



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **154115** (13) **U**  
(51) МПК (2023.01)  
**G01K 13/00**

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

## (12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

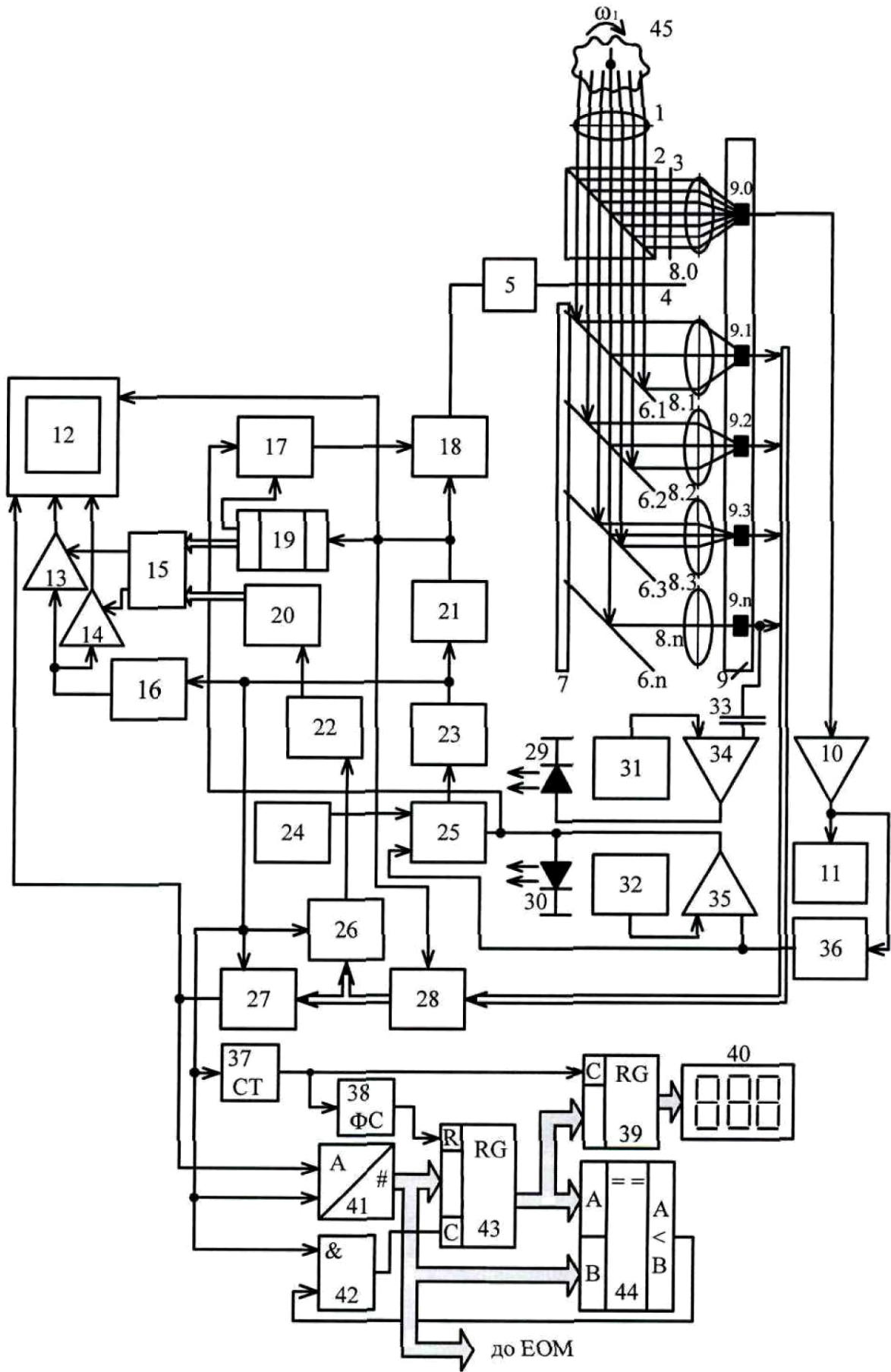
(21) Номер заявки: <b>u 2023 01390</b>	(72) Винахідник(и): <b>Грабко Володимир Віталійович (UA), Грабко Валентин Володимирович (UA), Розводюк Михайло Петрович (UA), Мошноріз Микола Миколайович (UA)</b>
(22) Дата подання заявки: <b>03.04.2023</b>	
(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: <b>12.10.2023</b>	
(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію: <b>11.10.2023, Бюл.№ 41</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, світлоділнийник, діафрагму, отвір якої являє собою сектор, доповнений круглим отвором, центр якого співпадає з вершиною сектора та головною оптичною віссю, додаткову нерухому діафрагму, діафрагмуючий отвір якої являє собою прямокутну щілину, n дзеркал, закріплених на оптичній 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 світлоділнийника, підсилювач, кроковий двигун, частотомір, відеоконтрольний блок, два керуючі підсилювачі, постійний запам'ятовуючий блок, генератор напруги, що змінюється ступінчасто, два ключі, перший лічильник, два аналого-цифрових перетворювачі, ділнийник частоти, блок обчислення, перетворювач напруга-частота, три джерела опорної напруги, два комутатори, блок обробки сигналу, буферний реєстр, два світлодіоди, конденсатор, два компаратори, перетворювач частота-напруга. Додатково введено другий лічильник, формувач сигналу, елемент I, два реєстри, цифровий компаратор та цифровий індикатор.

UA 154115 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. G01K 13/08, G01J 5/28, бюл. № 11, 1991), що містить об'єktiv, світлоділньник, діафрагму, отвір якої являє собою сектор, доповнений круглим отвором, центр якого співпадає 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 приймачів інфрачервоного (ІЧ) випромінювання, лінзу та приймач ІЧ випромінювання, що розташовані на оптичній осі з додатковою нерухоомою діафрагмою та площиною світлорозподілу світлоділньника, вихід першого приймача ІЧ випромінювання підключений до входу підсилювача, вихід якого з'єднаний з входом частотоміра і з входом перетворювача частота-напруга блока аналізу, вихід якого підключений до других входів першого комутатора двох входів на один вихід блока керування і синхронізації та другого компаратора блока аналізу, перший вхід якого з'єднаний з виходом другого джерела опорної напруги блока аналізу, а вихід підключений до входу другого світлодіода та до першого входу другого ключа блока керування і синхронізації, вихід якого з'єднаний з першим входом першого ключа блока керування і синхронізації, вихід якого підключений до входу крокового двигуна, вал якого зв'язаний з діафрагмою, вихід (n+1)-го приймача ІЧ випромінювання через конденсатор блока аналізу підключений до другого входу першого компаратора блока аналізу, перший вхід якого з'єднаний з виходом першого джерела опорної напруги блока аналізу, а вихід підключений до входу першого світлодіода, вихід третього джерела опорної напруги блока керування і синхронізації з'єднаний з першим входом першого комутатора двох входів на один вихід блока керування і синхронізації, третій вхід якого підключений до першого входу другого ключа блока керування і синхронізації, другий вхід якого з'єднаний з виходом лічильника блока керування і синхронізації, вхід якого, а також другий вхід першого ключа блока керування і синхронізації, вхід буферного регістра блока перетворення інформації, вхід генератора напруги, що змінюється ступінчасто, блока вимірювання та індикації та перший вхід відеоконтрольного пристрою блока вимірювання інформації підключені до виходу ділньника частоти блока керування і синхронізації, вхід якого, а також вхід другого комутатора п входів на один вихід блока перетворення інформації та перший вхід аналого-цифрового перетворювача блока підготовки даних з'єднані з виходом перетворювача напруга-частота блока керування і синхронізації, вхід якого підключений до виходу першого комутатора двох входів на один вихід блока керування і синхронізації, виходи з другого по (n+1)-ий приймачів ІЧ випромінювання з'єднані з вхідною шиною буферного регістра блока перетворення інформації, вихідна шина якого підключена до вхідної шини другого комутатора п входів на один вихід блока перетворення інформації, вихід якого з'єднаний з другим входом аналого-цифрового перетворювача блока підготовки даних, вихідна шина якого підключена до вхідної шини інтерфейсного пристрою блока підготовки даних, вихідна шина якого з'єднана з колами ЕОМ, вихід другого комутатора п входів на один вихід блока перетворення інформації підключений до другого входу відеоконтрольного пристрою блока вимірювання інформації, третій і четвертий входи якого з'єднані відповідно з виходами першого і другого керуючих підсилювачів блока вимірювання та індикації, перші входи яких підключені до виходу генератора напруги, що змінюється ступінчасто, блока вимірювання та індикації, вихідна шина лічильника блока керування і синхронізації з'єднана з вхідною шиною постійного запам'ятовуючого пристрою блока вимірювання та індикації, перший і другий входи якого підключені відповідно до других входів першого і другого керуючих підсилювачів блока вимірювання та індикації, виходи першого та другого світлодіодів з'єднані з загальною шиною.

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 України № 19736, М. кл. G01K 13/00, бюл. № 12, 2006), що містить об'єktiv, світлоділньник, діафрагму, отвір якої являє собою сектор, доповнений круглим отвором, центр якого співпадає 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 нерухомою діафрагмою та площиною світлорозподілу світлодільника, підсилювач, кроковий двигун, частотомір, відеоконтрольний блок (ВКБ), два керуючі підсилювачі, постійний запам'ятовуючий блок (ПЗБ), генератор напруги, що змінюється ступінчасто, два ключі,
   
 5 лічильник (в подальшому - перший лічильник), два аналого-цифрові перетворювачі (АЦП), дільник частоти, блок обчислення, перетворювач напруга-частота, три джерела опорної напруги, два комутатори, інтерфейсний блок, блок обробки сигналу, 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
   
 10 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 першого лічильника, вхід якого, а також другий вхід першого ключа,
   
 20 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 вхідною шиною ПЗБ (в подальшому -
   
 30 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, 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
   
 40 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
   
 45 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 співпадає з вершиною сектора та головною оптичною
   
 50 віссю, додаткову нерухому діафрагму, діафрагмуючий отвір якої являє собою прямокутну щілину, п дзеркал, закріплених на оптичній лінійці таким чином, що їх площини утворюють кут 45° з головною оптичною віссю, діафрагмуючі отвори дзеркал являють собою еліпси, на одній оптичній 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 світлодільника, підсилювач, кроковий двигун, частотомір, ВКБ, два керуючі підсилювачі, ПЗБ, генератор напруги, що змінюється ступінчасто, два ключі, перший лічильник,
   
 55 два АЦП, дільник частоти, блок обчислення, перетворювач напруга-частота, три джерела опорної напруги, два комутатори, блок обробки сигналу, 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
   
 60

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 першого лічильника, вхід якого, а також другий вхід першого ключа, вхід буферного регістра та перший вхід ВКБ підключені до виходу дільника частоти, вхід якого, а також вхід другого комутатора та перший вхід першого АЦП з'єднані з виходом перетворювача напруга-частота, вхід якого підключений до виходу першого комутатора, 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 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, 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 шинною 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'єкт; 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 блока (ВКБ); 13, 14 - перший і другий керуючі підсилювачі; 15 - постійний запам'ятовуючий блок (ПЗБ); 16 - генератор напруги, що змінюється ступінчасто; 17, 18 - другий і перший ключі; 19 - перший лічильник; 20 - другий аналого-цифровий перетворювач (АЦП); 21 - дільник частоти; 22 - блок обчислення; 23 - перетворювач напруга-частота; 24 - третє джерело опорної напруги; 25 - перший комутатор; 26 - блок обробки сигналу; 27 - другий комутатор; 28 - буферний регістр; 29, 30 - перший і другий світлодіоди; 31, 32 - перше і друге джерела опорної напруги; 33 - конденсатор; 34, 35 - перший і другий компаратори; 36 - перетворювач частота-напруга; 37 - другий лічильник; 38 - формувач сигналу; 39 - другий регістр; 40 - цифровий індикатор; 41 - перший АЦП; 42 - елемент І; 43 - перший регістр; 44 - цифровий компаратор; 45 - об'єкт контролю, причому діафрагма 4 являє собою сектор, доповнений круглим отвором, центр якого співпадає з вершиною сектора та головною оптичною віссю, діафрагмуючий отвір додаткової нерухокої діафрагми 3 являє собою прямокутну щілину, п дзеркал 6.1, 6.2,... 6.n, 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.n являють собою еліпси, на одній оптичній осі з якими встановлені п лінз 8.1, 8.2, ... 8.n та лінійка 9 п ІЧ-датчиків 9.1, 9.2, ... 9.n, 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 36, вихід якого підключений до других входів першого комутатора 25 та другого компаратора 35, перший вхід якого з'єднаний з

виходом другого джерела опорної напруги 32, а вихід підключений до входу другого світлодіода 30 та до першого входу другого ключа 17, вихід якого з'єднаний з першим входом першого ключа 18, вихід якого підключений до входу крокового двигуна 5, вал якого зв'язаний з діафрагмою 4, вихід (n+1)-го ІЧ-датчика 9.n через конденсатор 33 підключений до другого входу першого компаратора 34, перший вхід якого з'єднаний з виходом першого джерела опорної напруги 31, а вихід підключений до входу першого світлодіода 29, вихід третього джерела опорної напруги 24 з'єднаний з першим входом першого комутатора 25, третій вхід якого підключений до першого входу другого ключа 17, другий вхід якого з'єднаний з виходом першого лічильника 19, вхід якого, а також другий вхід першого ключа 18, вхід буферного регістра 28 та перший вхід ВКБ 12 підключені до виходу дільника частоти 21, вхід якого, а також вхід другого комутатора 27 та перший вхід першого АЦП 41 з'єднані з виходом перетворювача напруга-частота 23, вхід якого підключений до виходу першого комутатора 25, виходи з другого 9.1 по (n+1)-ий 9. n ІЧ-датчиків з'єднані з вхідною шиною буферного регістра 28, вихідна шина якого підключена до вхідної шини другого комутатора 27, вихід якого з'єднаний з другим входом першого АЦП 41, вихід другого комутатора 27 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 19 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 29 та другого 30 світлодіодів з'єднані з загальною шиною, вихідна шина буферного регістра 28 підключена до вхідної шини блока обробки сигналу 26, вихід якого з'єднаний з входом блока обчислення 22, вихід якого підключений до входу другого АЦП 20, вихідна шина якого з'єднана з другою вхідною шиною ПЗБ 15, вихід перетворювача напруга-частота 23 підключений до входів блока обробки сигналу 26 та генератора напруги, що змінюється ступінчасто, 16, вихідна цифрова шина першого АЦП 41 з'єднана з вхідною цифровою шиною першого регістра 43, вихідна цифрова шина якого підключена до вхідної цифрової шини другого регістра 39 та до першої вхідної цифрової шини цифрового компаратора 44, друга вхідна цифрова шина якого з'єднана з вихідною цифровою шиною першого АЦП 41, а вихід підключений до другого входу елемента І 42, перший вхід якого разом з входом другого лічильника 37 з'єднані з виходом перетворювача напруга-частота 23, вихід елемента І 42 підключений до першого входу першого регістра 43, другий вхід якого з'єднаний з виходом формувача сигналу 38, вхід якого разом зі входом другого регістра 39 підключені до виходу другого лічильника 37, вихідна цифрова шина другого регістра 39 з'єднана з вхідною цифровою шиною цифрового індикатора 40, вихідна цифрова шина першого АЦП 41 підключена до ЕОМ.

Запропонований пристрій працює так. Потік інфрачервоного випромінювання, що створюється поверхнею контрольованого об'єкта 45, 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 світлодільник 2, який призначений для ділення потоку ІЧ-випромінювання на кілька частин. Перша частина випромінювання використовується для визначення стану об'єкта контролю 45, а саме обертається він чи знаходиться в спокої. Друга частина випромінювання використовується для визначення температури N точок контрольованого об'єкта 45 і контролю наявності радіального биття.

Області, що виділяються на тепловому зображенні контрольованого об'єкта 45 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 45. Фіксує 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 45. У приведеній формулі співмножник (n-1) виникає з тієї причини, що центральна частина діафрагмуючого отвору діафрагми 4 має круглу форму і при відсутності радіальних биттів потік ІЧ-випромінювання, що попадає на ІЧ-датчик 9.n, буде постійним при обертанні діафрагми 4. При наявності радіальних биттів формула приймає вигляд  $N=m \cdot n$ .

З виходу світлодільника 2 потік ІЧ-випромінювання попадає на діафрагму 4, яка приводиться в рух кроковим двигуном 5. Діафрагма 4 являє собою непрозорий диск, в якому вирізано сектор, утворений двома променями з кутом між ними, рівним мінімальному кроку

обертання крокового двигуна 5, частота обертання якого задається дільником частоти 21. Таким чином, на  $n$  дзеркал 6.1, 6.2, ... 6. $n$ , потрапляє лише частина зображення контрольованого об'єкта 45. 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 датчиком 9 $_i$ , де  $i = 1, n$ . При обертанні діафрагми 4 навколо центра, який співпадає з головною оптичною віссю, сканується все теплове поле об'єкта контролю 45. 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 45  $\omega=0$ , тобто об'єкт контролю 45 нерухомий. Тоді на виході перетворювача частота-напруга 36 з'являється сигнал, який подається на другий вхід другого компаратора 35, на перший вхід якого подається сигнал з виходу другого джерела опорної напруги 32. Амплітуда електричного сигналу з виходу підсилювача 10 буде менша амплітуди електричного сигналу, що надходить з виходу другого джерела опорної напруги 32. Зазначимо, що вихідний сигнал підсилювача 10 також надходить на вхід частотоміра 11, в якому відображається частота обертання об'єкта контролю 45. При цьому на виході другого компаратора 35 з'являється сигнал логічного нуля, який надходить на вхід другого світлодіода 30, який при цьому не спрацьовує. Крім цього, сигнал логічного нуля з виходу другого компаратора 35 подається на перший вхід другого ключа 17 та розмикає його. Також сигнал з виходу другого компаратора 35 надходить на третій вхід першого комутатора 25, який підключає вихід третього джерела опорної напруги 24 до входу перетворювача напруга-частота 23. На вхід перетворювача напруга-частота 23 з виходу третього джерела опорної напруги 24 надходить постійна напруга. При цьому на виході останнього формуються імпульси з частотою  $f_1 \cdot n$ , який надходить на входи другого комутатора 27, генератора напруги, що змінюється ступінчасто, 16 та дільника частоти 21, який має коефіцієнт ділення  $n$ . На виході останнього формуються імпульсні сигнали з частотою чередування  $f_1$ , які через замкнений перший ключ 18 (на перший вхід першого ключа 18 надходить сигнал логічного нуля з виходу другого ключа 17) 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 кроковий двигун 5. З такою ж частотою починає обертатися діафрагма 4, яка містить отвір у вигляді сектора. При цьому здійснюється кругова розгортка теплового зображення нерухомого контрольованого об'єкта 45. 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 28, який запам'ятовує інформацію в аналоговому вигляді на час  $\Delta T = \frac{1}{f_1}$ . Запис в буферний регістр 28 проводиться в момент надходження сигналу з виходу

дільника частоти 21. Другим комутатором 27 здійснюється зчитування інформації з буферного регістра 28 з наступним її перетворенням із паралельного виду представлення в послідовний. Сформований таким чином сигнал з виходу другого комутатора 27 потрапляє на другий вхід ВКБ 12, а також на другий вхід першого АЦП 41, на перший вхід якого подається сигнал з виходу перетворювача напруга-частота 23. При цьому вхідний сигнал першого АЦП 41 перетворюється в цифрову форму.

На виході дільника частоти 21 формуються імпульси з частотою  $f_1$ , що надходять на вхід буферного регістра 28, на перший вхід ВКБ 12 та вхід першого лічильника 19, який починає відраховувати ці імпульси.

Генератор напруги, що змінюється ступінчасто, 16, перший 13 та другий 14 керуючі підсилювачі і ПЗБ 15 призначені для формування сигналів розгортки ВКБ 12. Сигнал з частотою  $f_1$ , що надходить 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 керуючих підсилювачів, коефіцієнт підсилення яких задається вихідними сигналами ПЗБ 15. При цьому коефіцієнти підсилення першого 13 та другого 14 керуючих підсилювачів задаються так, що на їх виходах формуються сигнали, пропорційні  $R_1 \cdot \sin \varphi_j$  та  $R_1 \cdot \cos \varphi_j$  відповідно, де  $R_1$  - радіус,  $\varphi_j$  - кут координати елементарної ділянки поверхні контрольованого об'єкта 1 в полярній системі координат. При цьому  $i = 0, n$ ,  $j = 0, m$ .

На першу вхідну шину ПЗБ 15 цифровий код надходить з вихідної шини першого лічильника 19, коефіцієнт перерахунку якого дорівнює  $m$ . В результаті на екрані ВКБ 12 при наявності одного інформаційного сигналу, двох сигналів розгортки та сигналу з виходу дільника частоти

21 формується зображення, що відповідає тепловому полю контрольованого об'єкта 45.

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 45, його тепловий портрет спотворюється і на екрані ВКБ 12 замість

5 теплого 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

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

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

Перейдемо у полярну систему координат, використавши формули

$$\begin{aligned} x &= r \cdot \cos \varphi, \\ y &= r \cdot \sin \varphi, \end{aligned} \quad (2)$$

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

Підставимо (2) в (1) та отримаємо вираз

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

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

20 реальний радіус спотвореного кола.

Це реалізовано в блоці обробки сигналу 26, який фіксує кут  $\varphi$ , параметри  $b$  і  $r$  та передає їх в блок обчислення 22, в якому за формулою (3) визначається дійсний радіус спотвореного кола.

Вихідний сигнал блока обчислення 22 за допомогою другого АЦП 20 перетворюється в цифровий код і надходить на другу вхідну шину ПЗБ 15, формуючи при цьому скориговані

25 коефіцієнти підсилення першого 13 і другого 14 керуючих підсилювачів, які відновлюють розмір зображення при його виведенні на ВКБ 12.

Якщо швидкість обертання об'єкта контролю 45  $\omega \neq 0$ , тобто він обертається, то на виході перетворювача частота-напруга 36 з'являється напруга, пропорційна частоті обертання об'єкта контролю 45. Сигнал напруги з виходу перетворювача частота-напруга 36 надходить на другі

30 входи другого компаратора 35 і першого комутатора 25. Оскільки цей сигнал перевищує рівень опорного, то на виході другого компаратора 35 з'являється сигнал логічної одиниці, що надходить на третій вхід першого комутатора 25, на перший вхід другого ключа 17, який при цьому замикається, і на вхід другого світлодіода 30, викликаючи його ілюмінацію. При цьому другий вхід першого комутатора 25 підключається до входу перетворювача напруга-частота 23.

35 На виході останнього формуються імпульси з частотою  $f_2 \cdot n$ . Запис інформації про об'єкт контролю 45 та виведення останньої на ВКБ 12 здійснюється аналогічно раніше описаному, окрім того, що частота на виході напруга-частота 23 є пропорційною швидкості обертання.

На вхід крокового двигуна 5 через перший ключ 18 надходять імпульси з частотою  $f_2$ . Тоді, кроковий двигун 5 обертає діафрагму 4 з швидкістю обертання  $\omega_2 = \omega$ , тобто синхронно з об'єктом контролю. За один оберт об'єкта контролю 45 вимірюється температура  $n$  точок на його поверхні, що лежать на одній прямій, на одному  $j$ -му радіусу, де  $j=1,2, \dots, m$ , радіуси об'єкта контролю 45. Оскільки коефіцієнт перерахунку першого лічильника 19 дорівнює  $m$ , то після здійснення повного повороту діафрагми 4 на виході першого лічильника 19 виникає імпульс тривалістю  $1/f_2$ , який через замкнений другий ключ 17 надходить на керуючий вхід першого

45 ключа 18, розмикаючи його на час  $1/f_2$ . В цей момент діафрагма 4 зупиняється, а об'єкт контролю 45 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 45. Таким чином, послідовно здійснюється сканування всього

50 теплого поля об'єкта контролю 45 та відповідна інформація відображається на екрані ВКБ 12. Інформація, що відповідає температурному розподілу, формується на виході першого АЦП 41 і передається для подальшої обробки в ЕОМ.

При наявності радіальних биттів, з виходу ІЧ-датчика 9.n сигнал через конденсатор 33 надходить на другий вхід першого компаратора 34, на другий вхід якого подається напруга з виходу першого джерела опорної напруги 31. При цьому на виході першого компаратора 34

55 з'являється сигнал логічної одиниці, який надходить на перший світлодіод 29, викликаючи його



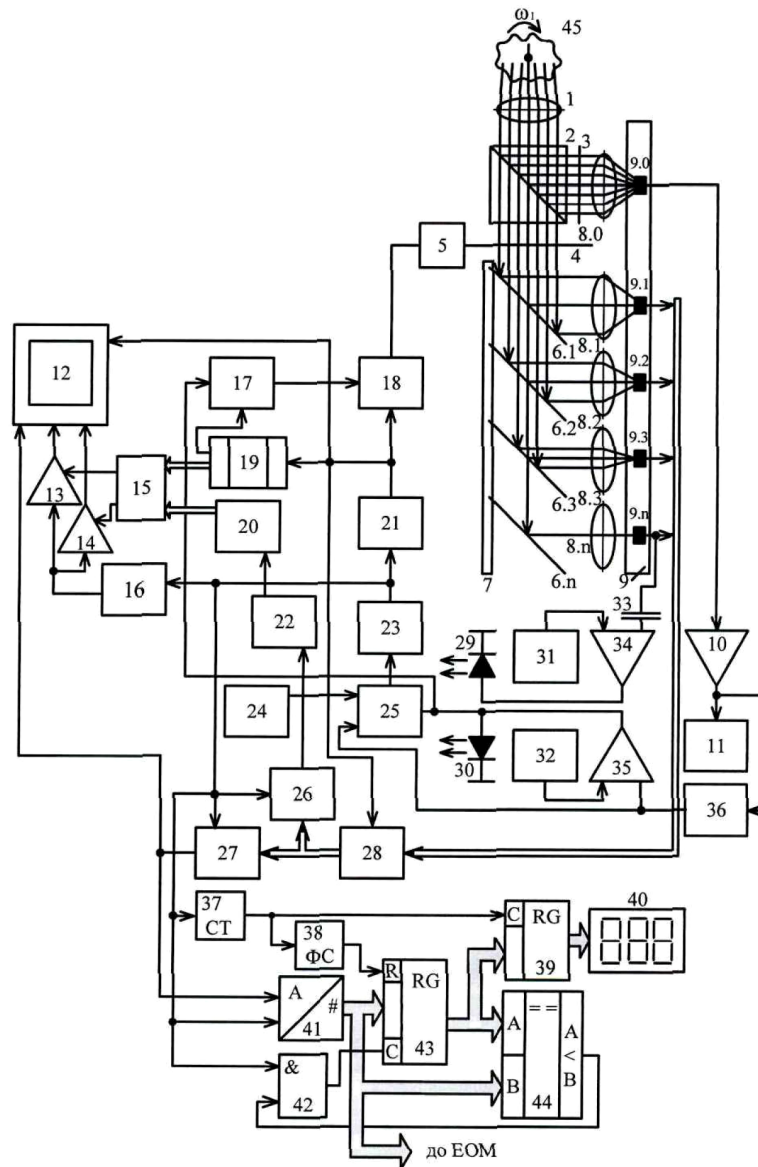
ілюмінацію, що свідчить про наявність радіальних биттів в роторі об'єкта контролю 45.

Визначення найбільш нагрітої точки об'єкта дослідження в процесі його роботи відбувається наступним чином. Послідовність сигналів з виходу другого комутатора 27 потрапляє на перший вхід першого АЦП 41, в якому по сигналу з виходу перетворювача напруга-частота 23 здійснюється їх перетворення в цифровий код. По закінченню першого перетворення в цифровому компараторі 44 здійснюється порівняння цифрового коду з виходу першого АЦП 41 та нульового коду, записаного в першому регістрі 43. При цьому на виході цифрового компаратора 44 з'являється сигнал логічної одиниці, яким відкривається елемент І 42 і по сигналу з виходу перетворювача напруга-частота 23 цифровий код з виходу першого АЦП 41 записується в перший регістр 43. При черговому циклі аналого-цифрового перетворення на виході першого АЦП 41 з'являється цифровий код, який порівнюється з кодом, записаним в першому регістрі 43. І якщо цифровий код на виході першого АЦП 41 перевищує код, записаний в першому регістрі 43, то відбувається перезапис коду в перший регістр 43. Таким чином в процесі аналого-цифрового перетворення сигналів, що відповідають температурі різних точок об'єкта дослідження, в першому регістрі 43 зберігається код, що відповідає найвищій температурі об'єкта дослідження. По завершенню повного оберту досліджуваного об'єкта на виході другого лічильника 37, коефіцієнт ділення якого дорівнює  $N$ , з'являється імпульс, яким інформація з першого регістра 43 переписується в другий регістр 39 та виводиться на цифровий індикатор 40. По задньому фронту зазначеного імпульсу на виході формувача сигналу 38 з'являється короткий імпульс, яким перший регістр 43 обнуляється.

#### ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Пристрій для безконтактного вимірювання температури, що містить об'єktiv, світлодільник, діафрагму, отвір якої являє собою сектор, доповнений круглим отвором, центр якого співпадає з вершиною сектора та головною оптичною віссю, додаткову нерухому діафрагму, діафрагмуючий отвір якої являє собою прямокутну щілину,  $n$  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, підсилювач, кроковий двигун, частотомір, відеоконтрольний блок, два керуючі підсилювачі, постійний запам'ятовуючий блок, генератор напруги, що змінюється ступінчасто, два ключі, перший лічильник, два аналого-цифрових перетворювачі, дільник частоти, блок обчислення, перетворювач напруга-частота, три джерела опорної напруги, два комутатори, блок обробки сигналу, буферний регістр, два світлодіоди, конденсатор, два компаратори, перетворювач частота-напруга, причому вихід першого інфрачервоного датчика підключений до виходу підсилювача, вихід якого з'єднаний з входом частотоміра і з входом перетворювача частота-напруга, вихід якого підключений до других входів першого комутатора та другого компаратора, перший вхід якого з'єднаний з виходом другого джерела опорної напруги, а вихід підключений до входу другого світлодіода та до першого входу другого ключа, вихід якого з'єднаний з першим входом першого ключа, вихід якого підключений до входу крокового двигуна, вал якого зв'язаний з діафрагмою, вихід  $(n+1)$ -го інфрачервоного датчика через конденсатор підключений до другого входу першого компаратора, перший вхід якого з'єднаний з виходом першого джерела опорної напруги, а вихід підключений до входу першого світлодіода, вихід третього джерела опорної напруги з'єднаний з першим входом першого комутатора, третій вхід якого підключений до першого входу другого ключа, другий вхід якого з'єднаний з виходом першого лічильника, 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 постійного запам'ятовуючого блока, перший і другий входи якого підключені відповідно до других входів першого і другого керуючих підсилювачів, виходи першого та другого світлодіодів з'єднані з загальною шиною, вихідна шина

буферного регістра підключена до вхідної шини блока обробки сигналу, вихід якого з'єднаний з входом блока обчислення, вихід якого підключений до входу другого аналого-цифрового перетворювача, вихідна шина якого з'єднана з другою вхідною шиною постійного запам'ятовуючого блока, вихід перетворювача напруга-частота підключений до входів блока обробки сигналу та генератора напруги, що змінюється ступінчасто, 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 з 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.



Комп'ютерна верстка А. Крулевський

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