, елемент I, два реєстри, перший цифровий компаратор та цифровий індикатор. 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 виходу другого компаратора, другий вхід другого ключа з'єднаний з виходом першого лічильника, перший вхід якого, а також другий вхід першого ключа, вхід буферного реєстра та перший вхід відеоконтрольного блока підключені до виходу ділньника частоти, вхід якого, а також вхід другого комутатора та перший вхід першого аналого-цифрового перетворювача з'єднані з виходом перетворювача напруга-частота, вхід якого підключений до виходу першого комутатора. Виходи з другого по (n+1)-ий інфрачервоних датчиків з'єднані з вхідною шиною буферного реєстра, вихідна шина якого підключена до вхідної шини другого комутатора, вихід якого з'єднаний з другим входом першого аналого-цифрового перетворювача, вихід другого

UA 157980 U

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 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 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)-ий 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, 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, вхід другого регістра підключений до першого 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. В нього введено третій регістр, цифровий суматор, блок задання температури, індикатор та другий цифровий компаратор. Вихідна цифрова шина другого регістра з'єднана з першою вхідною цифровою шиною цифрового суматора та зі вхідною цифровою шиною третього регістра, вихідна цифрова шина якого підключена до другої вхідної цифрової шини цифрового суматора, вихідна цифрова шина якого з'єднана з другою вхідною цифровою шиною другого цифрового компаратора. Перша вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини блока задання температури, а вихід з'єднаний зі входом індикатора, вхід третього регістра підключений до першого виходу другого лічильника, другий вихід якого з'єднаний з другим входом першого регістра.



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

Відомий пристрій для безконтактного вимірювання температури (Патент України № 50124, МПК G 01 K 13/00, бюл. № 10, 2010), 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 нерухоому діафрагму, діафрагмуючий отвір якої являє собою прямокутну щілину, п 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 п лінз та лінійка п інфрачервоних (ІЧ) датчиків, лінзу та ІЧ-датчик, що розташовані на оптичній осі з додатковою нерухоомою діафрагмою та площиною світлорозподілу світлоділньника, кроковий двигун, підсилювач, частотомір, відеоконтрольний блок (ВКБ), два керуючі підсилювачі, постійно запам'ятовуючий блок (ПЗБ), генератор напруги, що змінюють ступінчасто, два ключі, три комутатори, 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 реєстр, 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 (п+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, перший вхід якого, а також другий вхід першого ключа, вхід буферного реєстра 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 (п+1)-ий ІЧ-датчиків з'єднані з вхідною шиною буферного реєстра, 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 змінюють ступінчасто, вихідна шина лічильника з'єднана з першою вхідною шиною ПЗБ, перший і другий виходи якого підключені, відповідно, до других входів першого і другого керуючих підсилювачів, виходи першого та другого світлодіодів з'єднані з загальною шиною, вихідна шина буферного реєстра 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 змінюють ступінчасто, виходи з другого по (п+1)-ий ІЧ-датчиків з'єднані зі вхідною шиною блока визначення напрямку обертання, вихід якого підключений до других входів 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 швидкість зростання температури в точці з найбільшим значенням температури досліджуваного об'єкта, що звужує функціональні можливості пристрою в задачі спостереження за станом об'єкта.

За найбільш близький аналог вибрано пристрій для безконтактного вимірювання температури (Патент України № 154444, МПК G 01 K 13/08, бюл. № 46, 2023), 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 нерухоому діафрагму, діафрагмуючий отвір якої являє собою прямокутну щілину, п 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 п лінз та лінійка п ІЧ-датчиків, лінзу та ІЧ-датчик, що розташовані на оптичній осі з додатковою нерухоомою діафрагмою та площиною світлорозподілу світлоділньника, кроковий двигун,

підсилювач, частотомір, ВКБ, два керуючі підсилювачі, ПЗБ, генератор напруги, що змінюють ступінчасто, два ключі, три комутатори, два лічильники, 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,

5 два компаратори, перетворювач частота-напруга, формувач сигналу, елемент І, два регістри, цифровий компаратор (в подальшому - перший цифровий компаратор) та цифровий індикатор, 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

10 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

15 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

20 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

25 (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, 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 змінюють 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

30 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

35 генератора напруги, що змінюють 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

40 ключа, 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 вхідною цифровою шиною першого АЦП, а вихід підключений до другого входу

45 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.

Головним недоліком даного пристрою є те, що він не дозволяє визначати швидкість зростання температури в точці з найбільшим значенням температури досліджуваного об'єкта, що звужує функціональні можливості пристрою в задачі спостереження за станом об'єкта.

50 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 швидкість зростання температури в точці з найбільшим значенням температури досліджуваного об'єкта, що розширює функціональні можливості пристрою.

55 Поставлена задача вирішується в пристрої для безконтактного вимірювання температури, що містить об'єktiv, світлоділник, 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, п дзеркал, закріплених на оптичній лінійці таким чином, що їх площини утворюють кут 45° з

60 головною оптичною віссю, діафрагмуючі отвори дзеркал являють собою еліпси, на одній оптичній осі з якими встановлені п лінз та лінійка п ІЧ-датчиків, лінзу та ІЧ-датчик, що

розташовані на оптичній осі з додатковою нерухомою діафрагмою та площиною світлорозподілу світлоділника, кроковий двигун, підсилювач, частотомір, ВКБ, два керуючі підсилювачі, ПЗБ, генератор напруги, що змінюють ступінчасто, два ключі, три комутатори, два лічильники, 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, елемент І, два регістри, перший цифровий компаратор та цифровий індикатор, 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 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, 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 змінюють 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 змінюють 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, 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 вхідною 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, вхід другого регістра підключений до першого виходу другого лічильника, вихідна цифрова шина другого регістра з'єднана з вхідною цифровою шиною цифрового індикатора, вихідна цифрова шина першого АЦП підключена до ЕОМ, згідно з корисною моделлю введено третій регістр, цифровий суматор, блок задання температури, індикатор та другий цифровий компаратор, причому вихідна цифрова шина другого регістра з'єднана з першою вхідною цифровою шиною цифрового суматора та зі вхідною цифровою шиною третього регістра, вихідна цифрова шина якого підключена до другої вхідної цифрової шини цифрового суматора, вихідна цифрова шина якого з'єднана з другою вхідною цифровою шиною другого цифрового компаратора, перша вхідна цифрова шина якого підключена до вхідної цифрової шини блока задання температури, а вихід з'єднаний зі входом індикатора, вхід третього регістра підключений до першого виходу другого лічильника, другий вихід якого з'єднаний з другим входом першого регістра.

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

На схемі: 1 - об'єктив; 2 - світлоділник; 3 - додаткова нерухома діафрагма; 4 - діафрагма; 5 - кроковий двигун; 6 - n дзеркал; 7 - оптична лінійка; 8 - (n+1) лінз; 9 - (n+1) ІЧ-датчиків; 10 - підсилювач; 11 - частотомір; 12 - відеоконтрольний блок (ВКБ); 13, 14 - перший і другий керуючі підсилювачі; 15 - постійний запам'ятовуючий блок (ПЗБ); 16 - генератор напруги, що змінюють

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; 27 - блок обробки сигналу; 28 - другий комутатор; 29 - блок визначення напрямку обертання; 30 - буферний регістр; 31, 32 - перший і другий світло діоди; 33, 34 - перше і друге джерела опорної напруги; 35 - конденсатор; 36, 37 - перший і другий компаратори; 38 - перетворювач частота-напруга; 39 - другий лічильник; 40 - другий регістр; 41 - цифровий індикатор; 42 - перший аналого-цифровий перетворювач (АЦП); 43 - елемент І; 44 - перший регістр; 45 - перший цифровий компаратор; 46 - третій регістр; 47 - блок задання температури; 48 - цифровий суматор; 49 - другий цифровий компаратор; 50 - індикатор; 51 - об'єкт контролю, причому об'єкт контролю 51 зв'язаний оптично через об'єкти 1 зі світлоділником 2, діафрагма 4 являє собою сектор, доповнений круглим отвором, центр якого збігається з вершиною сектора та головною оптичною віссю, діафрагмуючий отвір додаткової нерухомої діафрагми 3 являє собою прямокутну щілину, п дзеркал 6.1, 6.2, ... 6.п, закріплені на оптичній лінії 7 таким чином, що їх площини утворюють кут  $45^\circ$  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 нерухомою діафрагмою 3 та площиною світлорозподілу світлоділника 2, вихід першого ІЧ-датчика 9.0 підключений до входу підсилювача 10, вихід якого з'єднаний з входом частотоміра 11 і з входом перетворювача частота-напруга 38, вихід якого підключений до других входів першого комутатора 26 та другого компаратора 37, перший вхід якого з'єднаний з виходом другого джерела опорної напруги 34, а вихід підключений до входу другого світлодіода 32 та до першого входу другого ключа 17, вихід якого з'єднаний з першим входом першого ключа 19, вал крокового двигуна 5 зв'язаний з діафрагмою 4, вихід (n+1)-го ІЧ-датчика 9.п 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 42 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.п 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 42, 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 змінюють ступінчасто, 16, вихідна шина першого лічильника 20 з'єднана з першою вхідною шиною ПЗБ 15, перший і другий виходи якого підключені, відповідно, до других входів першого 13 і другого 14 керуючих підсилювачів, виходи першого 31 та другого 32 світло діодів 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 змінюють ступінчасто, 16, виходи з другого 9.1 по (n+1)-ий 9.п 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 42 з'єднана з вхідною цифровою шиною першого регістра 44, вихідна цифрова шина якого підключена до вхідної цифрової шини другого регістра 40 та до першої вхідної цифрової шини першого цифрового компаратора 45, друга вхідна цифрова шина якого з'єднана з вихідною цифровою шиною першого АЦП 42, а вихід підключений до другого входу елемента І 43, перший вхід якого разом з входом другого лічильника 39 з'єднані з виходом перетворювача напруга-частота 24, вихід елемента І 43 підключений до першого входу першого регістра 44, вхід другого регістра 40 підключений до першого виходу другого лічильника 39, вихідна цифрова шина другого регістра 40 з'єднана з вхідною цифровою шиною цифрового індикатора 41, вихідна цифрова шина першого АЦП 42 підключена до ЕОМ, вихідна цифрова шина другого регістра 40 з'єднана з першою вхідною цифровою шиною цифрового суматора 48 та зі вхідною цифровою шиною третього регістра 46, вихідна цифрова шина якого

підключена до другої вхідної цифрової шини цифрового суматора 48, вихідна цифрова шина якого з'єднана з другою вхідною цифровою шиною другого цифрового компаратора 49, перша вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини блока задання температури 47, а вихід з'єднаний зі входом індикатора 50, вхід третього регістра 46 підключений до першого виходу другого лічильника 39, другий вихід якого з'єднаний з другим входом першого регістра 44.

Запропонований пристрій працює так. Потік інфрачервоного випромінювання, що створюють поверхнею об'єкта контролю 51, що знаходиться на деякій відстані від оптичної системи пристрою, потрапляє на об'єктив 1, який перетворює його у випромінювання з променями, паралельними головній оптичній осі.

Перетворений таким чином потік попадає на світлоділник 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 використовують для визначення стану об'єкта контролю 51, а саме обертається він чи знаходиться в спокої. Друга частина випромінювання використовують для визначення температури  $N$  точок об'єкта контролю 51 і контролю наявності радіальних биттів.

Області, що виділяють на тепловому зображенні об'єкта контролю 51 за допомогою  $n$  дзеркал 6.1, 6.2, ... 6. $n$ , є концентричними сегментами. Однак, як відомо, переріз 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 об'єкта контролю 51. Фіксує положення діафрагмуючого отвору діафрагми 4 у  $n$  положеннях і здійснює її обертання за допомогою крокового двигуна 5, отримуємо інформацію про температуру  $N = m \cdot (n-1) + 1$  точок об'єкта контролю 51. 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 світлоділника 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 задають дільником частоти 22. Таким чином, на  $n$  дзеркал 6.1, 6.2, ... 6. $n$ , що закріплені на оптичній лінійці 7, потрапляє лише частина зображення об'єкта контролю 51. Випромінювання, що пройшло через секторний отвір діафрагми 4, приймають інфрачервоним приймачем. При цьому теплове зображення розбивають на  $n$  частин, кожна з яких приймають окремим сенсором  $9_i$  де  $i = \overline{1, n}$ . При обертанні діафрагми 4 навколо центра, який збігається з головною оптичною віссю, сканують все теплове поле об'єкта контролю 51. При цьому розгортка є не неперервною, а дискретною за рахунок використання крокового двигуна 5. Це дає можливість отримати інформацію про тепловий стан об'єкта контролю 51 в зручній для подальшої обробки формі.

Нехай швидкість обертання об'єкта контролю 51  $\omega = 0$ , тобто об'єкт контролю 51 нерухомий. Тоді на виході перетворювача частота-напруга 38 з'являється сигнал, який подають на другий вхід другого компаратора 37, на перший вхід якого подають 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 відображають частоту обертання об'єкта контролю 51. При цьому на виході другого компаратора 37 з'являється сигнал логічного нуля, який надходить на вхід другого світлодіоду 32, який при цьому не спрацьовує. Крім того, сигнал логічного нуля з виходу другого компаратора 37 подають 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 входу 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 формують імпульси з частотою  $f_{1-n}$ , які надходять на входи другого комутатора 28, генератора напруги, що змінюють ступінчасто, 16 та дільника частоти 22, який має коефіцієнт ділення  $n$ . На виході останнього формують імпульсні сигнали з частотою чергування  $f_1$  які через замкнений перший ключ 19 (на перший вхід першого ключа 19 надходить сигнал логічного нуля з виходу другого ключа 17), через третій комутатор 18 подають на кроковий двигун 5, частота обертання якого визначають

$$m = \frac{360^\circ}{\beta}$$

формулою  $\omega = 2\pi \cdot m \cdot f_1$ , де  $\beta$ ,  $\beta$  - мінімальний кут повороту, що утворюють 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 здійснюють кругову розгортку теплового зображення нерухомого об'єкта контролю 51.

5 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

$$\Delta T = \frac{1}{f_1}$$

запам'ятовує інформацію в аналоговому вигляді на час  $\Delta T$ . Запис в буферний регістр 30 проводять в момент надходження сигналу з виходу дільника частоти 22. Другим комутатором 28 здійснюють зчитування інформації з буферного регістра 30 з наступним її перетворенням із паралельного вигляду 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 42, на перший вхід якого подають сигнал з виходу перетворювача напруга-частота 24. Вхідний сигнал першого АЦП 42 перетворюють на його виході в цифрову форму.

10 На виході дільника частоти 22 формують 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.

20 Генератор напруги, що змінюють 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 надходить на вхід генератора напруги, що змінюють ступінчасто, 16, на виході приймає ступінчасту форму (містить  $n$  складових) і подають на входи першого 13 і другого 14 керованих підсилювачів, коефіцієнт підсилення яких задають вихідними сигналами ПЗБ 15. При цьому коефіцієнти підсилення першого 13 та другого 14 керованих підсилювачів задають так, що на їх виходах формують сигнали, пропорційні  $R_i \cdot \sin \varphi_i$  та  $R_i \cdot \cos \varphi_i$ , відповідно, де  $R_i$  - радіус,  $\varphi_i$  - кут координати елементарної ділянки поверхні об'єкта контролю 51 в полярній системі координат.

25 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  $m$ . В результаті на екрані ВКБ 12 при наявності одного інформаційного сигналу, двох сигналів розгортки та сигналу з виходу дільника частоти 22 формують зображення, що відповідає тепловому полю об'єкта контролю 51.

30 У випадку, коли немає можливості сумістити оптичну вісь пристрою та геометричну вісь об'єкта контролю 51, тобто, коли спостереження проводять під певним кутом до геометричної осі об'єкта контролю 51, його тепловий портрет спотворюють і на екрані ВКБ 12 замість теплового портрета, що відповідає концентричним колам, буде з'являтися еліпсоподібне зображення. Для компенсації такого спотворення пропонують наступний підхід.

35 Відомо, що рівняння еліпса у Декартовій системі координат має вигляд

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1, (1)$$

де  $x$ ,  $y$  - горизонтальна і вертикальна осі системи координат,  $a$ ,  $b$  - горизонтальна і вертикальна півосі еліпса, відповідно, причому  $a=R$ , де  $R$  - радіус кола об'єкта контролю 51.

Перейдемо у полярну систему координат, використавши формули

40  $x = r \cdot \cos \varphi$ ,  
 $y = r \cdot \sin \varphi$ , (2)

де  $r$  - "радіус" еліпса,  $\varphi$  - кут повороту радіуса  $r$ . Підставимо (2) в (1) та отримаємо вираз

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

45 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) визначають дійсний радіус спотвореного кола.

50 Вихідний сигнал блока обчислення 23 за допомогою другого АЦП 21 перетворюють в цифровий код і надходить 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 51  $\omega \neq 0$ , тобто він обертається, то на виході перетворювача частота-напруга 38 з'являється напруга, пропорційна частоті обертання об'єкта контролю 51. 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 замикають, і на вхід другого світлодіода 32, викликаючи його ввімкнення. При цьому другий вхід першого комутатора 26 підключають до входу перетворювача напруга-частота 24. На виході останнього формують імпульси з частотою  $f_2 \cdot n$ . Запис інформації про об'єкт контролю 51 та виведення останньої на ВКБ 12 здійснюють 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 51. За один оберт об'єкта контролю 51 вимірюють температуру  $n$  точок на поверхні об'єкта контролю 51, що лежать на одній прямій, на одному  $j$ -му радіусу, де  $j=1, 2, \dots, m$  - радіуси об'єкта контролю 51. Оскільки коефіцієнт перерахунку першого лічильника 20 дорівнює  $t$ , 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 керувачий вхід першого ключа 19, розмикаючи його на час  $1/f_2$ . В цей момент діафрагму 4 зупиняють, а об'єкт контролю 51 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 здійснюють запис інформації, що відповідає температурі точок, що лежать на  $(j+1)$ -му радіусі об'єкта контролю 51. Таким чином, послідовно здійснюють сканування всього теплового поля об'єкта контролю 51 та відповідну інформацію відображають на екрані ВКБ 12. Інформація, що відповідає температурному розподілу, формують на виході першого АЦП 42.

В разі зміни напрямку обертання об'єкта контролю 51 на виході блока визначення напрямку обертання 29 з'являється сигнал логічної одиниці, яким змінюють 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 здійснюють в протилежному напрямку, оскільки на другий вхід першого лічильника 20 подають сигнал логічної одиниці. Робота інших блоків пристрою залишають без змін.

При наявності радіальних биттів, з виходу ІЧ-датчика 9.n сигнал через конденсатор 35 надходить на другий вхід першого компаратора 36, на другий вхід якого подають напругу з виходу першого джерела опорної напруги 33. При цьому на виході першого компаратора 36 з'являється сигнал логічної одиниці, який надходить на перший світлодіод 31, викликаючи його ввімкнення або мерехтіння, що свідчить про наявність радіальних биттів в об'єкті контролю 51.

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 42, в якому за сигналом з виходу перетворювача напруга-частота 24 здійснюють їх перетворення в цифровий код. Після закінчення першого перетворення в першому цифровому компараторі 45 здійснюють порівняння цифрового коду з виходу першого АЦП 42 та нульового коду, записаного в першому регістрі 44. При цьому на виході першого цифрового компаратора 45 з'являється сигнал логічної одиниці, яким відкривають елемент І 43 і за сигналом з виходу перетворювача напруга-частота 24 цифровий код з виходу першого АЦП 42 записують в перший регістр 44. При черговому циклі аналого-цифрового перетворення на виході першого АЦП 42 з'являється цифровий код, який порівнюють з кодом, записаним в першому регістрі 44. І якщо цифровий код на виході першого АЦП 42 перевищує код, записаний в першому регістрі 44, то відбувається перезапис коду в перший регістр 44. Таким чином в процесі аналого-цифрового перетворення сигналів, що відповідають температурі різних точок об'єкта дослідження, в першому регістрі 44 зберігають код, що відповідає найвищій температурі об'єкта дослідження. Після завершення повного оберту досліджуваного об'єкта на першому виході другого лічильника 39, коефіцієнт ділення якого дорівнює  $N$ , з'являється імпульс, яким інформацію з першого регістра 44 переписують в другий регістр 40 та виводять на цифровий індикатор 41. Після завершення зазначеного імпульсу на другому виході другого лічильника 39 з'являється короткий імпульс, яким перший регістр 44 обнуляють.

Зазначимо, що цифровий код, який відповідає тепловому портрету досліджуваного об'єкта, з виходу першого АЦП 42 передають в ЕОМ для подальшої обробки.

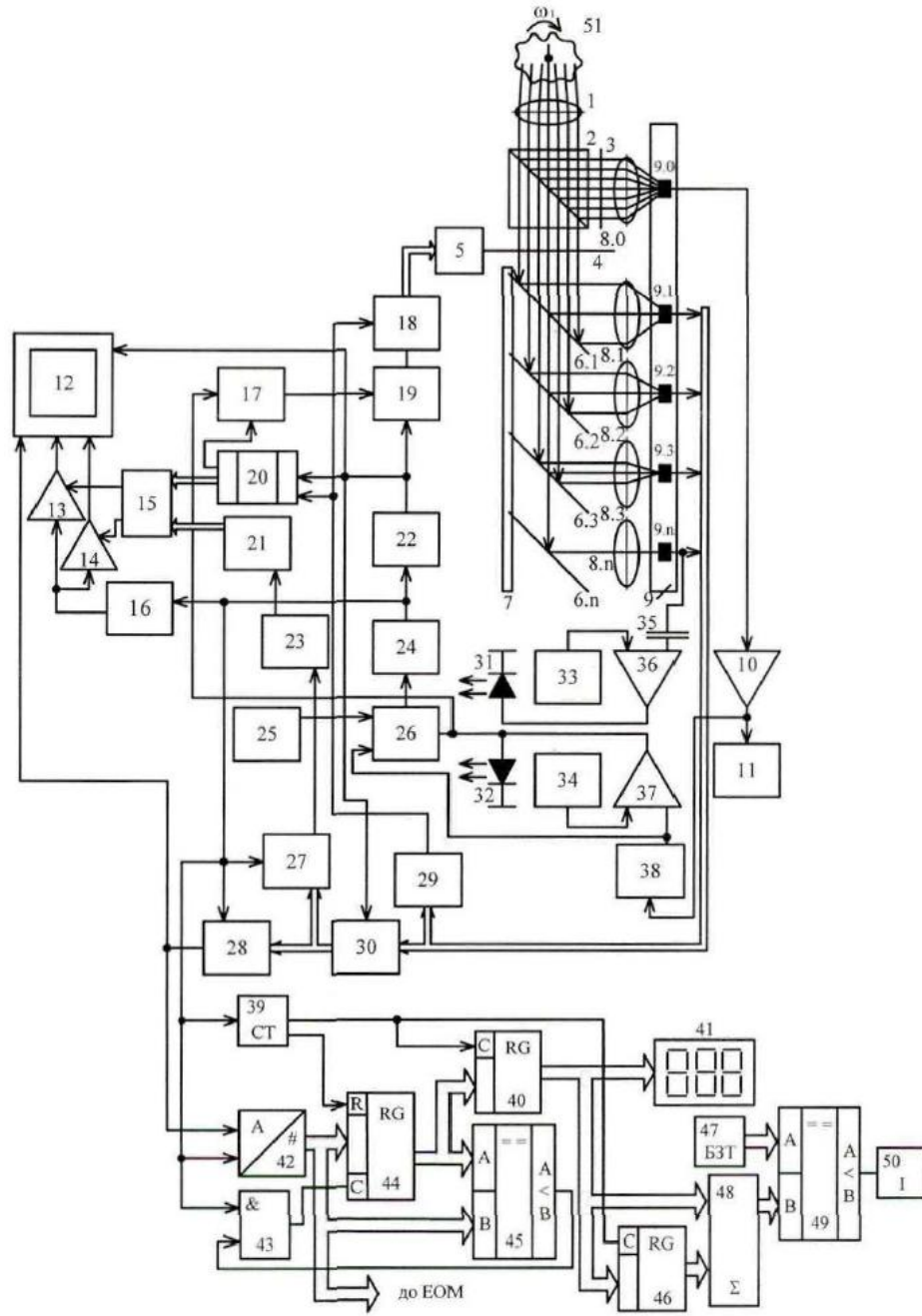
Контроль за швидкістю наростання температури в точці з найвищою температурою об'єкта контролю 51 здійснюють таким чином.

В момент, коли за сигналом з першого виходу другого лічильника 39 інформацію з першого регістра 44 переписують в другий регістр 40, та інформацію, що зберігалась в другому регістрі 40, цим же сигналом з другого регістра 40 переписують в третій регістр 46. Внаслідок цього в цифровому суматорі 48 обчислюють різницю цифрових кодів, що відповідають найвищій температурі в поточний момент часу (цифровий код записаний в другий регістр 40), та найвищої температури, яка мала місце при попередньому повному оберті в процесі сканування температурного поля об'єкта контролю 51 і зберігають в третьому регістрі 46. Зазначена різниця кодів і являє собою швидкість зміни температури, яка у вигляді цифрового коду надходить в другий цифровий компаратор 49 і порівнюють з цифровим кодом, що записаний в блоці задання температури 47. У разі перевищення останнього коду на виході другого цифрового компаратора 49 з'являється сигнал, яким вмикають індикатор 50 і оперативний персонал приймає рішення про технічний стан ізоляції об'єкта контролю 51 та можливість його подальшої експлуатації.

#### ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Пристрій для безконтактного вимірювання температури, 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 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 світлодільника, кроковий двигун, підсилювач, частотомір, відеоконтрольний блок, два керуючі підсилювачі, постійно запам'ятовуючий блок, генератор напруги, що змінюється ступінчасто, два ключі, три комутатори, два лічильники, два аналого-цифрові перетворювачі, 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, елемент І, два регістри, перший цифровий компаратор та цифровий індикатор, 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 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 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  $(n+1)$ -ий інфрачервоних датчиків з'єднані з вхідною шиною буферного регістра, вихідна шина якого підключена до вхідної шини другого комутатора, вихід якого з'єднаний з другим входом першого аналого-цифрового перетворювача, 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  $(n+1)$ -

ий інфрачервоних датчиків з'єднані зі входною шиною блока визначення напрямку обертання, вихід якого підключений до других входів першого лічильника та третього комутатора, вихідна цифрова шина якого з'єднана зі входною цифровою шиною крокового двигуна, а перший вхід підключений до виходу першого ключа, вихідна цифрова шина першого аналого-цифрового перетворювача з'єднана з входною цифровою шиною першого регістра, вихідна цифрова шина якого підключена до входної цифрової шини другого регістра та до першої входної цифрової шини цифрового компаратора, друга входна 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, вхід другого регістра підключений до першого виходу другого лічильника, вихідна цифрова шина другого регістра з'єднана з входною цифровою шиною цифрового індикатора, вихідна цифрова шина першого аналого-цифрового перетворювача підключена до ЕОМ, який **відрізняється** тим, що в нього введено третій регістр, цифровий суматор, блок задання температури, індикатор та другий цифровий компаратор, причому вихідна цифрова шина другого регістра з'єднана з першою входною цифровою шиною цифрового суматора та зі входною цифровою шиною третього регістра, вихідна цифрова шина якого підключена до другої входної цифрової шини цифрового суматора, вихідна цифрова шина якого з'єднана з другою входною цифровою шиною другого цифрового компаратора, перша входна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини блока задання температури, а вихід з'єднаний зі входом індикатора, вхід третього регістра підключений до першого виходу другого лічильника, другий вихід якого з'єднаний з другим входом першого регістра.



Комп'ютерна верстка І. Скворцова

ДО "Український національний офіс інтелектуальної власності та інновацій", вул. Дмитра Годзенка, 1, м. Київ – 42, 01601