



УКРАЇНА

(19) UA (11) 22846 (13) U  
(51) МПК (2006)  
G01K 13/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ

## ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під  
відповідальність  
власника  
патенту

### (54) ПРИСТРІЙ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ РУХОМИХ ОБ'ЄКТІВ

1

2

(21) u200613865

(22) 26.12.2006

(24) 25.04.2007

(46) 25.04.2007, Бюл. № 5, 2007 р.

(72) Грабко Володимир Віталійович, Грабко Валентин Володимирович

(73) ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

(57) Пристрій для вимірювання температури рухомих об'єктів, що містить тепловізню камеру, перший вихід якої з'єднаний з першим входом керованої аналогової лінії затримки, другий вхід якої підключений до виходу перетворювача напруга-частота, а вихід з'єднаний з першим входом першого комутатора, другий вхід якого підключений до виходу блока вимірювання середнього значення, а вихід з'єднаний з другим входом блока вимірювання середнього значення, а також з першим входом аналого-цифрового перетворювача, вихідна шина якого підключена до першої вхідної шини другого комутатора, друга вхідна шина якого з'єднана з вихідною шиною регістра, а вихідна шина підключена до першої вхідної шини запам'ятовуючого пристрою, друга і третя вхідні шини якого з'єднані відповідно з першою і другою вихідними шинами блока керування запам'ятовуючим пристроєм, вихідна шина запам'ятовуючого пристрою підключена до вхідних шин регістра, цифро-аналогового перетворювача та третього комутатора, вихідна шина якого з'єднана з колами ЕОМ, другий вихід тепловізню камери підключений до першого входу керуючого блока затримки, другий вхід якого з'єднаний з виходом генератора напруги, що змінюється пилоподібно, а вихід підключений до першого входу першого елемента АБО, другий вхід якого, а також другі входи другого елемента АБО, третього і п'ятого тригерів з'єднані між собою, третій вихід тепловізню камери підключений до першого входу першого елемента І, другий вхід якого з'єднаний з виходом другого тригера, а вихід підключений до першого входу третього тригера, вихід другого елемента І з'єднаний з першим входом п'ятого тригера, вихід другого елемента АБО підключений до другого входу другого тригера, третій вихід тепловізню камери підключений до других входів другого елемента АБО і другого елемента І, а також до входу третього комутатора, вихід диференціюючого елемента з'єднаний з першим входом другого тригера, третій вихід тепловізню камери підключений до других входів другого елемента І та перетворювача кутова швидкість-напруга, перший вхід якого з'єднаний з першим входом тепловізню камери, а вихід підключений до другого входу генератора напруги, що змінюється пилоподібно, вихід третього тригера з'єднаний з входом другого комутатора, другий вихід тепловізню камери підключений до третього входу блока керування ЗП та до другого входу третього елемента І, перший вхід якого з'єднаний з виходом блока запущу, а вихід підключений до першого входу першого тригера.

перший вхід якого підключений до виходу цифро-аналогового перетворювача, а третій вхід, а також вхід синхрогенератора з'єднані з другим входом тепловізню камери, вихід синхрогенератора підключений до входу синхронізатора, перший і другий виходи якого з'єднані відповідно з входами цифро-аналогового перетворювача та регістра, третій і четвертий виходи синхронізатора підключені відповідно до першого входу блока керування запам'ятовуючим пристроєм та до другого входу аналого-цифрового перетворювача, третій вихід тепловізню камери з'єднаний з першим входом генератора напруги, що змінюється пилоподібно, вихід якого підключений до входу перетворювача напруга-частота, вихід першого елемента АБО з'єднаний з другим входом першого тригера, вихід якого підключений до першого входу блока вимірювання середнього значення та до третього входу першого комутатора, елемент ІІ, четвертий тригер, третій елемент І, який відрізняється тим, що в нього введені перетворювач кутова швидкість-напруга, диференціюючий елемент, блок запущу, третій елемент АБО, причому вихід блока запущу з'єднаний з входами диференціюючого елемента та елемента ІІ, вихід якого підключений до других входів другого та третього елементів АБО, перший вхід якого з'єднаний з виходом п'ятого тригера, а вихід підключений до другого входу четвертого тригера, перший вхід якого з'єднаний з виходом третього тригера, а вихід підключений до перших входів другого елемента АБО і другого елемента І, а також до входу третього комутатора, вихід диференціюючого елемента з'єднаний з першим входом другого тригера, третій вихід тепловізню камери підключений до других входів другого елемента І та перетворювача кутова швидкість-напруга, перший вхід якого з'єднаний з першим входом тепловізню камери, а вихід підключений до другого входу генератора напруги, що змінюється пилоподібно, вихід третього тригера з'єднаний з входом другого комутатора, другий вихід тепловізню камери підключений до третього входу блока керування ЗП та до другого входу третього елемента І, перший вхід якого з'єднаний з виходом блока запущу, а вихід підключений до першого входу першого тригера.

(13) U

(11) 22846

(19) UA

Корисна модель відноситься до приладобудування і може бути використана для вимірювання температури рухомих об'єктів або об'єктів, що обертаються, зокрема потужних електричних машин або генераторів.

Відомий пристрій для вимірювання температури рухомої поверхні [А.С. СРСР №682773, М. кл. G01K13/04, G01K7/38, бюл. №32, 1979], що містить кільце, виконане з термомагнітного матеріалу, що закріплене для збільшення жорсткості на циліндрі, який обертається в підшипнику, зовнішній та внутрішній магнітозв'язані коаксіальні циліндри, магніточутливий елемент, реєстратор.

Головним недоліком даного пристрою є те, що він не дозволяє вимірювати температуру рухомих об'єктів, що знижує точність вимірювання теплового поля об'єкта контролю.

За прототип обрано пристрій для вимірювання температури рухомих об'єктів [А.С. СРСР №1678132, М. кл. G01K13/06, G01J5/28, бюл. №34, 1991], що містить мікрооб'єктів, який розташований на одній оптичній вісі з інфрачервоним датчиком, дзеркало, яке розташоване на одній оптичній вісі з тепловізійною камерою, перший вихід якої з'єднаний з першим входом керуваної аналогової лінії затримки, другий вхід якої підключений до виходу перетворювача напруга-частота блока керування лінією затримки (в подальшому - перетворювача напруга-частота), а вихід з'єднаний з першим входом першого комутатора блока комутаторів (в подальшому - першого комутатора), другий вхід якого підключений до виходу блока вимірювання середнього значення, а вихід з'єднаний з другим входом блока вимірювання середнього значення, а також з першим входом аналого-цифрового перетворювача (в подальшому - АЦП), вихідна шина якого підключена до першої вхідної шини другого комутатора блока комутаторів (в подальшому - другого комутатора), друга вхідна шина якого з'єднана з вихідною шиною реєстра, а вихідна шина підключена до першої вхідної шини першого запам'ятовуючого пристрою (в подальшому - ЗП), друга і третя вхідні шини якого з'єднані відповідно з першою і другою вихідними шинами блока керування першим запам'ятовуючим пристроєм (в подальшому - блока керування ЗП), вихідна шина ЗП підключена до вхідних шин реєстра, цифро-аналогового перетворювача (в подальшому - ЦАП) та третього комутатора блока комутаторів (в подальшому - третього комутатора), вихідна шина якого з'єднана з колами ЕОМ, другий вихід тепловізійної камери підключений до перших входів першого тригера блока керування комутаторами (в подальшому - першого тригера) та першого керуючого блока затримки блока керування комутаторами (в подальшому - керуючого блока затримки), другий вхід якого з'єднаний з виходом генератора напруги, що змінюється пилкоподібне, блока керування лінією затримки (в подальшому - генератора напруги, що змінюється пилкоподібне), а вихід підключений до першого входу першого елемента АБО блока керування комутаторами (в подальшому - першого елемента

АБО), другий вхід якого, а також другі входи другого елемента АБО блока керування комутаторами (в подальшому - другого елемента АБО), третього і п'ятого тригерів блока керування комутаторами (в подальшому - третього і п'ятого тригерів) з'єднані між собою, третій вихід тепловізійної камери підключений до першого входу першого елемента I блока керування комутаторами (в подальшому - першого елемента I), другий вхід якого з'єднаний з виходом другого тригера блока керування комутаторами (в подальшому - другого тригера), а вихід підключений до першого входу третього тригера, третій вихід тепловізійної камери з'єднаний з другими входами блока керування ЗП та відеоконтрольного блока (в подальшому - ВКБ), перший вхід якого підключений до виходу ЦАП, а третій вхід, а також вхід синхрогенератора з'єднаний з другим виходом тепловізійної камери, вихід синхрогенератора підключений до входу синхронізатора, перший і другий виходи якого з'єднані відповідно з входами ЦАП та реєстра, третій і четвертий виходи синхронізатора підключені відповідно до першого входу блока керування ЗП та до другого входу АЦП, третій вихід тепловізійної камери з'єднаний з першим входом генератора напруги, що змінюється пилкоподібне, вихід якого підключений до входу перетворювача напруга-частота, вихід першого елемента АБО з'єднаний з другим входом першого тригера, вихід якого підключений до першого входу блока вимірювання середнього значення та до третього входу першого комутатора, вихід другого елемента АБО підключений до другого входу другого тригера, другі входи четвертого тригера блока керування комутаторами (в подальшому - четвертого тригера) і п'ятого тригера з'єднані між собою, вихід першого елемента I підключений до першого входу четвертого тригера, вихід якого з'єднаний з другим входом другого елемента I блока керування комутаторами (в подальшому - другого елемента I), перший вхід якого підключений до першого входу третього тригера, а вихід з'єднаний з першим входом п'ятого тригера, а також з входом другого комутатора та з входом елемента II блока керування комутаторами (в подальшому - елемента II), вихід якого підключений до першого входу третього елемента I блока керування комутаторами (в подальшому - третього елемента I), другий вхід якого з'єднаний з виходом п'ятого тригера, а вихід підключений до входу третього комутатора, другий вихід третього тригера з'єднаний з першим входом другого елемента АБО, тумблер першим виводом підключений до земляної шини, а другим виводом з'єднаний з шиною живлення та підключений до другого входу третього тригера, вихід інфрачервоного датчика з'єднаний з входом перетворювача довжина імпульсу-напруга та з першим входом другого керуючого блока затримки блока керування комутаторами, другий вхід якого, а також другий вхід генератора напруги, що змінюється пилкоподібне, підключені до виходу перетворювача довжина імпульсу-напруга, вихід другого керуючого блока затримки блока керування комутаторами з'єдна-

ний з першим входом другого тригера, п'ятий вихід синхронізатора підключений до першого входу блока керування другим запам'ятовуючим пристроєм, перша і друга вихідні шини якого з'єднані відповідно з першою і другою вхідними шинами другого запам'ятовуючого пристрою, третя вхідна шина якого підключена до вихідної шини третього комутатора, вихід третього елемента I з'єднаний з другим входом блока керування другим запам'ятовуючим пристроєм, третій вхід якого підключений до третього виходу тепловізійної камери.

Головним недоліком даного пристрою є те, що він не дозволяє вимірювати температуру рухомих об'єктів, що обертаються, які мають фіксовану геометричну вісь, що знижує точність контролю вимірювання теплового поля об'єкта контролю.

В основу корисної моделі поставлено задачу створення пристрою для вимірювання температури рухомих об'єктів, в якому за рахунок введення нових блоків та зв'язків між ними з'являється можливість вимірювання температури та побудови теплового портрета об'єкта контролю, що дозволяє підвищити точність роботи пристрою.

Поставлена задача досягається тим, що в пристрій для вимірювання температури рухомих об'єктів, що містить тепловізійну камеру, перший вихід якої з'єднаний з першим входом керованої аналогової лінії затримки, другий вхід якої підключений до виходу перетворювача напруга-частота, а вихід з'єднаний з першим входом першого комутатора, другий вхід якого підключений до виходу блока вимірювання середнього значення, а вихід з'єднаний з другим входом блока вимірювання середнього значення, а також з першим входом АЦП, вихідна шина якого підключена до першої вхідної шини другого комутатора, друга вхідна шина якого з'єднана з вихідною шиною регістра, а вихідна шина підключена до першої вхідної шини ЗП, друга і третя вхідні шини якого з'єднані відповідно з першою і другою вхідними шинами блока керування ЗП, вихідна шина ЗП підключена до вхідних шин регістра, ЦАП та третього комутатора, вихідна шина якого з'єднана з колами ЕОМ, другий вихід тепловізійної камери підключений до першого входу керуючого блока затримки, другий вхід якого з'єднаний з виходом генератора напруги, що змінюється пилкоподібно, а вихід підключений до першого входу першого елемента АБО, другий вхід якого, а також другі входи другого елемента АБО, третього і п'ятого тригерів з'єднані між собою, третій вихід тепловізійної камери підключений до першого входу першого елемента I, другий вхід якого з'єднаний з виходом другого тригера, а вихід підключений до першого входу третього тригера, вихід другого елемента I з'єднаний з першим входом п'ятого тригера, вихід другого елемента АБО підключений до другого входу другого тригера, третій вихід тепловізійної камери з'єднаний з другими входами блока керування ЗП та ВКБ, перший вхід якого підключений до виходу ЦАП, а третій вхід, а також вхід синхрогенератора з'єднаний з другим виходом тепловізійної камери, вихід синхрогенератора підключений до входу синхронізатора, перший і другий виходи якого з'єднані відповідно з входами ЦАП та регістра, третій і четвертий виходи синхронізатора підключені від-

повідно до першого входу блока керування ЗП та до другого входу АЦП, третій вихід тепловізійної камери з'єднаний з першим входом генератора напруги, що змінюється пилкоподібно, вихід якого підключений до входу перетворювача напруга-частота, вихід першого елемента АБО з'єднаний з другим входом першого тригера, вихід якого підключений до першого входу блока вимірювання середнього значення та до третього входу першого комутатора, елемент II, четвертий тригер, третій елемент I, введено перетворювач кутова швидкість-напруга, диференціюючий елемент, блок запуску, третій елемент АБО, причому вихід блока запуску з'єднаний з входами диференціюючого елемента та елемента II, вихід якого підключений до других входів другого та третього елементів АБО, перший вхід якого з'єднаний з виходом п'ятого тригера, а вихід підключений до другого входу четвертого тригера, перший вхід якого з'єднаний з виходом третього тригера, а вихід підключений до перших входів другого елемента АБО і другого елемента I, а також до входу третього комутатора, вихід диференціюючого елемента з'єднаний з першим входом другого тригера, третій вихід тепловізійної камери підключений до других входів другого елемента I та перетворювача кутова швидкість-напруга, перший вхід якого з'єднаний з першим виходом тепловізійної камери, а вихід підключений до другого входу генератора напруги, що змінюється пилкоподібно, вихід третього тригера з'єднаний з входом другого комутатора, другий вихід тепловізійної камери підключений до третього входу блока керування ЗП та до другого входу третього елемента I, перший вхід якого з'єднаний з виходом блока запуску, а вихід підключений до першого входу першого тригера.

Пристрій для вимірювання температури рухомих об'єктів пояснюється кресленням, на якому зображена його структурна схема.

На схемі: 1 - об'єкт контролю; 2 - тепловізійна камера; 3 - керована аналогова лінія затримки; 4 - перетворювач напруга-частота; 5 - генератор напруги, що змінюється пилкоподібно; 6 - перетворювач кутова швидкість-напруга; 7, 8, 9 - перший, другий і третій комутатори; 10 - блок вимірювання середнього значення; 11 - аналого-цифровий перетворювач (АЦП); 12 - блок керування запам'ятовуючим пристроєм (ЗП); 13 - запам'ятовуючий пристрій (ЗП); 14 - регістр; 15 - цифро-аналоговий перетворювач (ЦАП); 16 - керуючий блок затримки; 17 - третій елемент I; 18 - перший елемент АБО; 19 - перший тригер; 20 - відеоконтрольний блок (ВКБ); 21 - синхронізатор; 22 - синхрогенератор; 23 - блок запуску; 24 - диференціюючий елемент; 25 - другий елемент I; 26 - другий елемент АБО; 27 - другий тригер; 28 - перший елемент I; 29 - третій тригер; 30 - третій елемент АБО; 31 - четвертий тригер; 32 - другий елемент I; 33 - п'ятий тригер, причому перший вихід тепловізійної камери 2 з'єднаний з першим входом керованої аналогової лінії затримки 3, другий вхід якої підключений до виходу перетворювача напруга-частота 4, а вихід з'єднаний з першим входом першого комутатора 7, другий вхід якого підключений до виходу блока вимірювання середнього значення 10, а вихід з'єднаний з другим входом блока вимірюван-

ня середнього значення 10, а також з першим входом АЦП 11, вихідна шина якого підключена до першої вхідної шини другого комутатора 8, друга вхідна шина якого з'єднана з вихідною шиною регістра 14, а вихідна шина підключена до першої вхідної шини ЗП 13, друга і третя вхідні шини якого з'єднані відповідно з першою і другою вихідними шинами блока керування ЗП 12, вихідна шина ЗП 13 підключена до вхідних шин регістра 14, ЦАП 15 та третього комутатора 9, вихідна шина якого з'єднана з колами ЕОМ, другий вихід тепловізійної камери 2 підключений до першого входу керуючого блока затримки 16, другий вхід якого з'єднаний з виходом генератора напруги, що змінюється пилкоподібне, 5, а вихід підключений до першого входу першого елемента АБО 18, другий вхід якого, а також другі входи другого елемента АБО 26, третього 29 і п'ятого 33 тригерів з'єднані між собою, третій вихід тепловізійної камери 2 підключений до першого входу першого елемента І 28, другий вхід якого з'єднаний з виходом другого тригера 27, а вихід підключений до першого входу третього тригера 29, вихід другого елемента І 32 з'єднаний з першим входом п'ятого тригера 33, вихід другого елемента АБО 26 підключений до другого входу другого тригера 27, другий вихід тепловізійної камери 2 з'єднаний з другими входами блока керування ЗП 12 та ВКБ 20, перший вхід якого підключений до виходу ЦАП 15, а третій вхід, а також вхід синхрогенератора 22 з'єднані з другим виходом тепловізійної камери 2, вихід синхрогенератора 22 підключений до входу синхронізатора 21, перший і другий виходи якого з'єднані відповідно з входами ЦАП 15 та регістра 14, третій і четвертий виходи синхронізатора 21 підключені відповідно до першого входу блока керування ЗП 12 та до другого входу АЦП 11, третій вихід тепловізійної камери 2 з'єднаний з першим входом генератора напруги, що змінюється пилкоподібне, 5, вихід якого підключений до входу перетворювача напруга-частота 4, вихід першого елемента АБО 18 з'єднаний з другим входом першого тригера 19, вихід якого підключений до першого входу блока вимірювання середнього значення 10 та до третього входу першого комутатора 7, вихід блока запуску 23 з'єднаний з входами диференціюючого елемента 24 та елемента НІ 25, вихід якого підключений до других входів другого 26 та третього 30 елементів АБО, перший вхід якого з'єднаний з виходом п'ятого тригера 33, а вихід підключений до другого входу четвертого тригера 31, перший вхід якого з'єднаний з виходом третього тригера 29, а вихід підключений до перших входів другого елемента АБО 26 і другого елемента І 32, а також до входу третього комутатора 9, вихід диференціюючого елемента 24 з'єднаний з першим входом другого тригера 27, третій вихід тепловізійної камери 2 підключений до других входів другого елемента І 32 та перетворювача кутова швидкість-напруга 6, перший вхід якого з'єднаний з першим виходом тепловізійної камери 2, а вихід підключений до другого входу генератора напруги, що змінюється пилкоподібне, 5, вихід третього тригера 29 з'єднаний з входом другого комутатора 8, другий вихід тепловізійної камери 2 підключений до третього входу блока керування ЗП 12 та до другого входу

третього елемента І 17, перший вхід якого з'єднаний з виходом блока запуску 23, а вихід підключений до першого входу першого тригера 19.

Запропонований пристрій працює так. Тепловізійна камера 2 розташовується таким чином, щоб строкове сканування здійснювалось вздовж напрямку обертання об'єкта контролю 1. Сигнал логічного нуля з виходу блока запуску 23 через елемент НІ 25 тримає в обнуленому стані перший 19, другий 27, третій 29, четвертий 31 і п'ятий 33 тригери.

При цьому сигнали логічного нуля з виходів третього 29 і четвертого 31 тригерів поступають відповідно на входи другого 8 і третього 9 комутаторів. Також сигнал логічного нуля з виходу першого тригера 19 подається на третій вхід першого комутатора 7 та на перший вхід блока вимірювання середнього значення 10. При обертанні об'єкта контролю 1 потік інфрачервоного випромінювання попадає на об'єкт тепловізійної камери 2. При цьому на першому виході останньої з'являється аналоговий сигнал, який подається на перший вхід керованої аналогової лінії затримки 3, вихідний сигнал якої поступає на перший вхід першого комутатора 7. З виходу останнього сигнал подається на перший вхід блока вимірювання середнього значення 10, а також на перший вхід АЦП 11. ЗП 13 має об'єм для запису цілого кадру. Слід зазначити, що інформація в ЗП 13 з вихідної шини АЦП 11 надходить лише у випадку, коли на вхід другого комутатора 8 подається сигнал логічної одиниці. Сигнал логічного нуля, який поступає на вхід другого комутатора 8 з виходу третього тригера 29, підключає вихідну шину регістра 14 до вхідної шини ЗП 13. При цьому інформація в ЗП 13 перезаписується "по колу" через регістр 14 та другий комутатор 8 безперервно. Інформація з виходу ЗП 13 подається на вхід ЦАП 15, з виходу якого перетворений код в аналоговому вигляді подається на перший вхід ВКБ 20. Таким чином, через час рівний часу розгортки одного кадру на екрані ВКБ 20 з'являється тепловий портрет предметів, які знаходяться в полі зору тепловізійної камери 2. Оскільки при ввімкненні пристрою ЗП 13 обнуляється, то на екрані ВКБ 20 відображення інформації можливе лише після заповнення ЗП 13. Слід відзначити, що блок керування ЗП 12 формує керуючі сигнали для ЗП 13, які з першої і другої вихідних шин блока керування ЗП 12 поступають відповідно на другу і третю вхідні шини ЗП 13.

Цифрова інформація, яка записується в ЗП 13, відповідає температурі предметів, які скануються тепловізійною камерою 2. Якщо кількість стрічок тепловізійної камери 2 дорівнює S, а кількість точок в стрічці - 1, то об'єм ЗП 13 повинен відповідати S·1 для одного розряду. При цьому, кількість розрядів p визначається вибраними АЦП 11 та ЦАП 15. Блок керування ЗП 12 в момент появи сигналу логічної одиниці на другому вході (кадрового синхроімпульсу) встановлює на входах ЗП 13 нульову адресу і при кожному наступному синхроімпульсу, який поступає з третього виходу синхронізатора 21 на перший вхід блока керування ЗП 12, збільшує його на одиницю. При цьому максимальна адреса ЗП 13 відповідає числу S·1 - 1. Це означає, що інформація в кожній комірці ЗП 13

зберігається час, рівний часу розгортки одного кадру. Синхронізатор 21 призначений для синхронізації роботи пристрою і складається з лічильника та дешифратора. Синхросигнал з виходу синхронізатора 21 спочатку подається на другий вхід АЦП 11, потім на перший вхід блока керування ЗП 12, після чого на входи регістра 14 та ЦАП 15. Послідовність синхросигналів на виходах синхронізатора 21 вибирається в залежності від типів мікросхем, які застосовуються в блоках 11, 12, 14 та 15.

Аналоговий сигнал з виходу керованої аналогової лінії затримки 3 через перший комутатор 7 поступає на другий вхід блока вимірювання середнього значення 10, на виході якого формується сигнал, пропорційний середньому значенню за кадр.

При обертанні об'єкта контролю 1 з першого і третього виходів тепловізійної камери 2 сигнали поступають відповідно на перший і другий входи перетворювача кутова швидкість-напруга 6, на виході якого формується напруга з амплітудою, пропорційною швидкості обертання об'єкта контролю 1, яка поступає на вхід генератора напруги, що змінюється пилкоподібне, 5. При цьому на виході останнього з'являється напруга, яка поступає на вхід перетворювача напруга-частота 4, на виході якого з'являється частота, що залежить від швидкості обертання об'єкта контролю 1 і подається на другий вхід керованої аналогової лінії затримки часу 3. При цьому на виході останньої формується скорегований аналоговий сигнал, який відповідає істинному розподіленню температури по поверхні об'єкта контролю 1. Кадровий сигнал, який поступає з третього виходу тепловізійної камери 2 на перший вхід генератора напруги, що змінюється пилкоподібне, 5, узгоджує за часом момент наростання пилкоподібної напруги на виході генератора напруги, що змінюється пилкоподібне, 5, а значить і момент початку виконання корекції з початком розгортки першої стрічки в кадрі тепловізійного зображення.

Корекція відбувається шляхом компенсації просторових спотворень (спотворень теплового поля об'єкта контролю 1 в просторі зображень тепловізійної камери 2) за рахунок вимірювання часу затримки сигналу від  $\Delta\tau_{\max}$  до  $\Delta\tau_{\min}$  на протязі кадру. При цьому перша стрічка кадру тепловізійного зображення затримується на величину  $\Delta\tau_1 = \Delta\tau_{\max}$ , а кожна наступна - на величину  $\Delta\tau_k = (\Delta\tau_{\max} - \Delta\tau_{\min}) / k \cdot 1$ , де  $1 = 2, 3, \dots, S$  - номер стрічки в кадрі,  $k$  - величина, пропорційна швидкості обертання об'єкта контролю 1, що дозволяє компенсувати зсув краю зображення від стрічки до стрічки при скануванні по кадру, які виникають за рахунок обертання об'єкта контролю 1 з великою швидкістю. Оскільки напруга на вході перетворювача напруга-частота 4 змінюється безперервно, то це призводить до того, що час затримки початку та кінця кожної стрічки відрізняється на величину  $\Delta\tau = \frac{1}{f_c} - \Delta\tau_i$ , де  $f_c$  - час-

тота строкової розгортки. Така безперервна зміна часу затримки дозволяє скомпенсувати також спотворення в стрічці, які проявляються у вигляді поперечного стискання теплового зображення об'єкта контролю 1. Таке стискання зображення

погіршує роздільну здатність всього пристрою прямо пропорційно швидкості обертання об'єкта контролю 1.

Оскільки кожна з  $S$  стрічок теплового зображення об'єкта затримується на визначений час  $\Delta\tau_i$ , а робота АЦП 11 та ЗП 13, в якому зберігається інформація після її перетворення в цифровий вигляд, синхронізується синхронізатором 21 з роботою тепловізійної камери 2, то під час запису інформації в ЗП 13 виникає її надлишок в правій частині повного кадру та її нестача в лівій частині кадру. Однак, якщо настроїти режим роботи тепловізійної камери 2 так, що об'єкт контролю 1 буде займати не більше половини площі повного кадру (що можна відрегулювати, змінюючи довжину оптичного шляху від об'єкта контролю 1 до об'єктива тепловізійної камери 2), то надлишок тепловізійної інформації в правій частині кадру можна відкинути, оскільки вона буде відповідати тепловому фону, а нестачу інформації в лівій частині кадру заповнити середнім рівнем тепловізійного сигналу за попередню стрічку. Цей середній рівень визначає блок вимірювання середнього значення 10.

Строковий імпульс з другого виходу тепловізійної камери 2 через третій елемент І 17 встановлює перший тригер 19 (на першому вході третього елемента І 17 присутній сигнал логічної одиниці, що поступає з виходу блока запуску 23, коли оперативним персоналом подається команда сканування об'єкта). При цьому на виході останнього на час  $\Delta\tau_i$  з'являється сигнал логічної одиниці, який поступає на перший вхід блока вимірювання середнього значення 10, переводячи його з режиму вимірювання в режим видачі результату, а також на третій вхід першого комутатора 7 і підключає вихід блока вимірювання середнього значення 10 до входу АЦП 11. Одночасно імпульс з другого виходу тепловізійної камери 2 запускає керуючий блок затримки 16, на виході якого сигнал логічної одиниці з'являється з затримкою часу  $\Delta\tau_i$ . Сигнал логічної одиниці з виходу останнього через перший елемент АБО 18 обнуляє перший тригер 19. При цьому вихід керованої аналогової лінії затримки 3 підключається до входу АЦП 11 на час  $\frac{1}{f_c} - \Delta\tau_i$ .

Зображення об'єкта контролю 1 при його фіксації необхідно розташовувати в центрі кадру, що, по-перше, дозволяє створити нормальний режим роботи всього пристрою, а по-друге, зменшити похибку вимірювання, обумовлену нерівномірністю чутливості та роздільною здатністю по кадру, в центрі якого вона мінімальна.

Коли об'єкт контролю 1 займає положення, яке відповідає центральній частині кадру тепловізійної камери 2, з виходу блока запуску 23 сигнал логічної одиниці, що подається оперативним персоналом, розблоковує роботу першого 19, другого 27, третього 29, четвертого 31 і п'ятого 33 тригерів, а також поступає на вхід диференціюючого елемента 24, на виході якого з'являється імпульс, що подається на перший вхід другого тригера 27. При цьому сигнал логічної одиниці з виходу останнього поступає на другий вхід першого елемента І 28 і відкриває його. Одночасно по задньому фронту

кадрового імпульсу з третього виходу тепловізійної камери 2 через відкритий перший елемент І 28 на виході третього тригера 29 з'являється сигнал логічної одиниці, який подається на вхід другого комутатора 8 і підключає вихідну шину АЦП 11 до першої вхідної шини ЗП 13, в якому здійснюється запис інформації, що відповідає тепловому полю поверхні об'єкта контролю 1.

Як тільки об'єм інформації стає рівним об'єму повного кадру, то кадровий імпульс з третього виходу тепловізійної камери 2 поступає на перший вхід першого елемента І 28. При проходженні кадрового імпульсу на виході третього тригера 29 з'являється сигнал логічного нуля, що подається на вхід другого комутатора 8, який підключає вихідну шину регістра 14 до першої вхідної шини ЗП 13. Одночасно поява логічного нуля на виході третього тригера 29 призводить до установки в одиничний стан вихідного сигналу четвертого тригера 31, яким скидається другий тригер 27 і забороняється повторне сканування теплової поверхні об'єкта контролю 1. Інформація, яка записана в ЗП 13, починає переписуватись по колу "ЗП 13 - регістр 14 - другий комутатор 8 - ЗП ІЗ". Робота ЗП 13, регістра 14 і ЦАП 15 синхронізується за допомогою синхронізатора 21. Сигнал логічного нуля з третього виходу синхронізатора 21 подається на перший вхід блока керування ЗП 12, який дозволяє зчитування інформації з ЗП 13. При цьому на першій і другій вихідних шинах блока керування ЗП 12 з'являється інформація, яка подається відповідно на другу і третю вхідну шини ЗП 13. На виході останнього з'являється інформація, яка подається на вхідну шину регістра 14. Одночасно з другого виходу синхронізатора 21 на вхід регістра 14 подається сигнал логічної одиниці, який дозволяє перезапис останнього. Після цього сигнал логічного нуля з другого виходу синхронізатора 21 поступає на вхід регістра 14, дозволяючи при цьому зчитування інформації з останнього. Також сигнал логічної одиниці з третього виходу синхронізатора 21 подається на перший вхід блока керування ЗП 12, дозволяючи перезапис інформації в ЗП 13. Таким чином по колу переписується весь кадр. Але, оскільки, вихідна шина ЗП 13 підключена також до вхідної шини ЦАП 15, на вхід якого сигнал логічної одиниці (сигнал початку пе-

ретворення) з першого виходу синхронізатора 21 надходить після закінчення проходження сигналу логічної одиниці на вхід регістра 14, то на виході ЦАП 15 з'являється сигнал, який подається на перший вхід ВКБ 20. При цьому на екрані ВКБ 20 відображається тепловий портрет об'єкта контролю 1, який обертається. Це зображення присутнє на екрані ВКБ 20 доки не з'явиться необхідність визначення теплового портрету в іншому циклі сканування. Також сигнал логічної одиниці з виходу четвертого тригера 31 поступає на вхід третього комутатора 9, який підключає вихідну шину ЗП 13 до кіл ЕОМ і передає інформацію, яка відповідає тепловому портрету об'єкта контролю 1. Крім того, сигнал логічної одиниці з виходу четвертого тригера 31 відкриває другий елемент І 32. При появі наступного кадрового імпульсу на третьому виході тепловізійної камери 2 з'являється сигнал логічної одиниці, який через відкритий другий елемент І 32 подається на перший вхід п'ятого тригера 33, на виході якого по задньому фронту встановлюється сигнал логічної одиниці, який через третій елемент АБО 30 обнуляє четвертий тригер 31. При цьому сигнал логічного нуля поступає на перший вхід другого елемента І 32 і закриває його, а також закриває третій комутатор 9 для передачі інформації в ЕОМ.

Синхрогенератор 22 формує на своєму виході сигнал з частотою імпульсів в 1 р разів вище, ніж частота строкового синхросигналу, який подається на його вхід, де 1 - кількість точок в стрічці; р - число, яке визначається схемою реалізації синхрогенератора.

Перетворювач кутова швидкість-напруга 6 призначений для керування генератором напруги, що змінюється пилкоподібне, 5, в результаті чого інформація з виходів тепловізійної камери 2 зчитується пропорційно швидкості обертання об'єкта контролю 1.

Повернення роботи пристрою в початковий стан зі скидом першого 19, другого 27, третього 29, четвертого 31 і п'ятого 33 тригерів та пере записування інформації по колу "ЗП 13 - регістр 14 - другий комутатор 8 -ЗП 13" і відповідним її відображенням на екрані ВКБ 20 здійснюється після зняття оперативним персоналом клерувального сигналу з блока запуску 23.

