УКРАЇНА

(19) UA (11) 9642 (13) U

(51) 7 G01R31/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ

ОПИС
ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під відповідальність власника патенту

(54) ПРИСТРІЙ ДЛЯ КОНТРОЛЮ РЕСУРСУ ІЗОЛЯЦІЇ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ

(21) u200501169
(22) 09.02.2005
(24) 17.10.2005
(46) 17.10.2005, Бюл. № 10, 2005 р.

(72) Грабко Володимир Віталійович, Косюк Олександр Володимирович
(73) ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

(57) *Пристрій для контролю ресурсу ізоляції електрообладнання*, що містить перший підсилювач, три функціональних перетворювачі, аналого-цифровий перетворювач, вихідна цифрова шина якого з'єднана з першою вхідною цифровою шиною індикатора, другою вхідною цифровою шиною другого суматора, вхідною шиною другого функціонального перетворювача, другою вхідною цифровою шиною першого суматора, вихідна цифрова шина якого підключена до вхідної цифрової шини першого функціонального перетворювача, вихідна цифрова шина якого з'єднана з першою вхідною цифровою шиною другого суматора, який **відрізняється** тим, що в нього введені перший, другий і третій сенсори температури та сенсор температури навколишнього середовища, виходи яких з'єднані відповідно зі входами першого, другого, третього та четвертого підсилювачів, вихід четвертого підсилювача підключений до перших входів першого, другого та третього аналогових суматорів, другі входи яких з'єднані відповідно з виходами першого, другого та третього підсилювачів, а виходи підключені відповідно до першого, другого та третього входів комутатора, вихід якого з'єднаний зі входом аналого-цифрового перетворювача та з першим входом пікового детектора, вихід генератора імпульсів підключений до першого входу лічильника імпульсів, вихідна цифрова шина якого з'єднана з вхідною цифровою шиною третього функціонального перетворювача, перший, другий та третій виходи якого підключені до шостого, сьомого та восьмого входів комутатора відповідно, до третіх входів третього, четвертого та п'ятого регістрів відповідно, та до першого, другого і третього входів першого елемента АБО відповідно, вихід якого приєднаний до другого входу пікового детектора, вихід якого підключений до четвертого входу комутатора, п'ятий вхід якого з'єднаний з четвертим виходом третього функціонального перетворювача, п'ятий вихід якого приєднаний до другого входу першого регістра, шостий вихід третього *функціонального перетворювача підключений до* другого входу другого регістра, сьомий, восьмий та дев'ятий виходи третього функціонального перетворювача приєднані до других входів третього, четвертого та п'ятого регістрів відповідно та відповідно до першого, другого та третього входів другого елемента АБО, вихід якого приєднаний до другого входу шостого регістра, третій вхід якого разом з четвертими входами третього, четвертого та п'ятого регістрів і другим входом лічильника імпульсів підключені до виходу блока встановлення нуля, вихідна цифрова шина другого суматора приєднана до вхідної цифрової шини другого регістра, вихідна цифрова шина якого підключена до другої вхідної цифрової шини індикатора, вихідна цифрова шина аналого-цифрового перетворювача приєднана до вхідної цифрової шини першого регістра, вихідна цифрова шина якого з'єднана з першою вхідною цифровою шиною першого суматора, вихідна цифрова шина другого функціонального перетворювача підключена до першої вхідної цифрової шини третього суматора, вихідна цифрова шина якого з'єднана з вхідними цифровими шинами третього, четвертого та п'ятого регістрів, вихідні цифрові шини яких підключені до вхідної цифрової шини шостого регістра та до другої вхідної цифрової шини цифрового компаратора, перша вхідна цифрова шина якого з'єднана з вхідною цифровою шиною блока задавання ресурсу, а вихід підключений до третього входу індикатора, вихідна цифрова шина шостого регістра приєднана до другої вхідної цифрової шини третього суматора.

(19) UA (11) 9642 (13) U

Корисна модель відноситься до області електротехніки і може бути використана для вимірювання ресурсу ізоляції електрообладнання.

Відомий пристрій для прогнозування ресурсу електричної ізоляції обмоток електрообладнання [А.с. СРСР №1529150, М. кл. G01R31/00, бюл. №46, 1989], що містить вимірювач перевищення температури обмоток над температурою оточуючого середовища, перший і другий вихід якого з'єднані з першим та другим входами підсилювача, вихід якого підключений до входу аналого-цифрового перетворювача, вихід якого приєднаний відповідно до четвертого входу індикатора, першого входу першого суматора, входу першого помножувача та до входу оперативного запам'ятовуючого блоку, вихід якого підключений до другого входом першого суматора, вихід якого приєднаний до входу другого помножувача, вихід якого підключений до другого входу другого суматора, перший вхід якого з'єднаний з виходом першого помножувача, а вихід приєднаний до входу блоку порівняння, перший, другий та третій виходи якого підключені відповідно до першого, другого та третього входів індикатора.

Недоліком даного пристрою є те, що він не дозволяє враховувати вичерпання ресурсу ізоляції електрообладнання, а лише дозволяє визначити швидкість старіння ізоляції електрообладнання та визначати прогнозоване усталене значення температури ізоляції відповідно до режиму роботи електрообладнання.

За найближчий аналог обрано пристрій для прогнозування температури нагріву та вимірювання вичерпання ресурсу ізоляції обмоток електрообладнання в процесі експлуатації [А.с. СРСР №1693569, М. кл. G01R31/00, бюл. №43, 1991], що містить вимірювач перевищення температури обмоток над температурою оточуючого середовища, перший і другий виходи якого з'єднані з першим та другим входами підсилювача, вихід якого підключений до входу аналого-цифрового перетворювача, вихід якого з'єднаний з першим входом індикатора, першими входами першого та другого суматорів, входом першого програмованого перетворювача, в подальшому першого функціонального перетворювача, та зі входом оперативного запам'ятовуючого блоку, вихід якого підключений до другого входу першого суматора, вихід якого приєднаний до входу другого програмованого перетворювача, в подальшому другого функціонального перетворювача, вихід якого підключений до другого входу другого суматора, вихід якого з'єднаний з другим входом індикатора, вихід першого програмованого перетворювача підключений через блок степеневої функції до входу третього програмованого перетворювача, в подальшому третього функціонального перетворювача, вихід якого з'єднаний зі входом інтегратора, вихід якого підключений до третього входу індикатора. Недоліком даного пристрою є його низька точність, тому що він не дозволяє враховувати вичерпання із врахуванням нерівномірності розподілу температури ізоляції електрообладнання.

В основу корисної моделі поставлено задачу вдосконалення пристрою для контролю ресурсу ізоляції електрообладнання, в якому за рахунок введення нових блоків та зв'язків між ними досягається можливість визначати витрачання ресурсу ізоляції електрообладнання із врахуванням режиму зміни температурного розподілу в ізоляції електрообладнання, що дозволяє підвищити точність роботи пристрою.

Поставлена задача досягається тим, що в пристрій для контролю ресурсу ізоляції електрообладнання, що містить перший підсилювач, три функціональних перетворювача, аналого-цифровий перетворювач, вихідна цифрова шина якого з'єднана з першою вхідною цифровою шиною індикатора, другою вхідною цифровою шиною другого суматора, вхідною шиною другого функціонального перетворювача, другою вхідною цифровою шиною першого суматора, вихідна цифрова шина якого підключена до вхідної цифрової шини першого функціонального перетворювача, вихідна цифрова шина якого з'єднана з першою вхідною цифровою шиною другого суматора, введено перший, другий та третій сенсори температури, сенсор температури навколишнього середовища, другий, третій та четвертий підсилювачі, перший, другий та третій аналогові суматори, комутатор, генератор імпульсів, лічильник імпульсів, блок встановлення нуля, перший та другий елементи АБО, піковий детектор, перший, другий, третій, четвертий, п'ятий та шостий регістри, третій суматор, блок задавання ресурсу, цифровий компаратор, причому виходи першого, другого і третього сенсорів температури та вихід сенсора температури навколишнього середовища з'єднані відповідно зі входами першого, другого, третього та четвертого підсилювачів, вихід четвертого підсилювача підключений до перших входів першого, другого та третього аналогових суматорів, другі виходи яких з'єднані відповідно з виходами першого, другого та третього підсилювачів виходи підключені відповідно до першого, другого та третього входів комутатора, вихід якого з'єднаний зі входом аналого-цифрового перетворювача та з першим входом пікового детектора, вихід генератора імпульсів підключений до першого входу лічильника імпульсів, вихідна цифрова шина якого з'єднана з вхідною цифровою шиною третього функціонального перетворювача, перший, другий та третій виходи якого підключені до шостого сьомого та восьмого входів комутатора відповідно, до третіх входів третього, четвертого та п'ятого регістрів відповідно, та до першого, другого та третього входів першого елемента АБО відповідно, вихід якого приєднаний до другого входу пікового детектора, вихід якого підключений до четвертого входу комутатора, п'ятий вхід якого з'єднаний з четвертим виходом третього функціонального перетворювача, п'ятий вихід якого приєднаний до другого входу першого регістра, шостий вихід третього функціонального перетворювача підключений до другого входу другого регістра, сьомий, восьмий та дев'ятий виходи третього функціонального перетворювача приєднані до других входів третього, четвертого та п'ятого регістрів відповідно та відповідно до першого, другого та третього входів дру-

того елемента АБО, вихід якого приєднаний до другого входу шостого регістра, третій вхід якого разом з четвертими входами третього, четвертого та п'ятого регістрів і другим входом лічильника імпульсів підключені до виходу блока встановлення нуля, вихідна цифрова шина другого суматора приєднана до вхідної цифрової шини другого регістра, вихідна цифрова шина якого підключена до другої вхідної цифрової шини індикатора, вихідна цифрова шина аналого-цифрового перетворювача приєднана до вхідної цифрової шини першого регістра, вихідна цифрова шина якого з'єднана з першою вхідною цифровою шиною першого суматора, вихідна цифрова шина другого функціонального перетворювача підключена до першої вхідної цифрової шини третього суматора, вихідна цифрова шина якого з'єднана з вхідними цифровими шинами третього, четвертого та п'ятого регістрів, вихідні цифрові шини яких підключені до вхідної цифрової шини шостого регістра та до другої вхідної цифрової шини цифрового компаратора, перша вхідна цифрова шина якого з'єднана з вхідною цифровою шиною блока задавання ресурсу, вихідна цифрова шина цифрового компаратора підключена до третього входу індикатора, вихідна цифрова шина шостого регістра приєднана до другої вхідної цифрової шини третього суматора.

Пристрій для контролю ресурсу ізоляції електрообладнання пояснюється кресленням, на якому зображена його структурна схема.

На схемі: 1 - сенсор температури навколишнього середовища, 2, 3, 4 - перший, другий і третій сенсори температури; 5 - генератор імпульсів; 6 - блок встановлення нуля, 7 - лічильник імпульсів, 9, 10, 11, 8 - перший, другий, третій та четвертий підсилювачі; 12 - третій функціональний перетворювач; 13, 14, 15 - перший, другий та третій аналогові суматори, 16 - комутатор; 17, 18 - перший та другий елементи АБО; 19 - аналого-цифровий перетворювач; 20 - піковий детектор; 21 - перший регістр; 22 - другий функціональний перетворювач; 23 - третій суматор; 24 - перший суматор ; 25 - перший функціональний перетворювач; 26, 27, 28 - третій, четвертий та п'ятий регістри; 29 - другий суматор; 30 - блок задавання ресурсу; 31 - шостий регістр; 32 - другий регістр; 33 - цифровий компаратор; 34 - індикатор, причому виходи першого 2, другого 3 і третього 4 сенсорів температури та вихід сенсора температури навколишнього середовища 1 з'єднані відповідно зі входами першого 9, другого 10, третього 11 та четвертого 8 підсилювачів, вихід четвертого підсилювача 9 підключений до перших входів першого 13, другого 14 та третього 15 аналогових суматорів, другі виходи яких з'єднані відповідно з виходами першого 9, другого 10 та третього 11 підсилювачів, виходи підключені відповідно до першого, другого та третього входів комутатора 16, вихід якого з'єднаний зі входом аналого-цифрового перетворювача 19 та з першим входом пікового детектора 20, вихід генератора імпульсів 5 підключений до першого входу лічильника імпульсів 7, вихідна цифрова шина якого з'єднана з вхідною цифровою шиною третього функціонального перетворювача 12, перший, другий та третій виходи якого підключені до шостого сьомого та восьмого входів комутатора 16 відповідно, до третіх входів третього 26, четвертого 27 та п'ятого 28 регістрів відповідно, та до першого, другого та третього входів першого елемента АБО 17 відповідно, вихід якого приєднаний до другого входу пікового детектора 20, вихід якого підключений до четвертого входу комутатора 16, п'ятий вхід якого з'єднаний з четвертим виходом третього функціонального перетворювача 12, п'ятий вихід якого приєднаний до другого входу першого регістра 21, шостий вихід третього функціонального перетворювача 12 підключений до другого входу другого регістра 32, сьомий, восьмий та дев'ятий виходи третього функціонального перетворювача 12 приєднані до других входів третього 26, четвертого 27 та п'ятого регістрів 28 відповідно та відповідно до першого, другого та третього входів другого елемента АБО 18, вихід якого приєднаний до другого входу шостого регістра 31, третій вхід якого разом з четвертими входами третього 26, четвертого 27 та п'ятого регістрів 28 і другим входом лічильника імпульсів 7 підключені до виходу блока встановлення нуля 6, вихідна цифрова шина другого суматора 29 приєднана до вхідної цифрової шини другого регістра 32, вихідна цифрова шина якого підключена до другої вхідної цифрової шини індикатора 34, вихідна цифрова шина аналого-цифрового перетворювача 19 приєднана до вхідної цифрової шини першого регістра 21, до першої вхідної цифрової шини індикатора 34, другої вхідної цифрової шини другого суматора 29, вхідної шини другого функціонального перетворювача 22, другої вхідної цифрової шини першого суматора 24, вихідна цифрова шина якого підключена до вхідної цифрової шини першого функціонального перетворювача 25, вихідна цифрова шина якого з'єднана з першою вхідною цифровою шиною другого суматора 29, вихідна цифрова шина першого регістра 21 з'єднана з першою вхідною цифровою шиною першого суматора 24, вихідна цифрова шина другого функціонального перетворювача 22 підключена до першої вхідної цифрової шини третього суматора 23, вихідна цифрова шина якого з'єднана з вхідними цифровими шинами третього 26, четвертого 27 та п'ятого 28 регістрів, вихідні цифрові послідовність імпульсів.

Сенсори температури - перший 2, другий 3, і третій 4 розташовані на поверхні електрообладнання в місцях підвищеної температури.

Сенсор температури навколишнього середовища 1 дозволяє враховувати температуру навколишнього середовища при визначенні ресурсу електрообладнання. Вичерпання ресурсу електрообладнання визначається у відповідності до математичної моделі:

$$D = \beta \cdot \Delta t \cdot 2^{\tau_i/\Delta\tau}, \quad (1)$$

де t - час роботи електрообладнання;

τ_i - дюче значення температури ізоляції електрообладнання;

$\Delta\tau$ - підвищення температури, яке спричиняє скорочення строку служби ізоляції електрообладнання при тепловому старінні в два рази;

β - постійний коефіцієнт;

$$\beta = (1/T_6) \cdot 2^{-\tau_д/\Delta\tau}, \quad (2)$$

де T_6 - базовий термін служби ізоляції електрообладнання;

$_д$- допустиме значення температури, якій відповідає базовий термін служби ізоляції електрообладнання.

Треба зазначити, що при зміні теплового режиму роботи електрообладнання, усталене значення перевищення температури ізоляції електрообладнання над значенням температури оточуючого середовища визначається так:

$$\tau_v = \tau + T_н \ (d\tau / dt), \quad (3)$$

де $_v$- усталене значення перевищення температури ізоляції електрообладнання над значенням температури оточуючого середовища;

- діюче значення перевищення температури ізоляції електрообладнання над значенням температури оточуючого середовища;

$T_н$ - постійна нагріву електрообладнання;

d /dt- швидкість зміни температури.

Враховуючи, що тепловий режим роботи електрообладнання може змінюватися, з метою визначення області *найшвидшого* вичерпання ресурсу ізоляції електрообладнання в системі встановлюється, як приклад, три сенсори температури - перший 2, другий 3 і третій 4, які в залежності від зміни режиму роботи електрообладнання, дозволяють визначити вичерпання ресурсу ізоляції електрообладнання в цілому за найбільшим вичерпанням ресурсу окремої області.

Якщо, наприклад, найбільшою температурою *є температура в першому каналі, в якому знаходиться* перший сенсор температури 2, а в інших *каналах температура є нижчою - тоді пристрій* працює наступним чином.

Сигнали з сенсорів температури - першого 2, другого 3 і третього 4 подаються на підсилювачі - перший 9, другий 10 і третій 11 відповідно, вихідні сигнали з яких надходять на другі входи аналогових суматорів - першого 13, другого 14 і третього 15 відповідно, на перші входи яких подається сигнал температури навколишнього середовища із сенсора температури навколишнього середовища 1 через підсилювач 8. На виході зміни режиму роботи *електрообладнання, дозволяють визначити* вичерпання ресурсу ізоляції електрообладнання в *цілому за найбільшим вичерпанням* ресурсу *окремої області.*

Якщо, наприклад, найбільшою температурою є температура в першому каналі, в якому знаходиться перший сенсор температури 2, а в інших каналах температура є нижчою - тоді пристрій працює наступним чином.

Сигнали з сенсорів температури - першого 2, другого 3 і третього 4 подаються на підсилювачі - перший 9, другий 10 і третій 11 відповідно, вихідні сигнали з яких надходять на другі входи аналогових суматорів - *першого* 13, *другого* 14 і *третього* 15 відповідно, на перші входи яких подається сигнал температури навколишнього середовища із сенсора температури навколишнього середовища 1 через підсилювач 8. На виході аналогових суматорів - першого 13, другого 14 і третього 15 виникають сигнали різниці перевищення температури ізоляції над температурою навколишнього середовища, які подаються відповідно на перший, другий і третій входи комутатора 16. В залежності від імпульсів на виході генератора імпульсів 5, на виході лічильника імпульсів 7 формується певний цифровий код, і по кожному певному значенню цифрового коду на виході третього функціонального *перетворювача* 12 *формується певна послідовність* імпульсів. При подачі першого імпульсу з *виходу генератора імпульсів* 5 *на сьомому виході* третього функціонального перетворювача 12 встановлюється сигнал логічної одиниці, який подається на третій вхід третього регістра 26, в результаті чого інформація, яка записана в ньому, і яка відповідає спрацюванню ресурсу ізоляції, що контролюється першим сенсором температури 2 записується в шостий регістр 31, за вихідним сигналом другого елемента АБО 18. В момент подачі *сигналу на вхідну цифрову шину шостого регістра* 31 цей же сигнал подається на другу вхідну шину *цифрового компаратора* 33, *в якому він порівнюється* із сигналом, який поступає на першу вхідну цифрову шину з блока задавання ресурсу 30. Якщо значення сигналу на другому вході цифрового компаратора 33 перевищує значення сигналу виходу блока задавання ресурсу 30, то на виході цифрового компаратора 33 з'являється сигнал, який поступає на третій вхід індикатора 34 і свідчить про вичерпання заданого ресурсу ізоляції і про необхідність виведення обладнання з експлуатації.

При подачі другого імпульсу з виходу генератора імпульсів 5 на першому виході третього функціонального *перетворювача 12 встановлюється* сигнал логічної одиниці, який подається на восьмий вхід комутатора 16, що відповідає передачі сигналу температури з виходу першого аналогового суматора 13 на вхід аналого-цифрового перетворювача 19, в якому цей сигнал перетворюється в цифровий код. Одночасно сигнал з виходу комутатора 16 поступає на перший вхід пікового детектора 20 і записується в ньому по сигналу з виходу *першого елементу* АБО 17 у випадку, коли *поточне* значення сигналу перевищує те, що записане в *піковому детекторі 20. Сигнал з виходу аналого*-цифрового перетворювача 19 подається на вхід другого функціонального перетворювача 22, в якому відбувається обчислення вичерпання ресурсу ізоляції (вираз 1) за температурою першого сенсора температури 2, значення вичерпання ресурсу якого додається в третьому суматорі 23 до попереднього значення вичерпання ресурсу ізоляції (коли пристрій тільки введений в експлуатацію, тоді попереднє значення вичерпання ресурсу дорівнює нулю) і сигнал, який відповідає сумарному значенню записується в третій регістр 26 за керуючим сигналом, який подається на другий його вхід з *першого виходу третього функціонального* перетворювача 12.

Аналогічним чином пристрій працює у випадку, коли в інші регістри: другий 27 і третій 28 записується значення відпрацьованого ресурсу ізоляції при вимірюванні температури за допомогою сенсорів температури: другого 3 і четвертого 4 відповідно. Відмінність полягає лише в тому, що третій функціональний перетворювач 12 формує інші *послідовності імпульсів для коректної роботи пристрою*, які формуються за третім, четвертим, п'ятим *і шостим імпульсами генератора імпульсів* 5 у вигляді відповідних тактів.

При подачі сьомого імпульсу з виходу генератора імпульсів 5 на четвертому виході третього функціонального перетворювача 12 встановлюється сигнал, який подається на п'ятий вхід комутатора 16, внаслідок чого, сигнал з виходу пікового детектора 20 поступає на четвертий вхід комутатора 16, який відповідає максимальному значенню температури першого 2, другого 3 або третього 4 сенсорів температури. З виходу комутатора 16 цей же сигнал надходить на вхід аналого-цифрового перетворювача 19, на виході якого з'являється відповідний цифровий код, що поступає на першу вхідну шину індикатора 34 і відповідає максимальній температурі ізоляції електрообладнання.

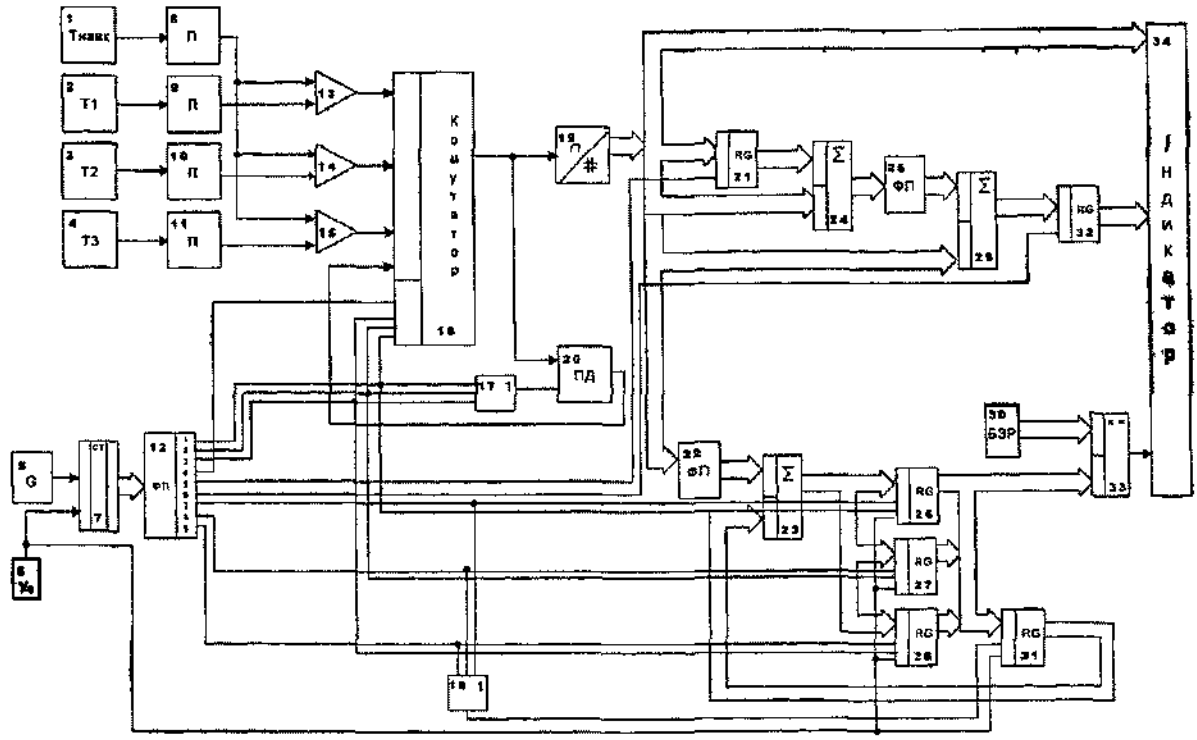
В попередньому циклі роботи пристрою в перший регістр 21 записано значення максимальної температури, яке було зафіксовано в тому циклі роботи пристрою. В момент появи цифрового коду, що відповідає максимальній температурі на виході аналого-цифрового перетворювача 19, на виході першого суматора 24 з'являється сигнал зміни температури, який після першого функціонального перетворювача 25 у вигляді $T_H \cdot (d\ /dt)$ подається на вхід другого суматора 29, де здійснюється його додавання до сигналу поточної максимальної температури і у вигляді сигналу, що відповідає $+T_H \cdot (d\ /dt)$ записується в другий регістр 32 по сигналу з шостого виходу функціонального перетворювача 12 у восьмому такті роботи та виводиться на індикатор 34.

При подачі дев'ятого імпульсу з виходу генератора імпульсів 5 на п'ятому виході третього функціонального перетворювача 12 встановлюється сигнал, що подається на другий вхід першого регістра 21, в результаті чого відбувається запис в нього поточного значення максимальної температури для використання в наступному циклі роботи пристрою в якості попереднього значення максимальної температури для обчислення зміни цієї температури.

Для дослідження більшої кількості точок контролю температури необхідно лише збільшити кількість сенсорів температури, підсилювачів, аналогових суматорів, входів комутатора, виходів третього функціонального перетворювача 12 та кількість регістрів врахування вичерпання ресурсу. В будь-якому випадку, якщо відбувається вичерпання ресурсу ізоляції за одним із каналів вимірювання, оперативному персоналу подається сигнал на індикатор 34 про необхідність виведення електрообладнання з експлуатації. Робота пристрою по тактам характеризується наведеною таблицею.

Таблиця

Такти / Канали	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	1	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	1	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	1	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	1
6	0	0	0	0	0	0	0	1	0
7	1	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	1	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	1	0	0	0	0



Комп'ютерна верстка А. Крижанівський Підписне Тираж 26 прим

Міністерство освіти і науки України

Державний департамент інтелектуальної власності, вул. Урицького, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут промислової власності", вул Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601