



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **74745** (13) **U**
(51) МПК
G05D 23/19 (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

<p>(21) Номер заявки: u 2012 04798</p> <p>(22) Дата подання заявки: 17.04.2012</p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 12.11.2012</p> <p>(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 12.11.2012, Бюл.№ 21</p>	<p>(72) Винахідник(и): Савицький Сергій Михайлович (UA), Гапон Анатолій Іванович (UA), Качанов Петро Олексійович (UA), Римар Сергій Іванович (UA)</p> <p>(73) Власник(и): НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ "ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ", вул. Фрунзе, 21, м. Харків, 61002 (UA)</p>
--	---

(54) СПОСІБ ПРОГРАМНОГО КЕРУВАННЯ ТЕПЛОВИМ ОБ'ЄКТОМ З РОЗПОДІЛЕНИМИ ПАРАМЕТРАМИ

(57) Реферат:

Спосіб програмного керування тепловим об'єктом з розподіленими параметрами, що включає формування коду температури задавача, вимірювання температури об'єкта і формування управляючої дії.

UA 74745 U

Корисна модель належить до систем програмного регулювання температури середовищ або тіл, зокрема до способів керування температурою об'єкта по заданій програмі, і може буде реалізована в системах керування в енергетиці, хімічній, металургійній, харчовій та інших областях промисловості.

5 Відомий спосіб програмного визначення стану електронагрівача [1], що включає керування електрорушійною силою за допомогою комп'ютера і одночасні виміри напруги на електронагрівачі та з'єднаному послідовно з ним термостабілізованому електричному опорі.

Недоліком вказаного способу є неможливість його використання для управління об'єктом з розподіленими параметрами, невисока точність стабілізації температури.

10 Найбільш близьким аналогом по суті до запропонованого є спосіб програмного регулювання і пристрій для його здійснення [2], що включає формування коду температури задавача, вимірювання температури об'єкта і формування управляючої дії, у вигляді ступінчастої функції, управляючу дію формують як суму одиничних функцій, при відомому значенні управляючої дії, вимірюють вихідні сигнали і по ним визначають перехідну характеристику об'єкта, по якій
15 визначають суму кодів приростів температури до кінця інтервалу програмного регулювання, обумовлених відповідними одиничними функціями, визначають прогнозовану помилку розузгодження як різницю між отриманою сумою, відповідною управляючої дії для цього ж моменту часу, і кодом приросту температури задавача, корегують її на величину помилки розузгодження, що мала місце на початок інтервалу програмного регулювання, а управляючу дію формують у вигляді суми скоректованої помилки розузгодження і управляючої дії на попередньому інтервалі програмного регулювання.

Недоліком вказаного способу є неможливість використання даного способу для управління об'єктом з розподіленими параметрами.

25 В основу корисної моделі поставлена задача розробки способу програмного керування тепловим об'єктом з розподіленими параметрами для переходу від управління точковим об'єктом до управління температурним полем з підвищенням точності стабілізації температури.

Поставлена задача вирішується тим, що спосіб програмного керування тепловим об'єктом з розподіленими параметрами, що включає формування коду температури задавача, вимірювання температури об'єкта і формування управляючої дії, у вигляді ступінчастої функції, управляючу дію формують як суму одиничних функцій, при відомому значенні управляючої дії, вимірюють вихідні сигнали і по ним визначають перехідну характеристику об'єкта, по якій визначають суму кодів приростів температури до кінця інтервалу програмного регулювання, обумовлених відповідними одиничними функціями, визначають прогнозовану помилку розузгодження як різницю між отриманою сумою, відповідною управляючої дії для цього ж моменту часу, і кодом приросту температури задавача, корегують її на величину помилки розузгодження, що мала місце на початок інтервалу програмного регулювання, а управляючу дію формують у вигляді суми скоректованої помилки розузгодження і управляючої дії на попередньому інтервалі програмного регулювання, включає вимірювання температури об'єкта у всіх n точках теплового поля і формування управляючої дії для об'єкта з розподіленими параметрами.

40 Вимірювання температури об'єкта у всіх n точках теплового поля і формування управляючої дії для об'єкта з розподіленими параметрами дозволяє програмно керувати тепловим об'єктом з розподіленими параметрами та підвищує точність регулювання температури теплового поля.

45 Суть корисної моделі пояснюється кресленням, на якому зображено ряд перехідних функцій теплового об'єкта.

Для реалізації запропонованого способу на стадії підготовки необхідно зняти перехідні характеристики об'єкта регулювання та за отриманими кривими виміряти тривалість перехідних процесів в об'єкті. Час перехідного процесу поділяється на n рівних інтервалів τ . В точках t , де $t = 1\tau, 2\tau, \dots, n\tau$ - вимірюють значення вихідного сигналу (температури) T_1, T_2, \dots, T_n та за формулою:

$$50 \quad K_{i,j,k} = \frac{Y(t)}{X} \Big|_{t = \tau \cdot k},$$

вираховують відповідні коефіцієнти передавання теплового впливу $K_{i,j,k}$ для керування тепловим полем в момент часу k , де i - номер датчика ($1 < i < n$), j - номер нагрівача ($1 < j < n$), k - номер інтервалу часу ($1 < k < \infty$).

55 Будь-яку управляючу дію можна представити у вигляді суми одиничних функцій. Для теплових полів справедливий принцип суперпозиції, який полягає в тому, що зміна температури об'єкта рівна сумі змін температури, обумовлених кожним тепловим потоком (якщо їх декілька) окремо. Тому при дії на об'єкт теплового потоку, що має вид ступінчастої функції, за умови, що зміни ступінчастій функції відбуваються в моменти, кратні τ за допомогою масиву коефіцієнтів $K_{i,j,k}$ можна розрахувати температуру об'єкта у будь-який момент часу, кратний τ .

Спосіб реалізують наступним чином:

У початковому момент часу коди приросту теплових потоків обнулені. Коефіцієнти передавання теплового впливу для керування тепловим полем $K_{i,i,1}$ в початковий момент часу розраховують за попередньо знятими перехідними характеристиками.

5 Після запуску системи програмного регулювання починається обчислення прогнозованої зміни температури об'єкта відносно T_0 для кожної з n точок. Для обчислення величини управляючої дії, яка за проміжок часу τ виведе об'єкт в точку, задану за програмою, необхідно обчислити, в яку точку вийде об'єкт під впливом дії, що управляє, яка мала місце до початку поточного інтервалу часу τ .

10 Тому прогнозована зміна температури в точці $t = r \cdot \tau$ обчислюється без урахування теплового потоку, який подають в мить, коли час перевищить $t = r \cdot \tau$ за формулою:

$$\Delta T_{i,r}^p = \sum_{j=1}^n K_{i,j,m} \sum_{r=1}^{k-m} \Delta Q_{j,r} + \sum_{j=1}^n \sum_{r=k-m+1}^k \Delta Q_{j,r} \cdot K_{i,j,r} \quad (2).$$

де $\Delta T_{i,r}^p$ - розрахункова прогнозована зміна температури об'єкта в i -ої точці в кінці r -го інтервалу часу під впливом сумарного теплового потоку від усіх нагрівачів, підведених до моменту часу $t = r \cdot \tau$; $\Delta Q_{i,r}$ - приріст дії теплового потоку, що управляє, на початок r -го інтервалу часу;

15 $\sum_{j=1}^n K_{i,j,m} \sum_{r=1}^{k-m} \Delta Q_{j,r}$ - приріст температури датчика викликаний приростом теплових потоків всіх n нагрівачів, для яких час перехідних процесів минув, і коефіцієнти $K_{i,j,r}$ не змінюються і рівні $K_{i,j,m}$;

20 $\sum_{j=1}^n \sum_{r=k-m+1}^k \Delta Q_{j,r} \cdot K_{i,j,r}$ - приріст температури датчика викликаний приростом теплових потоків всіх n нагрівачів, для яких час перехідних процесів не пройшов; $K_{i,j,m}$ - відповідні коефіцієнти передавання теплового впливу для керування тепловим полем в момент часу m ; $K_{i,j,r}$ - відповідні коефіцієнти передавання теплового впливу для керування тепловим полем в момент часу r ; m, r - номери інтервалів часу.

25 Потім вектор розрахункової температури порівнюється з вектором температури, заданим програмно. Вектор різниці з відповідним знаком вираховують як:

$$\{\Delta_1\} = \{\Delta T_r^3\} - \{T_r^p\} \quad (3).$$

де ΔT_r^3 - приріст температури, потрібний за програмою.

30 Під час виконання програми регулювання температура навколишнього середовища може змінюватися. Оскільки швидкість зміни температури навколишнього середовища звичайно значно менше швидкості температури об'єкта, перехідними процесами, обумовленими коливаннями зовнішньої температури, можна нехтувати. Проте, ці коливання можуть викликати помилку розузгодження, а також погрішності ЦАП і АЦП можуть викликати помилку розузгодження, яку необхідно враховувати. Для цього на елемент подається код приросту температури задавача на кінець r -го інтервалу τ і код приросту температури всіх датчиків на цей же момент часу.

Різницевий код дорівнює:

$$\{\Delta_2\} = \{\Delta T_{r-1}^3\} - \{T_{r-1}^d\} \quad (4).$$

де $\{T_{r-1}^d\}$ - вектор приростів температури в точках.

40 Оскільки зміну зовнішньої температури передбачити складно, і оскільки ця зміна за час τ надзвичайно мала, приймаємо $\Delta_2(r) = \Delta_2(r-1)$.

Виходячи з цього, розраховується повне відхилення прогнозованої температури об'єкта від температури, заданої за програмою. Сумарний вектор прогнозованих помилок розузгодження дії, що управляє, обчислюється за формулою:

$$\{\Delta\} = \{\Delta_1\} + \{\Delta_2\} = \left(\{\Delta T_r^3\} - \{T_r^p\} \right) + \left(\{\Delta T_{r-1}^3\} - \{T_{r-1}^d\} \right) \quad (5).$$

Очевидно, що для $k = 1$, за умови, що температура в усіх точках простору не відрізнялася від T_0 , $\{\Delta\} = \{\Delta T_k^3\}$, оскільки решта всіх додатків рівна нулю.

50 Для того, щоб від початку r -го інтервалу часу до його кінця температура у всіх n точках поля стала рівною заданій за програмою, необхідно підвести додатково тепловий потік, який викличе рівну за величиною, але протилежну за знаком зміну температури у всіх відповідних точках. Але

на кожну точку поля впливають всі n нагрівачів одночасно. Тому для i-ої точки простору ($i < 1 < n$) ця зміна повинна задовольняти рівнянню:

$$\Delta Q_1 \cdot K_{i,1,r} + \Delta Q_2 \cdot K_{i,2,r} + \dots + \Delta Q_n \cdot K_{i,n,r} = -\Delta_i. \quad (6).$$

Таких рівнянь - n. Тому значення приростів теплових потоків для кожного з n нагрівачів обчислюється шляхом сумісного вирішення системи рівнянь:

$$\begin{cases} \Delta Q_1 \cdot K_{1,1,r} + \Delta Q_2 \cdot K_{1,2,r} + \dots + \Delta Q_n \cdot K_{1,n,r} = -\Delta_1 \\ \Delta Q_1 \cdot K_{2,1,r} + \Delta Q_2 \cdot K_{2,2,r} + \dots + \Delta Q_n \cdot K_{2,n,r} = -\Delta_2 \\ \dots \\ \Delta Q_1 \cdot K_{n,1,r} + \Delta Q_2 \cdot K_{n,2,r} + \dots + \Delta Q_n \cdot K_{n,n,r} = -\Delta_n \end{cases}, \quad (7)$$

або в матричній формі:

$$[K_i] \cdot \{\Delta Q\} = -\{\Delta\}, \quad (8).$$

де $\{\Delta\}$ - матриця стовпець приростів температур наприкінці інтервалу часу τ , що містить n елементів; $\{\Delta Q\}$ - матриця рядок приростів теплового потоку на початку цього ж інтервалу часу τ , які компенсують за час τ відповідні прирости температур, що містить n елементів. Тому для обчислень використовують тільки коефіцієнти $K_{i,i,1}$.

Після чого вираховують значення приросту теплового потоку за формулою:

$$\{\Delta Q\} = \frac{\{\Delta\}}{[K_1]}, \quad (9).$$

Після обчислення значення приросту теплового потоку ΔQ_i ці значення підставляють в систему рівнянь (7), вирішення якої дає значення приростів повного теплового потоку Q_i нагрівачів. Потім, за формулою (10) обчислюють повний тепловий потік для кожного з n нагрівачів:

$$Q_i = \sum_{r=1}^k \Delta Q_{i,r}. \quad (10).$$

Значення кодів приросту теплового потоку $\Delta Q_{i,k}$ ($j = 1, 2, \dots, n$; $k = 1, 2, \dots, \infty$) j-го нагрівача на початок k-го інтервалу часу і сумарного теплового потоку Q_i ($i = 0, 1, \dots, n$) обчислюється та записуються в пам'яті, перетворюються в аналоговий сигнал, який посилюється і подається на нагрівачі.

Під впливом підведеного до об'єкта тепла об'єкт починає змінювати свою температуру на ΔT_i^3 . Після запису коду зміни температури система починає обчислювати значення дії, що управляє, для інтервалу часу від $t = i \cdot \tau$ до $t = (i + 1) \cdot \tau$. Процес розрахування відновлюють, як тільки, закінчиться i-ий інтервал часу.

Технічний результат, який досягається при використанні корисної моделі:

- 1. Можливість керування тепловим об'єктом з розподіленими параметрами.
- 2. Підвищення точності регулювання температури.

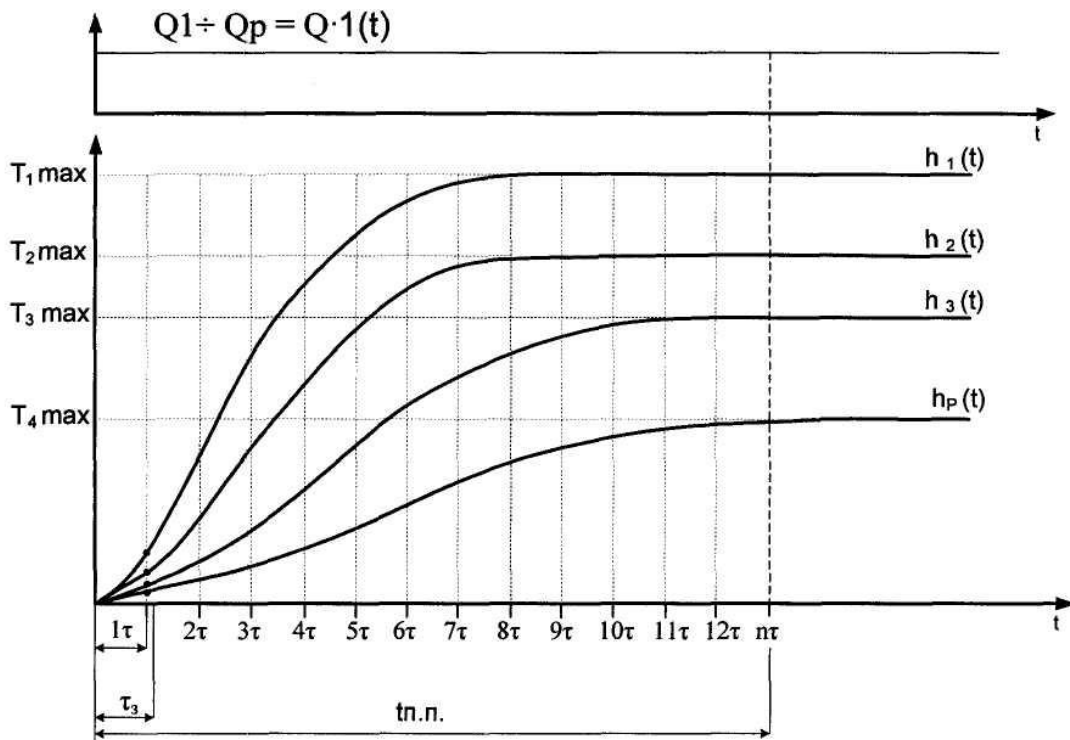
Джерела інформації:

- 1. Патент на винахід України № 83073, МПК G05D 23/19, G05D 23/20.
- 2. Патент SU № 1464147, МПК G05D 23/19.

35

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Спосіб програмного керування тепловим об'єктом з розподіленими параметрами, що включає формування коду температури задавача, вимірювання температури об'єкта і формування управляючої дії, у вигляді ступінчастої функції, управляючу дію формують як суму одиничних функцій, при відомому значенні управляючої дії, вимірюють вихідні сигнали, і по них визначають перехідну характеристику об'єкта, по якій визначають суму кодів приростів температури до кінця інтервалу програмного регулювання, обумовлених відповідними одиничними функціями, визначають прогнозовану помилку розузгодження як різницю між отриманою сумою, відповідною управляючій дії для цього ж моменту часу, і кодом приросту температури задавача, корегують її на величину помилки розузгодження, що мала місце на початок інтервалу програмного регулювання, а управляючу дію формують у вигляді суми скоректованої помилки розузгодження і управляючої дії на попередньому інтервалі програмного регулювання, який відрізняється тим, що вимірюють температуру об'єкта у всіх n точках теплового поля і формують управляючу дію для об'єкта з розподіленими параметрами.



Комп'ютерна верстка А. Крулевський

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Урицького, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

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