



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **154137** (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: u 2023 01721	(72) Винахідник(и): Грабко Володимир Віталійович (UA), Грабко Валентин Володимирович (UA), Розводюк Михайло Петрович (UA), Мошноріз Микола Миколайович (UA)
(22) Дата подання заявки: 17.04.2023	
(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: 12.10.2023	
(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію: 11.10.2023, Бюл.№ 41	(73) Володілець (володільці): ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ, вул. Хмельницьке шосе, 95, м. Вінниця, 21021 (UA)

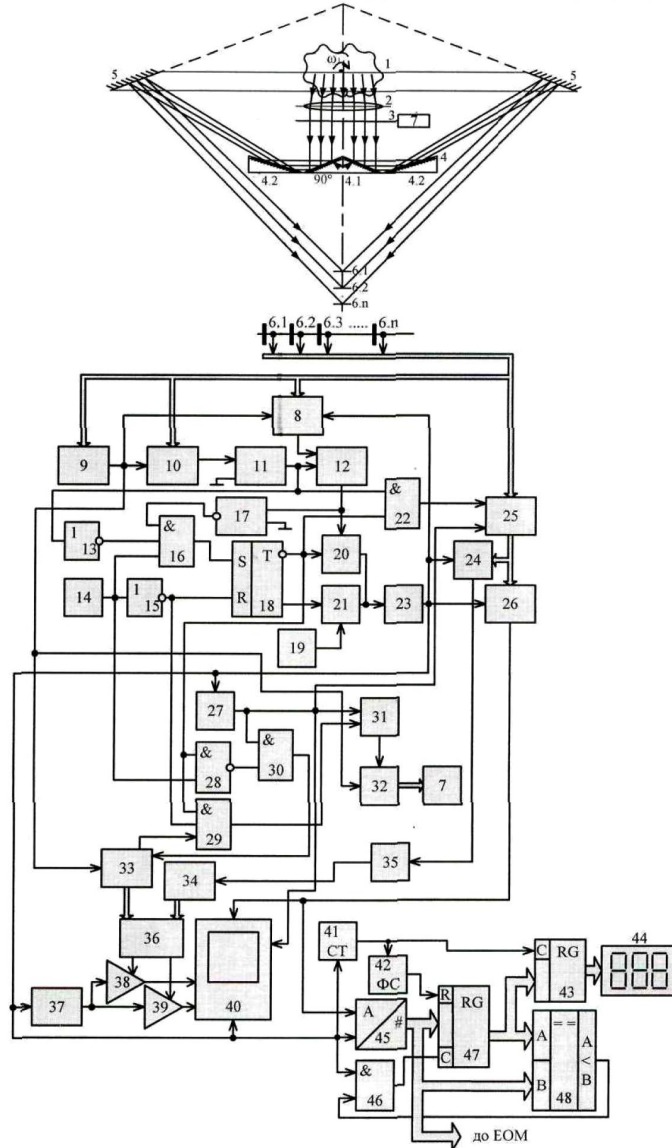
(54) ПРИСТРІЙ ДЛЯ БЕЗКОТАКТНОГО ВИМІРЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ

(57) Реферат:

Пристрій для безконтактного вимірювання температури містить об'єктив, діафрагму, перше дзеркало, виконане у вигляді W-конуса, та друге дзеркало, виконане у вигляді ввігнутого конуса з поверхнями, призначені для відбивання променів світлового потоку, інфрачервоний приймач, являє собою набір інфрачервоних сенсорів, розташованих один за одним, приймальні площадки яких перпендикулярні головній оптичній осі, кроковий двигун, блок порівняння швидкості, блок визначення напрямку обертання, перетворювач частота-напруга, два компаратори, генератор напруги, змінюється лінійно, чотири елементи I, блок запуску, два елементи II, тригер, джерело опорної напруги, два електронні ключі, перетворювач напруга-частота, блок обробки сигналу, буферний регістр, два комутатори, дільник частоти, елемент I-II, ключ, перший лічильник, два аналого-цифрових перетворювачі, блок обчислення, постійний запам'ятовуючий пристрій, генератор напруги, змінюється ступінчасто, два керуючі підсилювачі та відеоконтрольний пристрій. Вал крокового двигуна зв'язаний з діафрагмою. Виходи інфрачервоних сенсорів з'єднані, відповідно, з вхідними шинами блока порівняння швидкості, буферного регістра та перетворювача частота-напруга, вихід якого підключений до першого входу першого компаратора, другий вхід якого з'єднаний з загальною шиною, а вихід підключений до першого входу генератора напруги, що змінюється лінійно. Вихід дільника частоти з'єднаний з першим входом ключа та з другим входом буферного регістра, вихідна шина якого підключена до вхідних шин блока обробки сигналу та першого комутатора, вхід якого з'єднаний з виходом перетворювача напруга-частота. Вихід підключений до першого входу відеоконтрольного пристрою та до першого входу першого аналого-цифрового перетворювача, вихід перетворювача напруга-частота з'єднаний з другими входами першого аналого-цифрового перетворювача і відеоконтрольного пристрою та з входом генератора напруги, що змінюється ступінчасто, вихід якого підключений до перших входів першого і другого керуючих підсилювачів, другі входи яких з'єднані, відповідно, з першим і другим виходами постійного запам'ятовуючого пристрою. Виходи підключені, відповідно, до третього і четвертого входів відеоконтрольного пристрою, п'ятий вхід якого з'єднаний з виходом дільника частоти, вихідна шина першого лічильника підключена до першої вхідної шини постійного запам'ятовуючого пристрою. Вихід перетворювача напруга-частота з'єднаний зі входом дільника частоти. Вихід першого компаратора підключений до входу першого елемента II, вихід якого з'єднаний з другим входом першого елемента I, перший вхід якого підключений до виходу другого компаратора, другий вхід якого з'єднаний з загальною шиною. Перший вхід разом з аналоговим входом першого електронного ключа підключені до виходу генератора напруги, що змінюється лінійно, другий вхід якого з'єднаний з виходом блока порівняння швидкості, перший вхід якого, а також вхід блока обробки сигналу підключені до виходу перетворювача напруга-частота. Вихід дільника частоти з'єднаний з першим входом четвертого елемента I, другий вхід якого підключений до виходу елемента I-II, другий вхід якого з'єднаний з третім входом першого елемента I та з виходом блока запуску, вихід якого підключений до входу другого елемента II, вихід якого з'єднаний з другими входами тригера і третього елемента I, перший вхід якого, а також перший вхід елемента I-II підключені до першого виходу тригера та до другого входу другого елемента I, вихід якого з'єднаний з першим входом буферного регістра. Перший вхід

UA 154137 U

підключений до виходу першого компаратора, вихід першого елемента I з'єднаний з першим входом тригера, перший і другий виходи якого підключені, відповідно, до керуючих входів першого і другого електронних ключів, виходи яких з'єднані з входом перетворювача напруга-частота. Вихід джерела опорної напруги підключений до аналогового входу другого електронного ключа, вихід четвертого елемента I з'єднаний з першим входом першого лічильника, вихід якого підключений до третього входу третього елемента I, вихід якого з'єднаний з другим входом ключа, вихід блока обробки сигналу підключений до входу блока обчислення, вихід якого з'єднаний з входом другого аналого-цифрового перетворювача, вихідна шина якого підключена до другої вхідної шини постійного запам'ятовуючого пристрою, виходи інфрачервоних сенсорів з'єднані, відповідно, з вхідною шиною блока визначення напрямку обертання, вихід якого підключений до входу перетворювача частота-напруга, а також до других входів блока порівняння швидкості, першого лічильника та другого комутатора, перший вхід якого з'єднаний з виходом ключа, а вихідна цифрова шина підключена до вхідної цифрової шини крокового двигуна. Введено другий лічильник, формувач сигналу, п'ятий елемент I, два регістри, цифровий компаратор та цифровий індикатор. 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. Вихід підключений до другого входу п'ятого елемента I, перший вхід якого разом з входом другого лічильника з'єднані з виходом перетворювача напруга-частота. Вихід п'ятого елемента I 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.



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 України № 19467, МПК G01K13/00, бюл. № 12, 2006), що містить об'єktiv, діафрагму, перше дзеркало, виконане у вигляді W-конуса, та друге дзеркало, виконане у вигляді ввігнутого конуса з поверхнями, що призначені для відбивання променів світлового потоку, інфрачервоний приймач, що являє собою набір інфрачервоних сенсорів, розташованих один за одним, приймальні площадки яких перпендикулярні головній оптичній осі, виходи інфрачервоних сенсорів з'єднані, відповідно, з вхідною шиною буферного регістра та з вхідною шиною перетворювача частота-напруга, другий вхід першого компаратора підключений до загальної шини, а вихід з'єднаний з першим входом генератора напруги, що змінюється лінійно, вихід перетворювача напруга-частота підключений до входу дільника частоти, вихід якого з'єднаний з першим входом ключа, вихід якого підключений до входу крокового двигуна, вал якого зв'язаний з діафрагмою, другий вхід буферного регістра з'єднаний з виходом дільника частоти, вихідна шина буферного регістра підключена до вхідної шини комутатора, вхід якого з'єднаний з виходом перетворювача напруга-частота, а вихід підключений до першого входу відеоконтрольного пристрою та до першого входу першого аналого-цифрового перетворювача, вихідна шина якого з'єднана з вхідною шиною інтерфейсного блока, вихід якого підключений до кіл ЕОМ, вихід перетворювача напруга-частота з'єднаний з другими входами першого аналого-цифрового перетворювача і відеоконтрольного пристрою та з входами інтерфейсного блока і генератора напруги, що змінюється ступінчасто, вихід якого підключений до перших входів першого і другого керуючих підсилювачів, другі входи яких з'єднані, відповідно, з першим і другим виходами постійного запам'ятовуючого пристрою, а виходи підключені, відповідно, до третього і четвертого входів відеоконтрольного пристрою, п'ятий вхід якого з'єднаний з виходом дільника частоти, вихідна шина лічильника підключена до першої вхідної шини постійного запам'ятовуючого пристрою, вихід перетворювача частота-напруга з'єднаний з першим входом першого компаратора, вихід якого підключений до входу першого елемента НІ, вихід якого з'єднаний з другим входом першого елемента І, перший вхід якого підключений до виходу другого компаратора, другий вхід якого з'єднаний з загальною шиною, а перший вхід підключений до аналогового входу першого електронного ключа та до виходу генератора напруги, що змінюється лінійно, другий вхід якого з'єднаний з виходом блока порівняння швидкості, вхід якого, а також вхід блока обробки сигналу підключені до входу дільника частоти, вихід якого з'єднаний з першим входом четвертого елемента І, другий вхід якого підключений до виходу елемента І-НІ, другий вхід якого з'єднаний з третім входом першого елемента І та з виходом блока запуску, вихід якого підключений до входу другого елемента НІ, вихід якого з'єднаний з другими входами тригера і третього елемента І, перший вхід якого, а також перший вхід елемента І-НІ підключені до першого виходу тригера та до другого виходу другого елемента І, вихід якого з'єднаний з першим входом буферного регістра, а перший вхід підключений до виходу першого компаратора, вихід першого елемента І з'єднаний з першим входом тригера, перший і другий виходи якого підключені, відповідно, до керуючих входів першого і другого електронних ключів, виходи яких з'єднані з входом перетворювача напруга-частота, вихід джерела опорної напруги підключений до аналогового входу другого електронного ключа, вихід четвертого елемента І з'єднаний з входом лічильника, вихід якого підключений до третього входу третього елемента І, вихід якого з'єднаний з другим входом ключа, вихід блока обробки сигналу підключений до входу блока обчислення, вихід якого з'єднаний з входом другого аналого-цифрового перетворювача, вихідна шина якого підключена до другої вхідної шини постійного запам'ятовуючого пристрою, вхідна шина блока порівняння швидкості з'єднана з вхідною шиною буферного регістра, вихідна шина якого підключена до вхідної шини блока обробки сигналу.

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.

Найближчим аналогом є пристрій для безконтактного вимірювання температури (Патент України № 49844, МПК G01K 13/00, бюл. № 9, 2010), що містить об'єktiv, діафрагму, перше дзеркало, виконане у вигляді W-конуса, та друге дзеркало, виконане у вигляді ввігнутого конуса з поверхнями, що призначені для відбивання променів світлового потоку, інфрачервоний приймач, що являє собою набір інфрачервоних сенсорів, розташованих один за одним, приймальні площадки яких перпендикулярні головній оптичній осі, кроковий двигун, блок порівняння швидкості, блок визначення напрямку обертання, перетворювач частота-напруга,

два компаратори, генератор напруги, що змінюється лінійно, чотири елементи I, блок запуску, два елементи HI, тригер, джерело опорної напруги, два електронні ключі, перетворювач напруга-частота, блок обробки сигналу, буферний регістр, два комутатори, дільник частоти, елемент I-HI, ключ, лічильник (в подальшому - перший лічильник), два аналого-цифрових перетворювачі (АЦП), блок обчислення, постійний запам'ятовуючий пристрій (ПЗП), генератор напруги, що змінюється ступінчасто, два керуючі підсилювачі, відеоконтрольний пристрій (ВКП), інтерфейсний блок, причому вал крокового двигуна зв'язаний з діафрагмою, виходи інфрачервоних сенсорів з'єднані, відповідно, з вхідними шинами блока порівняння швидкості, буферного регістра та перетворювача частота-напруга, вихід якого підключений до першого входу першого компаратора, другий вхід якого з'єднаний з загальною шиною, а вихід підключений до першого входу генератора напруги, що змінюється лінійно, вихід дільника частоти з'єднаний з першим входом ключа та з другим входом буферного регістра, вихідна шина якого підключена до вхідних шин блока обробки сигналу та першого комутатора, вхід якого з'єднаний з виходом перетворювача напруга-частота, а вихід підключений до першого входу ВКП та до першого входу першого АЦП, вихідна шина якого з'єднана з вхідною шиною інтерфейсного блока, вихід якого підключений до кіл ЕОМ, вихід перетворювача напруга-частота з'єднаний з другими входами першого АЦП і ВКП та з входами інтерфейсного блока і генератора напруги, що змінюється ступінчасто, вихід якого підключений до перших входів першого і другого керуючих підсилювачів, другі входи яких з'єднані, відповідно, з першим і другим виходами ПЗП, а виходи підключені, відповідно, до третього і четвертого входів ВКП, п'ятий вхід якого з'єднаний з виходом дільника частоти, вихідна шина першого лічильника підключена до першої вхідної шини ПЗП, вихід перетворювача напруга-частота з'єднаний зі входом дільника частоти, вихід першого компаратора підключений до входу першого елемента HI, вихід якого з'єднаний з другим входом першого елемента I, перший вхід якого підключений до виходу другого компаратора, другий вхід якого з'єднаний з загальною шиною, а перший вхід разом з аналоговим входом першого електронного ключа підключені до виходу генератора напруги, що змінюється лінійно, другий вхід якого з'єднаний з виходом блока порівняння швидкості, перший вхід якого, а також вхід блока обробки сигналу підключені до виходу перетворювача напруга-частота, вихід дільника частоти з'єднаний з першим входом четвертого елемента I, другий вхід якого підключений до виходу елемента I-HI, другий вхід якого з'єднаний з третім входом першого елемента I та з виходом блока запуску, вихід якого підключений до входу другого елемента HI, вихід якого з'єднаний з другими входами тригера і третього елемента I, перший вхід якого, а також перший вхід елемента I-HI підключені до першого виходу тригера та до другого входу другого елемента I, вихід якого з'єднаний з першим входом буферного регістра, а перший вхід підключений до виходу першого компаратора, вихід першого елемента I з'єднаний з першим входом тригера, перший і другий виходи якого підключені, відповідно, до керуючих входів першого і другого електронних ключів, виходи яких з'єднані з виходом перетворювача напруга-частота, вихід джерела опорної напруги підключений до аналогового входу другого електронного ключа, вихід четвертого елемента I з'єднаний з першим входом першого лічильника, вихід якого підключений до третього входу третього елемента I, вихід якого з'єднаний з другим входом ключа, вихід блока обробки сигналу підключений до входу блока обчислення, вихід якого з'єднаний з входом другого АЦП, вихідна шина якого підключена до другої вхідної шини ПЗП, виходи інфрачервоних сенсорів з'єднані, відповідно, з вхідною шиною блока визначення напрямку обертання, вихід якого підключений до входу перетворювача частота-напруга, а також до других входів блока порівняння швидкості, першого лічильника та другого комутатора, перший вхід якого з'єднаний з виходом ключа, а вихідна цифрова шина підключена до вхідної цифрової шини крокового двигуна.

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, діафрагму, перше дзеркало, виконане у вигляді W-конуса, та друге дзеркало, виконане у вигляді ввігнутого конуса з поверхнями, що призначені для

відбивання променів світлового потоку, інфрачервоний приймач, що являє собою набір інфрачервоних сенсорів, розташованих один за одним, приймальні площадки яких перпендикулярні головній оптичній осі, кроковий двигун, блок порівняння швидкості, блок визначення напрямку обертання, перетворювач частота-напруга, два компаратори, генератор напруги, що змінюють лінійно, чотири елементи I, блок запуску, два елементи HI, тригер, джерело опорної напруги, два електронні ключі, перетворювач напруга-частота, блок обробки сигналу, буферний регістр, два комутатори, дільник частоти, елемент I-HI, ключ, перший лічильник, два АЦП, блок обчислення, ПЗП, генератор напруги, що змінюють ступінчасто, два керуючі підсилювачі та ВКП, причому вал крокового двигуна зв'язаний з діафрагмою, виходи інфрачервоних сенсорів з'єднані, відповідно, з вхідними шинами блока порівняння швидкості, буферного регістра та перетворювача частота-напруга, вихід якого підключений до першого входу першого компаратора, другий вхід якого з'єднаний з загальною шиною, а вихід підключений до першого входу генератора напруги, що змінюють лінійно, вихід дільника частоти з'єднаний з першим входом ключа та з другим входом буферного регістра, вихідна шина якого підключена до вхідних шин блока обробки сигналу та першого комутатора, вхід якого з'єднаний з виходом перетворювача напруга-частота, а вихід підключений до першого входу ВКП та до першого входу першого АЦП, вихід перетворювача напруга-частота з'єднаний з другими входами першого АЦП і ВКП та з входом генератора напруги, що змінюють ступінчасто, вихід якого підключений до перших входів першого і другого керуючих підсилювачів, другі входи яких з'єднані, відповідно, з першим і другим виходами ПЗП, а виходи підключені, відповідно, до третього і четвертого входів ВКП, п'ятий вхід якого з'єднаний з виходом дільника частоти, вихідна шина першого лічильника підключена до першої вхідної шини ПЗП, вихід перетворювача напруга-частота з'єднаний зі входом дільника частоти, вихід першого компаратора підключений до входу першого елемента HI, вихід якого з'єднаний з другим входом першого елемента I, перший вхід якого підключений до виходу другого компаратора, другий вхід якого з'єднаний з загальною шиною, а перший вхід разом з аналоговим входом першого електронного ключа підключені до виходу генератора напруги, що змінюють лінійно, другий вхід якого з'єднаний з виходом блока порівняння швидкості, перший вхід якого, а також вхід блока обробки сигналу підключені до виходу перетворювача напруга-частота, вихід дільника частоти з'єднаний з першим входом четвертого елемента I, другий вхід якого підключений до виходу елемента I-HI, другий вхід якого з'єднаний з третім входом першого елемента I та з виходом блока запуску, вихід якого підключений до входу другого елемента HI, вихід якого з'єднаний з другими входами тригера і третього елемента I, перший вхід якого, а також перший вхід елемента I-HI підключені до першого виходу тригера та до другого входу другого елемента I, вихід якого з'єднаний з першим входом буферного регістра, а перший вхід підключений до виходу першого компаратора, вихід першого елемента I з'єднаний з першим входом тригера, перший і другий виходи якого підключені, відповідно, до керуючих входів першого і другого електронних ключів, виходи яких з'єднані з входом перетворювача напруга-частота, вихід джерела опорної напруги підключений до аналогового входу другого електронного ключа, вихід четвертого елемента I з'єднаний з першим входом першого лічильника, вихід якого підключений до третього входу третього елемента I, вихід якого з'єднаний з другим входом ключа, вихід блока обробки сигналу підключений до входу блока обчислення, вихід якого з'єднаний з входом другого АЦП, вихідна шина якого підключена до другої вхідної шини ПЗП, виходи інфрачервоних сенсорів з'єднані, відповідно, з вхідною шиною блока визначення напрямку обертання, вихід якого підключений до входу перетворювача частота-напруга, а також до других входів блока порівняння швидкості, першого лічильника та другого комутатора, перший вхід якого з'єднаний з виходом ключа, а вихідна цифрова шина підключена до вхідної цифрової шини крокового двигуна, введено другий лічильник, формувач сигналу, п'ятий елемент I, 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 вхідною цифровою шиною першого АЦП, а вихід підключений до другого входу п'ятого елемента I, перший вхід якого разом з входом другого лічильника з'єднані з виходом перетворювача напруга-частота, вихід п'ятого елемента I 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 пояснюють кресленням, на якому зображена його структурна схема.

На схемі: 1 - об'єкт контролю; 2 - об'єкти; 3 - діафрагма; 4 - перше дзеркало у вигляді W-конуса, прямолінійні утворюючі центральної конусної поверхні 4.1 якого утворюють кут при вершині 90°, а прямолінійні утворюючі бокової конусної поверхні 4.2 утворюють кут при вершині, більший ніж 90°; 5 - друге дзеркало виконане у вигляді ввігнутого конуса; 6 - інфрачервоний приймач, що містить n окремих інфрачервоних сенсорів; 7 - кроковий двигун; 8 - блок порівняння швидкості; 9 - блока визначення напрямку обертання; 10 - перетворювач частота-напруга; 11 - перший компаратор; 12 - генератор напруги, що змінюють лінійно; 13 - перший елемент HI; 14 - блок запуску; 15 - другий елемент HI; 16 - перший елемент I; 17 - другий компаратор; 18 - тригер; 19 - джерело опорної напруги; 20, 21 - перший і другий електронні ключі; 22 - другий елемент I; 23 - перетворювач напруга-частота; 24 - блок обробки сигналу; 25 - буферний регістр; 26 - перший комутатор; 27 - дільник частоти; 28 - елемент I-HI; 29, 30 - третій і четвертий елементи I; 31 - ключ; 32 - другий комутатор; 33 - перший лічильник; 34 - другий аналого-цифровий перетворювач (АЦП); 35 - блок обчислення; 36 - постійний запам'ятовуючий пристрій (ПЗП); 37 - генератор напруги, що змінюють ступінчасто; 38, 39 - перший і другий керуючі підсилювачі; 40 - відеоконтрольний пристрій (ВКП); 41 - другий лічильник; 42 - формувач сигналу; 43 - другий регістр; 44 - цифровий індикатор; 45 - перший аналого-цифровий перетворювач (АЦП); 46 - п'ятий елемент I; 47 - перший регістр; 48 - цифровий компаратор, причому перше дзеркало 4, виконане у вигляді W-конуса, та друге дзеркало 5, виконане у вигляді ввігнутого конуса з поверхнями, призначені для відбивання променів світлового потоку, інфрачервоний приймач 6 являє собою набір інфрачервоних сенсорів 6.1, 6.2,...,6.n, розташованих один за одним, приймальні площадки яких перпендикулярні головній оптичній осі, вал крокового двигуна 7 зв'язаний з діафрагмою 3, виходи інфрачервоних сенсорів 6.1, 6.2,...,6.n з'єднані, відповідно, з вхідними шинами блока порівняння швидкості 8, буферного регістра 25 та перетворювача частота-напруга 10, вихід якого підключений до першого входу першого компаратора 11, другий вхід якого з'єднаний з загальною шиною, а вихід підключений до першого входу генератора напруги, що змінюють лінійно 12, вихід дільника частоти 27 з'єднаний з першим входом ключа 31 та з другим входом буферного регістра 25, вихідна шина якого підключена до вхідних шин блока обробки сигналу 24 та першого комутатора 26, вхід якого з'єднаний з виходом перетворювача напруга-частота 23, а вихід підключений до першого входу ВКП 40 та до першого входу першого АЦП 45, вихід перетворювача напруга-частота 23 з'єднаний з другими входами першого АЦП 45 і ВКП 40 та з входом генератора напруги, що змінюють ступінчасто, 37, вихід якого підключений до перших входів першого 38 і другого 39 керуючих підсилювачів, другі входи яких з'єднані, відповідно, з першим і другим входами ПЗП 36, а виходи підключені, відповідно, до третього і четвертого входів ВКП 40, п'ятий вхід якого з'єднаний з виходом дільника частоти 27, вихідна шина першого лічильника 33 підключена до першої вхідної шини ПЗП 36, вихід першого перетворювача напруга-частота 23 з'єднаний зі входом дільника частоти 27, вихід першого компаратора 11 підключений до входу першого елемента HI 13, вихід якого з'єднаний з другим входом першого елемента I 16, перший вхід якого підключений до виходу другого компаратора 17, другий вхід якого з'єднаний з загальною шиною, а перший вхід разом з аналоговим входом першого електронного ключа 20 підключені до виходу генератора напруги, що змінюють лінійно, 12, другий вхід якого з'єднаний з виходом блока порівняння швидкості 8, перший вхід якого, а також вхід блока обробки сигналу 24 підключені до виходу перетворювача напруга-частота 23, вихід дільника частоти 27 з'єднаний з першим входом четвертого елемента I 30, другий вхід якого підключений до виходу елемента I-HI 28, другий вхід якого з'єднаний з третім входом першого елемента I 16 та з виходом блока запуску 14, вихід якого підключений до входу другого елемента HI 15, вихід якого з'єднаний з другими входами тригера 18 і третього елемента I 29, перший вхід якого, а також перший вхід елемента I-HI 28 підключені до першого виходу тригера 18 та до другого входу другого елемента I 22, вихід якого з'єднаний з першим входом буферного регістра 25, а перший вхід підключений до виходу першого компаратора 11, вихід першого елемента I 16 з'єднаний з першим входом тригера 18, перший і другий виходи якого підключені, відповідно, до керуючих входів першого 20 і другого 21 електронних ключів, виходи яких з'єднані з входом перетворювача напруга-частота 23, вихід джерела опорної напруги 19 підключений до аналогового входу другого електронного ключа 21, вихід четвертого елемента I 30 з'єднаний з першим входом першого лічильника 33, вихід якого підключений до третього входу третього елемента I 29, вихід якого з'єднаний з другим входом ключа 31, вихід блока обробки сигналу 24 підключений до входу блока обчислення 35, вихід якого з'єднаний з входом другого АЦП 34, вихідна шина якого підключена до другої вхідної шини ПЗП 36, виходи інфрачервоних сенсорів

6.1, 6.2,...,6.n з'єднані, відповідно, з вхідною шиною блока визначення напрямку обертання 9, вихід якого підключений до входу перетворювача частота-напруга 10, а також до других входів блока порівняння швидкості 8, першого лічильника 33 та другого комутатора 32, перший вхід якого з'єднаний з виходом ключа 31, а вихідна цифрова шина підключена до вхідної цифрової шини крокового двигуна 7, вихідна цифрова шина першого АЦП 45 з'єднана з вхідною цифровою шиною першого регістра 47, вихідна цифрова шина якого підключена до вхідної цифрової шини другого регістра 43 та до першої вхідної цифрової шини цифрового компаратора 48, друга вхідна цифрова шина якого з'єднана з вихідною цифровою шиною першого АЦП 45, а вихід підключений до другого входу п'ятого елемента І 46, перший вхід якого разом з входом другого лічильника 41 з'єднані з виходом перетворювача напруга-частота 23, вихід п'ятого елемента І 46 підключений до першого входу першого регістра 47, другий вхід якого з'єднаний з виходом формувача сигналу 42, вхід якого разом зі входом другого регістра 43 підключені до виходу другого лічильника 41, вихідна цифрова шина другого регістра 43 з'єднана з вхідною цифровою шиною цифрового індикатора 44, вихідна цифрова шина першого АЦП 45 підключена до ЕОМ.

Запропонований пристрій працює так. Потік інфрачервоного випромінювання, що створюють поверхнею контрольованого об'єкта 1, що знаходиться на деякій відстані від оптичної системи пристрою, потрапляє на об'єктив 2, який перетворює його у випромінювання з променями, паралельними головній оптичній осі.

Перетворений таким чином потік падає на діафрагму 3, яка приводиться в рух кроковим двигуном 7. Діафрагма 3 являє собою непрозорий диск, в якому вирізано сектор, утворений двома променями з кутом між ними, рівним мінімальному кроку обертання крокового двигуна 7, частота обертання якого задають дільником частоти 27. Таким чином, на перше дзеркало 4, що виконано у вигляді W-конуса, та на друге дзеркало 5, виконане у вигляді ввігнутого конуса з поверхнями, що відбивають промені, потрапляє лише частина зображення контрольованого об'єкта 1. Випромінювання, що пройшло через секторний отвір діафрагми 3, приймають інфрачервоним приймачем 6. При цьому теплове зображення розбивають на n частин, кожна з яких приймають окремим сенсором 6_i , де $i=1, n$. При обертанні діафрагми 3 навколо центра, який співпадає з головною оптичною віссю, сканують все теплове поле об'єкта контролю 1. При цьому розгортка є не неперервною, а дискретною за рахунок використання крокового двигуна 7. Це дає можливість отримати інформацію про тепловий стан контрольованого об'єкта в зручній для подальшої обробки формі.

Пристрій має три режими роботи. Перший режим роботи застосовують при дослідженні температурних полів потужних симетричних відносно центра електроенергетичних об'єктів, що знаходяться в стані спокою, наприклад статорів електричних машин.

В цьому випадку на виході перетворювача частота-напруга 10 виявляють сигнал логічного нуля, який через перший компаратор 11 поступає на перший вхід генератора напруги, що змінюють лінійно, 12. При цьому на його виході виявляють сигнал логічного нуля, який поступає на перший вхід другого компаратора 17, на виході якого формують сигнал логічної одиниці, який поступає на перший вхід першого елемента І 16. Також сигнал логічного нуля поступає на вхід першого елемента НІ 13, на виході якого виявляють сигнал логічної одиниці, який поступає на другий вхід першого елемента І 16.

При подачі сигналу з блока запуску 14, наприклад, натисканням кнопки, на його виході виявляють сигнал логічної одиниці, який через відкритий перший елемент І 16 подають на перший вхід тригера 18, на другому виході якого формують сигнал логічної одиниці, який поступає на керуючий вхід другого електронного ключа 21 і відкриває його. При цьому з виходу джерела опорної напруги 19 сигнал напруги через відкритий другий електронний ключ 21 подають на вхід перетворювача напруга-частота 23, на виході якого формують імпульси з частотою f_c , які поступають на вхід дільника частоти 27, що має коефіцієнт ділення n. На виході останнього формують імпульсні сигнали з частотою чергування f, які через ключ 31 та другий комутатор 32 подають на кроковий двигун 7, частота обертання якого визначають формулою $m = \frac{200}{\beta}$, де $\omega = 2\pi \cdot m \cdot f$, де β - мінімальний кут повороту, що утворюють при подачі одного керуючого імпульсу на кроковий двигун 7. З такою ж частотою починає обертатися діафрагма 3, яка містить отвір у вигляді сектора. При цьому здійснюють кругову розгортку теплового зображення нерухомого контрольованого об'єкта 1. Електричні сигнали, амплітуди яких пропорційні температурі елементарних ділянок поверхні об'єкта (кількість таких ділянок може сягати $N=n \cdot m$), з виходів інфрачервоних сенсорів інфрачервоного приймача 6 надходять у

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

буферний регістр 25, який запам'ятовує інформацію в аналоговому вигляді на час

Запис в буферний регістр 25 проводять в момент надходження сигналу з виходу дільника частоти 27. Першим комутатором 26 здійснюють зчитування інформації з буферного регістра 25 з наступним її перетворенням із паралельного виду представлення в послідовний.

5 Сформований таким чином сигнал з виходу першого комутатора 26 потрапляє на перший вхід ВКП 40, а також на вхід першого АЦП 45, в якому він перетворюють в цифрову форму.

10 Одночасно сигнал логічної одиниці з виходу блока запуску 14 поступає на другий вхід елемента І-НІ 28, на перший вхід якого подають сигнал логічного нуля з першого виходу тригера 18. При цьому на виході елемента І-НІ 28 виявляють сигнал логічної одиниці, який відкриває четвертий елемент І 30 для проходження імпульсів з виходу дільника частоти 27 на вхід першого лічильника 33, який починає відраховувати останні.

15 Генератор напруги, що змінюють ступінчасто, 37, перший 38 та другий 39 керуючі підсилювачі і ПЗП 36 призначені для формування сигналів розгортки ВКП 40. Сигнал частотою f_0 , що поступає на вхід генератора напруги, що змінюють ступінчасто, 37, на виході приймає ступінчасту форму (містить η складових) і подають на входи першого 38 і другого 39 керуючих підсилювачів, коефіцієнт підсилення яких задають вихідними сигналами ПЗП 36. При цьому коефіцієнти підсилення першого 38 та другого 39 керуючих 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, φ_i - 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 ПЗП 36 сигнали надходять з першого лічильника 33, коефіцієнт перерахунку якого дорівнює m . В результаті на екрані ВКП 40 при наявності одного інформаційного сигналу, двох сигналів розгортки та сигналу з виходу дільника частоти 27 формують зображення, що відповідає тепловому полю контрольованого об'єкта 1.

25 У випадку, коли немає можливості сумістити оптичну вісь пристрою та геометричну вісь об'єкта контролю, тобто, коли спостереження проводять під певним кутом до геометричної осі контрольованого об'єкта, його тепловий портрет спотворюють і на екрані ВКП 40 замість теплового портрета, що відповідає концентричним колам, буде з'являться еліпсоподібне зображення. Для компенсації такого спотворення пропонують наступний підхід.

30 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 напіввісі еліпса, відповідно, причому $a=R$, де R - радіус кола контрольованого об'єкта.

35 Перейдемо у полярну систему координат, використавши формули:

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

де r - "радіус" еліпса, φ - кут повороту радіуса r .

Підставимо (2) в (1) та отримаємо вираз:

40
$$\sqrt{b^2 - r^2 \cdot \sin^2 \varphi}. \quad (3)$$

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

45 Це реалізовано в блоці обробки сигналу 24, який фіксує кут φ , параметри b і r та передає їх в блок обчислення 35, в якому за формулою (3) визначають дійсний радіус спотвореного кола.

Вихідний сигнал блока обчислення 35 за допомогою другого АЦП 34 перетворюють в цифровий код і поступає на другу вхідну шину ПЗП 36, формуючи при цьому скориговані коефіцієнти підсилення першого 38 і другого 39 керуючих підсилювачів, які відновлюють розмір зображення при його виведенні на ВКП 40.

50 Другий режим роботи пристрою застосовують для вимірювання теплового поля контрольованого об'єкта 1, що обертають.

При обертанні контрольованого об'єкта 1 на виході перетворювача частота-напруга 10 виявляють напруга, яка поступає на перший вхід першого компаратора 11. На його виході виявляють сигнал логічної одиниці, який поступає на перший вхід генератора напруги, що

змінюють лінійно, 12 і на виході останнього виявляють напругу. Одночасно на виході блока запуску 14 присутній сигнал логічного нуля, який через другий елемент HI 15 встановлює на першому виході тригера 18 сигнал логічної одиниці, який подають на керуючий вхід першого електронного ключа 20 і відкриває його. При цьому значення напруги з виходу генератора напруги, що змінюють лінійно, 12 подають на вхід перетворювача напруга-частота 23, на виході якого формують імпульси з частотою f_{G1} , які поступають на вхід дільника частоти 27. Зауважимо, що за наявності сигналів логічної одиниці на виходах першого компаратора 11 та тригера 18 другий елемент I 22 відкривають та його вихідний сигнал подають в буферний регістр 25. Одночасно сигнал логічного нуля з виходу блока запуску 14 поступає на другий вхід елемента I-HI 28, на виході якого з'являється сигнал логічної одиниці, який відкриває четвертий елемент I 30, дозволяючи проходження імпульсів з виходу дільника частоти 27 через ключ 31 та другий комутатор 32 на кроковий двигун 7. При цьому діафрагма 3 починає обертатися і за час зростання сигналу на виході генератора напруги, що змінюють лінійно, 12, швидкість обертання діафрагми 3 зрівнюють зі швидкістю обертання контрольованого об'єкта 1. Очевидно, що напруга на виході перетворювача частота-напруга 10 протягом періоду розгону крокового двигуна 7 зменшують і в момент порівняння швидкостей обертання діафрагми 3 та контрольованого об'єкта 1 напруга стає рівною нулю. При цьому на виході першого компаратора 11 виявляють сигнал логічного нуля, яким припиняють процес нарощування напруги на виході генератора напруги, що змінюють лінійно, 12 і період розгону крокового двигуна 7 на цьому завершують.

Одночасно з виходу дільника частоти 27 сигнал надходить на вхід першого лічильника 33. На виході останнього, де формують сигнал переносу і який з'єднаний з другим виходом ключа 31 через третій елемент I 29, формують імпульси з періодом $\overline{m \cdot f}$ і тривалістю \overline{f} , які поступають на ключ 31 і закривають його.

При цьому сканування контрольованого об'єкта 1, що обертають, здійснюють спочатку вздовж деякого радіуса R_j , кут між вибраним нульовим напрямом та R_j дорівнює $j \cdot \beta$. Коли здійснено сканування n точок, що лежать на радіусі R_j , по сигналу першого лічильника 33 ключ 31 припиняє роботу крокового двигуна 7 на період, що відповідає \overline{f} . При цьому за цей час об'єкт контролю 1 повертають відносно діафрагми 3 на кут β . Робота крокового двигуна 7 відновлюють і сканують уже здійснюють вздовж радіуса R_{j+1} кут між вибраним нульовим напрямом та R_{j+1} стає рівним $(j+1) \cdot \beta$. Виведення зображення на ВКП 40 реалізують аналогічно, як і в першому режимі роботи пристрою. Так здійснюють кругову розгортку всього теплового зображення контрольованого об'єкта 1, що обертають.

Третій елемент I 29 в цьому режимі роботи є відкритим, оскільки на другий його вхід подають сигнал логічної одиниці з виходу другого елемента HI 15, а на перший його вхід поступає сигнал логічної одиниці з першого виходу тригера 18.

У випадку, якщо швидкість обертання контрольованого об'єкта 1 зменшилась, пристрій також працює коректно. При цьому код з вихідної шини інфрачервоного приймача 6 поступає на вхідну шину блока порівняння швидкості 8, на його виході формують сигнал логічної одиниці, який подають і вхід генератора напруги, що змінюють лінійно, 12. Очевидно, що у випадку зменшення швидкості обертання контрольованого об'єкта 1, на виході перетворювача частота-напруга 10 з'являється сигнал, яким забезпечують зменшення напруги на виході генератора напруги, що змінюють лінійно, 12, внаслідок чого швидкість обертання крокового двигуна 7 також зменшують і швидкості обертання діафрагми 3 та контрольованого об'єкта 1 зрівнюють.

Якщо напрям обертання контрольованого об'єкта змінюють, то на виході блока визначення напрямку обертання 9 з'являється сигнал логічної одиниці, яким змінюють алгоритм роботи блока порівняння швидкості 8, перетворювача частота-напруга 10, другого комутатора 32 та першого лічильника 33. При появі на другому вході другого комутатора 32 сигналу логічної одиниці кроковий двигун 7 обертає діафрагму 3 в протилежному напрямку. Формування розгортки зображення на екрані ВКП 40 також здійснюють в протилежному напрямку, оскільки на другий вхід першого лічильника: подають сигнал логічної одиниці. Вся інша логіка роботи блоків пристрою зберігають.

Третій режим роботи пристрою використовують при вимірюванні теплового поля однієї або n точок контрольованого об'єкта 1, що обертають навколо своєї осі, наприклад ротора електричної машини.

Зображення n точок контрольованого об'єкта 1, що знаходять на одному радіусі, проектують через сектор діафрагми 3, яку обертають з частотою, рівною частоті обертання об'єкта контролю.

В цьому випадку пристрій працює аналогічно другому режиму, кроковий двигун 7 приводить в рух діафрагму 3 з кутовою частотою, що відповідає кутовій частоті обертання контрольованого об'єкта 1, яку визначають перетворювачем частота-напруга 10, який формує відповідний сигнал для генератора напруги, що змінюють лінійно, 12.

5 Даний режим роботи здійснюють при подачі сигналу з блока запуску 14, наприклад, натисканням кнопки, на виході останнього формують сигнал логічної оди ниці, який через другий елемент ІНІ 15 у вигляді логічного нуля поступає на другий вхід третього елемента І 29 і закриває його, не дозволяючи при цьому проходження сигналу з виходу першого лічильника 33 на другий вхід ключа 31. Одночасно сигнал логічної одиниці з виходу блока запуску 14 подають на другий вхід елемента І-НІ 28, на перший вхід якого подають сигнал логічної одиниці з першого виходу тригера 18. При цьому на виході елемента І-НІ 28 з'являється сигнал логічного нуля, який закриває четвертий елемент І 30, не дозволяючи проходження імпульсів з виходу дільника частоти 27 на вхід першого лічильника 33. При цьому цифровий код з вихідної шини першого лічильника 33 поступає на вхідну шину ПЗП 36, який формує коефіцієнти підсилення першого 38 і другого 39 керуючих підсилювачів такими, що на екран ВКП 40 виводять сегмент зображення, що відтворюють вздовж j -го радіуса кругової розгортки, тобто здійснюють виведення теплового поля η точок контрольованого об'єкта 1, що лежать на одній прямій (в одному секторі з кутом β).

20 Слід зазначити, що доки у другому режимі роботи на виході першого компаратора 11 присутній сигнал логічної одиниці, тобто швидкості обертання діафрагми 3 та контрольованого об'єкта 1 не зрівнялися, запис інформації в буферний регістр 25 через другий елемент І 22 та її відображення на ВКП 40 блокують.

Визначення найбільш нагрітої точки об'єкта дослідження в процесі його роботи відбувається наступним чином. Послідовність сигналів з виходу першого комутатора 26 потрапляє на перший вхід першого АЦП 45, в якому по сигналу з виходу перетворювача напруга-частота 23 здійснюють їх перетворення в цифровий код. По закінченню першого перетворення в цифровому компараторі 48 здійснюють порівняння цифрового коду з виходу першого АПЦ 45 та нульового коду, записаного в першому регістрі 47. При цьому на виході цифрового компаратора 48 з'являється сигнал логічної одиниці, яким відкривають п'ятий елемент І 46 і по сигналу з виходу перетворювача напруга-частота 23 цифровий код з виходу першого АЦП 45 записують в перший регістр 47. При черговому циклі аналого-цифрового перетворення на виході першого АЦП 45 з'являється цифровий код, який порівнюють з кодом, записаним в першому регістрі 47. І якщо цифровий код на виході першого АЦП 45 перевищує код, записаний в першому регістрі 47, то відбувається перезапис коду в перший регістр 47. Таким чином в процесі аналого-цифрового перетворення сигналів, що відповідають температурі різних точок об'єкта дослідження, в першому регістрі 47 зберігають код, що відповідає найвищій температурі об'єкта дослідження. По завершенню повного оберту досліджуваного об'єкта на виході другого лічильника 41, коефіцієнт ділення якого дорівнює N , з'являється імпульс, яким інформація з першого регістра 47 переписують в другий регістр 43 та виводять на цифровий індикатор 44. По задньому фронту зазначеного імпульсу на виході формувача сигналу 42 з'являється короткий імпульс, яким перший регістр 47 обнуляють.

Підкреслимо, що з виходу першого АЦП 45 цифровий код передають в ЕОМ.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

45 Пристрій для безконтактного вимірювання температури, що містить об'єкти, діафрагму, перше дзеркало, виконане у вигляді W -конуса, та друге дзеркало, виконане у вигляді ввігнутого конуса з поверхнями, що призначені для відбивання променів світлового потоку, інфрачервоний приймач, що являє собою набір інфрачервоних сенсорів, розташованих один за одним, приймальні площадки яких перпендикулярні головній оптичній осі, кроковий двигун, блок порівняння швидкості, блок визначення напрямку обертання, перетворювач частота-напруга, два компаратори, генератор напруги, що змінюється лінійно, чотири елементи І, блок запуску, два елементи ІНІ, тригер, джерело опорної напруги, два електронні ключі, перетворювач напруга-частота, блок обробки сигналу, буферний регістр, два комутатори, дільник частоти, елемент І-НІ, ключ, перший лічильник, два аналого-цифрових перетворювачі, блок обчислення, постійний запам'ятовуючий пристрій, генератор напруги, що змінюється ступінчасто, два керуючі підсилювачі та відеоконтрольний пристрій, причому вал крокового двигуна зв'язаний з діафрагмою, виходи інфрачервоних сенсорів з'єднані, відповідно, з вхідними шинами блока порівняння швидкості, буферного регістра та перетворювача частота-напруга, вихід якого підключений до першого входу першого компаратора, другий вхід якого з'єднаний з загальною

шиною, а вихід підключений до першого входу генератора напруги, що змінюється лінійно, вихід дільника частоти з'єднаний з першим входом ключа та з другим входом буферного регістра, вихідна шина якого підключена до вхідних шин блока обробки сигналу та першого комутатора, вхід якого з'єднаний з виходом перетворювача напруга-частота, а вихід підключений до першого входу відеоконтрольного пристрою та до першого входу першого аналого-цифрового перетворювача, вихід перетворювача напруга-частота з'єднаний з другими входами першого аналого-цифрового перетворювача і відеоконтрольного пристрою та з входом генератора напруги, що змінюється ступінчасто, вихід якого підключений до перших входів першого і другого керуючих підсилювачів, другі входи яких з'єднані, відповідно, з першим і другим виходами постійного запам'ятовуючого пристрою, а виходи підключені, відповідно, до третього і четвертого входів відеоконтрольного пристрою, п'ятий вхід якого з'єднаний з виходом дільника частоти, вихідна шина першого лічильника підключена до першої вхідної шини постійного запам'ятовуючого пристрою, вихід перетворювача напруга-частота з'єднаний зі входом дільника частоти, вихід першого компаратора підключений до входу першого елемента ІІ, вихід якого з'єднаний з другим входом першого елемента І, перший вхід якого підключений до виходу другого компаратора, другий вхід якого з'єднаний з загальною шиною, а перший вхід разом з аналоговим входом першого електронного ключа підключені до виходу генератора напруги, що змінюється лінійно, другий вхід якого з'єднаний з виходом блока порівняння швидкості, перший вхід якого, а також вхід блока обробки сигналу підключені до виходу перетворювача напруга-частота, вихід дільника частоти з'єднаний з першим входом четвертого елемента І, другий вхід якого підключений до виходу елемента І-ІІ, другий вхід якого з'єднаний з третім входом першого елемента І та з виходом блока запуску, вихід якого підключений до входу другого елемента ІІ, вихід якого з'єднаний з другими входами тригера і третього елемента І, перший вхід якого, а також перший вхід елемента І-ІІ підключені до першого виходу тригера та до другого входу другого елемента І, вихід якого з'єднаний з першим входом буферного регістра, а перший вхід підключений до виходу першого компаратора, вихід першого елемента І з'єднаний з першим входом тригера, перший і другий виходи якого підключені, відповідно, до керуючих входів першого і другого електронних ключів, виходи яких з'єднані з входом перетворювача напруга-частота, вихід джерела опорної напруги підключений до аналогового входу другого електронного ключа, вихід четвертого елемента І з'єднаний з першим входом першого лічильника, вихід якого підключений до третього входу третього елемента І, вихід якого з'єднаний з другим входом ключа, вихід блока обробки сигналу підключений до входу блока обчислення, вихід якого з'єднаний з входом другого аналого-цифрового перетворювача, вихідна шина якого підключена до другої вхідної шини постійного запам'ятовуючого пристрою, виходи інфрачервоних сенсорів з'єднані, відповідно, з вхідною шиною блока визначення напрямку обертання, вихід якого підключений до входу перетворювача частота-напруга, а також до других входів блока порівняння швидкості, першого лічильника та другого комутатора, перший вхід якого з'єднаний з виходом ключа, а вихідна цифрова шина підключена до вхідної цифрової шини крокового двигуна, який **відрізняється** тим, що введено другий лічильник, формувач сигналу, п'ятий 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 п'ятого елемента І, перший вхід якого разом з входом другого лічильника з'єднані з виходом перетворювача напруга-частота, вихід п'ятого 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.

