



УКРАЇНА

(19) UA (11) 14687 (13) U
(51) МПК (2006)
G01K 13/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС

ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під
відповідальність
власника
патенту

(54) ПРИСТРІЙ ДЛЯ БЕЗКОНТАКТНОГО ВИМІРЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ

1

2

(21) u200512052

(22) 15.12.2005

(24) 15.05.2006

(46) 15.05.2006, Бюл. № 5, 2006 р.

(72) Грабко Валентин Володимирович

(73) ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ

(57) Пристрій для безконтактного вимірювання температури, що містить об'єктив, діафрагму, дзеркало, виконане у вигляді ввігнутого конуса з поверхнею, що відображає промені світлового потоку, інфрачервоний приймач, що являє собою циліндр, секції якого є окремими інфрачервоними сенсорами, виходи яких з'єднані відповідно зі вхідною шиною буферного регістра та зі вхідною шиною блока синхронізації, вихід якого через керований тактовий генератор підключений до першого входу блока підготовки даних, до входу комутатора, до входу генератора напруги та до входу дільника частоти, вихід якого з'єднаний з першим входом буферного регістра, з першим входом відеоконтрольного блока та з першим входом лічильника, вихід якого підключений до другого входу ключа, вихід якого з'єднаний зі входом крокового двигуна, вал якого зв'язаний з діафрагмою, вихідна шина буферного регістра підключена до

вхідної шини комутатора, вихід якого з'єднаний з другим входом блока підготовки даних та з другим входом відеоконтрольного блока, третій і четвертий входи якого підключені відповідно до виходів першого і другого керованих підсилювачів, перші входи яких з'єднані з виходом генератора напруги, а другі входи підключені відповідно до першого і другого виходів постійного запам'ятовуючого пристрою (ПЗП), перша вхідна цифрова шина якого з'єднана з вихідною цифровою шиною лічильника, другий вхід якого підключений до першого виходу блока управління, другий вихід якого з'єднаний зі входом блока синхронізації, а третій вихід підключений до другого входу буферного регістра, вихід блока підготовки даних з'єднаний з колами ЕОМ, який **відрізняється** тим, що в нього введені блок обробки сигналу, блок обчислення та аналого-цифровий перетворювач (АЦП), причому вихідна шина буферного регістра підключена до вхідної шини блока обробки сигналу, вхід якого з'єднаний з виходом керованого тактового генератора, а вихід підключений до входу блока обчислення, вихід якого з'єднаний зі входом АЦП, цифрова вихідна шина якого підключена до другої вхідної цифрової шини ПЗП, вихід дільника частоти з'єднаний з першим входом ключа.

Корисна модель відноситься 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 об'єктів, що обертаються [А.С. СРСР № 1770782. М. кл. G 01 K 13/08, бюл. №39, 1992], що містить джерело світла, світловий потік якого через оптичну систему потрапляє, віддзеркалюючись від термоіндикаторного покриття теплопередавального елемента змінної товщини контролюваного об'єкта, що обертається, на вхід фотоприймача, вихід якого з'єднаний зі входом першого функціонального генератора, вихід якого підключений до лічильного входу лічильника імпульсів, від установки якого з'єднаний з виходом

другого функціонального генератора, вхід якого підключений до джерела живлення.

Головним недоліком даного пристрою є те, що він передбачає вмонтовування в об'єкт контролю термочутливого елемента, що ускладнює або унеможливує його застосування для визначення температурних полів, наприклад, обмоток потужних електричних машин.

За прототип обрано пристрій для безконтактного вимірювання температури [А.С. СРСР № 1563366, М. кл. G01K 13/08, G01J 5/28, бюл. № 6, 1988], що містить об'єктив, діафрагму, дзеркало, виконане у вигляді ввігнутого конуса з поверхнею, що відображає промені світлового потоку, інфрачервоний приймач, що являє собою циліндр, секції якого є окремими інфрачервоними сенсорами, виходи яких з'єднані відповідно зі вхідною шиною

UA (13)

14687 (11)

UA (19)

буферного регістра блока перетворення інформації (в подальшому - буферного регістра) та зі вхідною шиною пристрою синхронізації блока управління і синхронізації (в подальшому - блока синхронізації), вихід якого через керований тактовий генератор блока управління і синхронізації (в подальшому - керований тактовий генератор) підключений до першого входу блока підготовки даних для введення в ЕОМ (в подальшому - блока підготовки даних), до входу комутатора п входів на один вихід блока перетворення інформації (в подальшому - комутатора), до входу генератора напруги, що змінюється ступінчасте, блока вимірювання (в подальшому - генератора напруги), до першого входу ключа блока управління і синхронізації (в подальшому - ключа) та до входу дільника частоти блока управління і синхронізації (в подальшому - дільника частоти), вихід якого з'єднаний з першим входом буферного регістра, з першим входом відеоконтрольного пристрою блока вимірювання (в подальшому - відеоконтрольного блока) та з першим входом лічильника блока управління і синхронізації (в подальшому - лічильника), вихід якого підключений до другого входу ключа, вихід якого з'єднаний зі входом крокового двигуна, вал якого зв'язаний з діафрагмою, вихідна шина буферного регістра підключена до вхідної шини комутатора, вихід якого з'єднаний з другим входом блока підготовки даних та з другим входом відеоконтрольного блока, третій і четвертий входи якого підключені відповідно до виходів першого і другого керованих підсилювачів блока вимірювання (в подальшому - керованих підсилювачів), перші входи яких з'єднані з виходом генератора напруги, а другі входи підключені відповідно до першого і другого виходів постійного запам'ятовуючого пристрою (ПЗП) блока вимірювання (в подальшому - ПЗП), вхідна цифрова шина якого з'єднана з вихідною цифровою шиною лічильника, другий вхід якого підключений до першого виходу пристрою управління блока управління і синхронізації (в подальшому - блока управління), другий вихід якого з'єднаний зі входом блока синхронізації, а третій вихід підключений до другого входу буферного регістра, вихід блока підготовки даних з'єднаний з колами ЕОМ.

Головним недоліком даного пристрою є те, що він не дозволяє коректно відображати тепловий портрет об'єкта контролю у випадку, коли геометричні вісі пристрою та об'єкта контролю не співпадають, тобто спостереження пристроєм проводиться під певним кутом до поверхні об'єкта контролю, що знижує точність контролю вимірювання теплового поля об'єкта контролю. Крім того, оскільки на кроковий двигун сигнал подається безпосередньо з керованого тактового генератора, а не з дільника частоти блока управління і синхронізації, то виведення інформації в блок вимірювання проводиться із запізненням та виникає переповнення буферного регістра блока перетворення інформації, що зменшує точність роботи пристрою.

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 мож-

ливість коригування теплового портрета об'єкта контролю у випадку, коли геометрична вісь пристрою не співпадає з геометричною віссю об'єкта контролю, що дозволяє підвищити точність роботи пристрою.

Поставлена задача досягається тим, що в пристрій для безконтактного вимірювання температури, що містить об'єктив, діафрагму, дзеркало, виконане у вигляді ввігнутого конуса з поверхнею, що відображає промені світлового потоку, інфрачервоний приймач, що являє собою циліндр, секції якого є окремими інфрачервоними сенсорами, виходи яких з'єднані відповідно зі вхідною шиною буферного регістра та зі вхідною шиною блока синхронізації, вихід якого через керований тактовий генератор підключений до першого входу блока підготовки даних, до входу комутатора, до входу генератора напруги та до входу дільника частоти, вихід якого з'єднаний з першим входом буферного регістра, з першим входом відеоконтрольного блока та з першим входом лічильника, вихід якого підключений до другого входу ключа, вихід якого з'єднаний зі входом крокового двигуна, вал якого зв'язаний з діафрагмою, вихідна шина буферного регістра підключена до вхідної шини комутатора, вихід якого з'єднаний з другим входом блока підготовки даних та з другим входом відеоконтрольного блока, третій і четвертий входи якого підключені відповідно до виходів першого і другого керованих підсилювачів, перші входи яких з'єднані з виходом генератора напруги, а другі входи підключені відповідно до першого і другого виходів ПЗП, перша вхідна цифрова шина якого з'єднана з вихідною цифровою шиною лічильника, другий вхід якого підключений до першого виходу блока управління, другий вихід якого з'єднаний зі входом блока синхронізації, а третій вихід підключений до другого входу буферного регістра, вихід блока підготовки даних з'єднаний з колами ЕОМ, введено блок обробки сигналу, блок обчислення та аналого-цифровий перетворювач (АЦП), причому вихідна шина буферного регістра підключена до вхідної шини блока обробки сигналу, вхід якого з'єднаний з виходом керованого тактового генератора, а вихід підключений до входу блока обчислення, вихід якого з'єднаний зі входом АЦП, цифрова вихідна шина якого підключена до другої вхідної цифрової шини ПЗП, вихід дільника частоти з'єднаний з першим входом ключа.

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

На схемі: 1 - об'єкт контролю; 2 - об'єктив; 3 - діафрагма; 4 - конусоподібне дзеркало з кутом при вершині 90° з поверхнею 5; 6 - інфрачервоний приймач, що містить η окремих інфрачервоних сенсорів; 7 - кроковий двигун; 8 - ключ; 9 - дільник частоти; 10 - керований тактовий генератор; 11 - блок синхронізації; 12 - лічильник; 13 - блок управління; 14 - буферний регістр; 15 - АЦП; 16 - блок обчислення; 17 - блок обробки сигналу; 18 - комутатор; 19 - відеоконтрольний блок; 20 - ПЗП; 21, 22 - перший та другий керовані підсилювачі; 23 - генератор напруги; 24 - блок підготовки даних, причому виходи інфрачервоного приймача 6 з'єднані відповідно зі вхідною шиною буферного регістра

14 та зі вхідною шиною блока синхронізації 11, вихід якого через керований тактовий генератор 10 підключений до першого входу блока підготовки даних 24, до входу комутатора 18, до входу генератора напруги 23 та до входу дільника частоти 9, вихід якого з'єднаний з першим входом буферного регістра 14, з першим входом відеоконтрольного блока 19 та з першим входом лічильника 12, вихід якого підключений до другого входу ключа 8, вихід якого з'єднаний зі входом крокового двигуна 7, вал якого зв'язаний з діафрагмою 3, вихідна шина буферного регістра 14 підключена до вхідної шини комутатора 18, вихід якого з'єднаний з другим входом блока підготовки даних 24 та з другим входом відеоконтрольного блока 19, третій і четвертий входи якого підключені відповідно до виходів першого 21 і другого 22 керованих підсилювачів, перші входи яких з'єднані з виходом генератора напруги 23, а другі входи підключені відповідно до першого і другого виходів ПЗП 20, перша вхідна цифрова шина якого з'єднана з вихідною цифрою шиною лічильника 12, другий вхід якого підключений до першого виходу блока управління 13, другий вихід якого з'єднаний зі входом блока синхронізації 11, а третій вихід підключений до другого входу буферного регістра 14, вихід блока підготовки даних 24 з'єднаний з колами ЕОМ, вихідна шина буферного регістра 14 підключена до вхідної шини блока обробки сигналу 17, вхід якого з'єднаний з виходом керованого тактового генератора 10, а вихід підключений до входу блока обчислення 16, вихід якого з'єднаний зі входом АЦП 15, цифрова вихідна шина якого підключена до другої вхідної цифрової шини ПЗП 20, вихід дільника частоти 9 з'єднаний з першим входом ключа 8.

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

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, рівний мінімальному кроку обертання крокового двигуна 7, частота обертання якого задається керованим тактовим генератором 10. Таким чином, на дзеркало 4, що виконано у вигляді ввігнутого конуса з поверхнею 5, що відбиває промені, потрапляє лише частина зображення контрольованого об'єкта 1. Випромінювання, що пройшло через секторний отвір діафрагми 3, приймається інфрачервоним приймачем 6, що виконаний у вигляді секціонованого циліндра. При цьому теплове зображення розбивається на η частин, кожна з яких приймається окремим сенсором b_i , де $i = \overline{1, \eta}$, кожен з яких розташований в окремій секції інфрачервоного приймача 6. При обертанні діафрагми 3 навколо центра, який співпадає з головною оптичною віссю, сканується все теплове поле об'єкта контролю 1. При цьому розгортка є неперервною, а дискретною за рахунок використання крокового двигуна 7. Це дає можливість отримати інформацію про тепловий стан контро-

льованого об'єкта в зручній для подальшої обробки формі.

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

В цьому випадку блок управління 13 зупиняє роботу блока синхронізації 11, на виході керованого тактового генератора 10 формуються імпульси з частотою f_G , які поступають на дільник частоти 9, що має коефіцієнт ділення n . На виході останнього формуються імпульсні сигнали з частотою чередування f , які через ключ 8 подаються на кроковий двигун 7, частота обертання якого визначається формулою $\omega = 2\pi \cdot m \cdot f$, де $m = \frac{360^\circ}{\beta}$, β - мінімальний

кут повороту, що утворюється 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 здійснюється кругова розгортка теплового зображення нерухомого контрольованого об'єкта 1. Електричні сигнали, амплітуди яких пропорційні температурі елементарних участків поверхні об'єкта (кількість таких участків може сягати $N = n \cdot m$), з виходів інфрачервоних сенсорів інфрачервоного приймача 6 надходять у буферний регістр 14, який запам'ятовує інформацію в аналоговому вигляді на час $\Delta T = \frac{1}{f}$. Запис в буферний регістр 14 проводиться

в момент надходження сигналу з виходу дільника частоти 9. Комутатором 18 здійснюється зчитування інформації з буферного регістра 14 з наступним її перетворенням із паралельного виду представлення в послідовний. Сформований таким чином сигнал з виходу комутатора 18 потрапляє на вхід відеоконтрольного блока 19 і на вхід блока підготовки даних 24, в якому він перетворюється в цифрову форму та приводиться до зручного виду передачі в ЕОМ.

Генератор напруги 23, перший 21 та другий 22 керовані підсилювачі і ПЗП 20 призначені для формування сигналів розгортки відеоконтрольного блока 19. Сигнал частотою f_G , що поступає на вхід генератора напруги 23, на виході приймає ступінчасту форму (містить n складових) і подається на входи першого 21 і другого 22 керованих підсилювачів, коефіцієнт підсилення яких задається вихідними сигналами ПЗП 20. При цьому коефіцієнти підсилення першого 21 та другого 22 керованих підсилювачів задаються так, що на їх виходах формуються сигнали, пропорційні $R_i \cdot \sin \varphi_j$, та $R_i \cdot \cos \varphi_j$ відповідно, де R_i - радіус, φ_j - кут координати елементарного участка поверхні контрольованого об'єкта 1 в полярній системі координат. При цьому $i = \overline{0, \bar{n}}$, $j = \overline{0, \bar{m}}$.

На перший вхід ПЗП 20 сигнали надходять з лічильника 12, коефіцієнт перерахунку якого дорівнює m . В результаті на екрані відеоконтрольного блока 19 при наявності одного інформаційного сигналу, двох сигналів розгортки та сигналу з вихода дільника напруги 9 формується зображення,

що відповідає тепловому полю контрольованого об'єкта 1.

У випадку, коли немає можливості сумістити оптичну вісь пристрою та геометрична вісь об'єкта контролю, тобто, коли спостереження проводиться під певним кутом до геометричної вісі контрольованого об'єкта, його тепловий портрет спотворюється і на екрані відеоконтрольного блока 19 замість теплового портрета, що відповідає концентричним колам, буде з'являтися еліпсоподібне зображення. Для компенсації такого спотворення пропонується наступний підхід.

Відомо, що рівняння еліпса у Декартовій системі координат має вигляд

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

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

Перейдемо у полярну систему координат, використавши формули

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

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

Підставимо (2) в (1) та отримаємо вираз

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

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

Це реалізовано в блоці обробки сигналу 17, який фіксує кут φ , параметри b і r та передає їх в блок обчислення 16, в якому за формулою (3) визначається дійсний радіус спотвореного кола.

Вихідний сигнал блока обчислення 16 за допомогою АЦП 15 перетворюється в цифровий код і поступає на другий вхід ПЗП 20, формуючи при цьому скориговані коефіцієнти підсилення першого 21 і другого 22 керування підсилувачів, які відновлюють розмір зображення при його виведенні на відеоконтрольний блок 19.

Другий режим роботи пристрою використовується при вимірюванні теплового поля однієї або n точок контрольованого об'єкта 1, що обертається навколо своєї вісі, наприклад ротора електричної машини.

Зображення n точок контрольованого об'єкта 1, що знаходиться на одному радіусі, проєктується через сектор діафрагми 3, яка обертається з частотою, рівною частоті обертання об'єкта контролю.

В цьому випадку пристрій працює аналогічно першому режиму, але кроковий двигун 7 приводить в рух діафрагму 3 з кутовою частотою, що відповідає кутовій частоті обертання контрольованого об'єкта 1, яка визначається блоком синхронізації 11, що формує відповідний сигнал для керування тактового генератора 10.

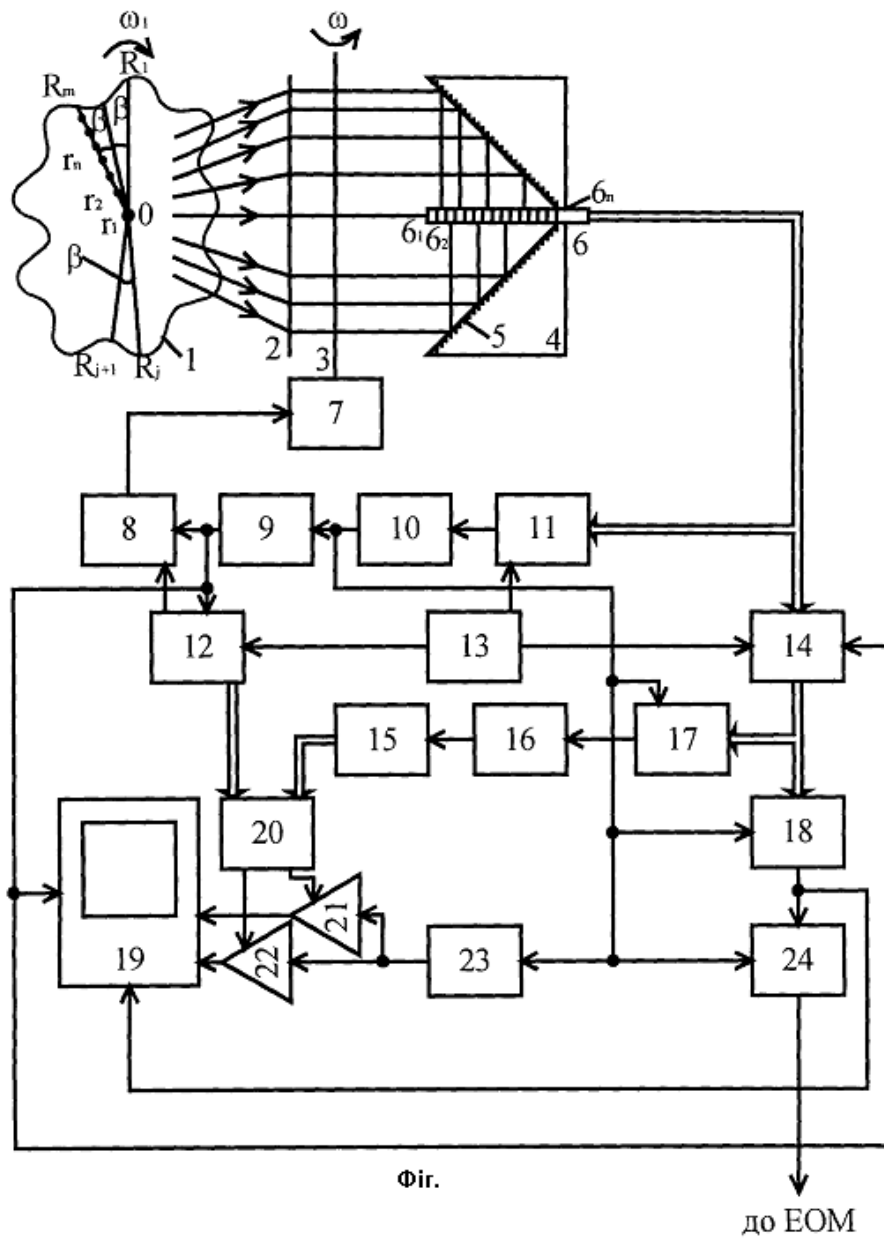
Зміна режиму роботи блока синхронізації 11 відбувається з блока керування 13, який формує відповідний керуючий сигнал. Також блок керування 13 формує сигнал для зміни режиму роботи лічильника 12 для формування коефіцієнтів підсилення першого 21 і другого 22 керування підсилувачів такими, що на екран відеоконтрольного блока 19 виводиться розгортка, що здійснюється вздовж j -го радіуса кругової розгортки, тобто здійснюється виведення теплового поля n точок контрольованого об'єкта 1, що лежать на одній прямій (в одному секторі з кутом β).

Третій режим роботи пристрою застосовується для вимірювання теплового поля контрольованого об'єкта 1, що обертається. При цьому пристрій працює аналогічно другому режиму роботи. Блок управління 13 формує сигнал, що подається на вхід лічильника 12, на його виході, де формується сигнал переноса і який з'єднаний з другим входом ключа 8, формуються імпульси з періодом $\frac{1}{m \cdot f}$ і

тривалістю $\frac{1}{f}$, які поступають на ключ 8 і закривають його.

При цьому сканування контрольованого об'єкта 1, що обертається, здійснюється спочатку вздовж деякого радіуса R_j , кут між вибраним нульовим напрямом та R_j дорівнює $j \cdot \beta$. Коли здійснено сканування n точок, що лежать на радіусі R_j , по сигналу лічильника 12 ключ 8 припиняє роботу крокового двигуна 7 на період, що відповідає $\frac{1}{f}$.

При цьому за цей час об'єкт контролю 1 повертається відносно діафрагми 3 на кут β . Робота крокового двигуна 7 відновлюється і сканування уже здійснюється вздовж радіуса R_{j+1} , кут між вибраним нульовим напрямом та R_{j+1} стає рівним $(j+1) \cdot \beta$. Так здійснюється кругова розгортка всього теплового зображення контрольованого об'єкта 1, що обертається.



Фіг.

до ЕОМ