



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **84939** (13) **U**  
(51) МПК (2013.01)  
**G05B 11/00**

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ

## (12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: <b>u 2013 03945</b>	(72) Винахідник(и): <b>Олексієнко Галина Андріївна (UA), Самедов Юсіф Фахрат-огли (UA)</b>
(22) Дата подання заявки: <b>01.04.2013</b>	(73) Власник(и): <b>СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ, вул. Римського-Корсакова, 2, м. Суми, 40007 (UA)</b>
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: <b>11.11.2013</b>	
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: <b>11.11.2013, Бюл.№ 21</b>	

## (54) СПОСІБ АВТОМАТИЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ

### (57) Реферат:

Спосіб автоматичного регулювання технологічних параметрів включає формування керувальної дії у вигляді керувальних імпульсів максимальної потужності, визначення поточного значення похибки регулювання і вимірювання регульованої величини об'єкта, точне утримання заданого значення регульованої величини, яке здійснюють обчисленням значення основної керувальної дії з врахуванням похибки регулювання. Поточне значення похибки регулювання запам'ятовують і порівнюють зі значенням похибки у попередньому циклі формування керувальної дії, визначають стан системи автоматичного регулювання з точки зору відхилення вихідного параметра від заданого значення чи наближення вихідного параметра до заданого значення, запам'ятовують величину максимального значення похибки регулювання. До основної керувальної дії формують додаткові як прискорюючі, так і гальмуючі імпульси.

UA 84939 U



Корисна модель належить до області автоматичного керування технологічними об'єктами металургійної, хімічної, харчової та інших промисловостей і може бути використана для автоматичного регулювання технологічних параметрів (тиск, рівень, температура, лінійна та кутова швидкості тощо).

5 Відомий спосіб програмного регулювання грючої потужності, в якому формується програма зміни температури об'єкта, вимірюється температура об'єкта, визначається ступінчата нагрівальна потужність та задаються інтервали часу зміни режимів нагріву (див. патент РФ №2231821, МПК G05D 23/19, 18.10.2002).

10 Але даний спосіб має такі недоліки: зміни режиму об'єкта заданою програмою відбуваються в моменти часу, коли температура при нагріві чи охолодженні досягають заданого значення, що приводить до відхилень температури від заданого значення внаслідок інерційності теплових об'єктів; не враховуються запізнення реакції об'єкту на керуючі дії, а також зміна динамічних властивостей об'єкта управління. Все це приводить до похибок регулювання температури технологічного об'єкта.

15 Як найближчий аналог вибрано спосіб автоматичного регулювання технологічних параметрів, згідно з яким спочатку на об'єкт керування формують поодинокий керувальний імпульс максимальної потужності і одночасно обчислюють величину інерційного зросту температури, яку використовують для визначення моменту завершення цього імпульсу. Для точного утримання регульованого параметра на заданому значенні обчислюють і формують  
20 необхідну потужність основної керувальної дії з врахуванням властивостей об'єкта керування, поточної похибки регулювання та швидкості зміни регульованої величини (див. патент РФ №2461857 G05B 11/00 20.04.2011).

Недоліком відомого способу є обмежені функціональні можливості, що пояснюється недостатньою швидкістю. Запропонований спосіб може бути використаний переважно для  
25 регулювання температури при електронагріві і зовсім не може бути застосований при регулюванні багатьох інших технологічних параметрів, де основним є безперервна корекція керуючої дії (хоча б при газовому нагріву горінням), а також складність процедури обчислення керувальних імпульсів.

В основу корисної моделі поставлено задачу - удосконалення способу автоматичного регулювання технологічних параметрів шляхом формування додаткових керувальних імпульсів простим і ефективним способом для підвищення швидкодії систем автоматичного регулювання багатьох технологічних параметрів без перерегулювання і коливань, що розширює функціональні можливості.

30 Поставлена задача вирішується тим, що у відомому способі автоматичного регулювання технологічних параметрів, по якому здійснюють формування керувальної дії у вигляді керувальних імпульсів максимальної потужності, визначають поточне значення похибки регулювання і вимірюють регульовану величину об'єкта, точне утримання заданого значення регульованої величини здійснюють обчисленням значення основної керувальної дії з  
40 врахуванням похибки регулювання, згідно з корисною моделлю, поточне значення похибки регулювання запам'ятовують і порівнюють зі значенням похибки у попередньому циклі формування керувальної дії, визначають стан системи автоматичного регулювання з точки зору відхилення вихідного параметра від заданого значення чи наближення вихідного параметра до заданого значення, запам'ятовують величину максимального значення похибки регулювання і далі до основної керувальної дії формують додаткові як прискорюючі, так і гальмуючі імпульси в  
45 залежності від відношень поточної похибки до її максимального значення, яке було запам'ятовано раніше.

Принцип розробки нового способу автоматичного регулювання технологічних параметрів (вихідної величини) базується на наступних теоретичних поясненнях.

50 Як відомо з практики автоматичного регулювання різних технологічних параметрів переважна більшість об'єктів керування являє собою послідовне з'єднання аперіодичних ланок першого або другого порядків з певним запізненням. З теорії автоматичного керування відомо, що для найшвидшого переведення будь якого об'єкта керування з одного значення вихідної величини на інше, потрібні імпульсні (релейні) зміни керувальної дії як прискорюючого, так й гальмуючого характеру максимально можливої потужності (див. Попович М.Г., Ковальчук О.В.  
55 Теорія автоматичного керування: Підручник. - К.: Либідь, 1997, - С. 480-487). Кількість таких переключень керувальної дії дорівнює порядку передаточної функції об'єкта керування. Наявність запізнення підвищує порядок передаточної функції об'єкта керування до нескінченості. Отже, з теорії витікає, що кількість переключень керувальної дії дорівнює нескінченості з частотою, що все збільшується наприкінці перехідного процесу. У реальності на  
60 практиці достатньо декількох переключень керувальної дії для отримання значного прискорення

перехідного процесу. Доцільним слід вважати кількість переключень керувальної дії, що дорівнює від трьох до п'яти.

Слід також мати на увазі, що система автоматичного регулювання технологічних параметрів призначена не тільки для переведення вихідної величини об'єкта керування з одного значення на інше, а і на утримання (стабілізації) вихідної величини на потрібному, заданому значенні при дії технологічного навантаження та різноманітних обурень та завад. І це завдання при регулюванні багатьох технологічних параметрів є основним для систем автоматичного регулювання.

Тому, якщо система регулювання знаходиться у стані відхилення вихідного параметра від заданого значення, то потрібно формувати додатковий керувальний імпульс в напрямі усунення даного відхилення.

Застосування запропонованого способу автоматичного регулювання технологічних параметрів разом з усіма суттєвими ознаками, включаючи відмінні, покращує швидкодію при переведенні вихідної величини об'єкта управління з одного значення на інше без перерегулювання і коливань, сприяє зменшенню відхиленню вихідного параметра об'єкта управління від заданого значення та більш швидкому поверненню вихідного параметра до заданого значення, усуненню коливань при прикладенні на об'єкт управління технологічного навантаження та завад.

Спосіб пояснюється кресленням. На фіг. 1 зображений графік залежності похибки регулювання  $\epsilon$  по ходу перехідних процесів вихідного параметра  $X$ . На фіг. 2 зображений графік зміни основної керувальної дії  $U_k$  та додаткові керувальні імпульси  $U_d$ .

Спосіб автоматичного регулювання технологічних параметрів реалізують на підставі наступного алгоритму.

1. Визначається поточне значення похибки регулювання  $\epsilon_i$  як різниця заданого значення та вимірної вихідної величини в даному циклі регулювання, яка запам'ятується.

2. По поточному значенню похибки регулювання обчислюється корекція основної складової регулюючої дії.

3. Проводиться порівняння за абсолютними значеннями  $\epsilon_i$  з похибкою регулювання у попередньому циклі  $\epsilon_{i-1}$  (якщо цикл регулювання тільки розпочався, то приймають  $\epsilon_{i-1} = 0$ ):

$$|\epsilon_i| \geq |\epsilon_{i-1}|. \quad (1)$$

4. Якщо умова (1) виконується, то має місце стан системи регулювання, при якому вихідна величина відхиляється від заданого значення під дією технологічного навантаження. При цьому для зменшення відхилення вихідної величини формується додаткова керувальна дія у вигляді прискорюючого імпульсу, який співпадає за знаком похибки регулювання  $\epsilon_i$ . Цей додатковий керувальний імпульс утримується незмінним до тих пір, доки виконується умова (1). При цьому кожного разу приймається максимальне значення похибки регулювання  $\epsilon_{\max}$ , що дорівнює поточному значенню  $\epsilon_i$  в даному циклі регулювання:  $\epsilon_{\max} = \epsilon_i$ . Це значення  $\epsilon_{\max}$  кожного разу запам'ятується.

5. Якщо умова (1) не виконується, то має місце стан системи регулювання, при якому вихідна величина повертається до заданого значення або відбувається її перевід з одного значення на інше відповідно зміні заданого значення. В цьому стані формуються керувальні дії у вигляді додаткових імпульсів як прискорюючого, так і гальмуючого характеру максимально можливої потужності. Моменти переключень цих імпульсів залежать від відношення поточної похибки до раніше запам'ятованої її максимального значення  $\epsilon_{\max}$ .

На основі результатів моделювання систем регулювання об'єктами з передаточними функціями різного порядку пропонується наступні показники переключень при формуванні керувальної дії у вигляді трьох додаткових імпульсів. Перший імпульс формується як прискорюючий, який співпадає зі знаком похибки регулювання. Цей імпульс утримується незмінним до тих пір, доки величина поточної похибки регулювання  $\epsilon_i$  не зменшиться до значення  $0,5 * \epsilon_{\max}$ :

$$|\epsilon_{\max}| > |\epsilon_i| \geq 0,5 * \epsilon_{\max}. \quad (2)$$

Після цього формується другий додатковий імпульс керувальної дії гальмуючого характеру протилежно знаку похибки регулювання  $\epsilon_i$  за умовою досягнення  $0,3 * \epsilon_{\max}$ :

$$0,5 * |\varepsilon_{\max}| > |\varepsilon_i| \geq 0,3 * |\varepsilon_{\max}| \cdot \quad (3)$$

Далі формується третій додатковий імпульс керувальної дії прискорюючого характеру, який співпадає зі знаком похибки регулювання  $\varepsilon_i$  за умовою досягнення  $0,2 * \varepsilon_{\max}$  :

$$0,3 * |\varepsilon_{\max}| > |\varepsilon_i| \geq 0,2 * |\varepsilon_{\max}| \cdot \quad (4)$$

5

Після чого  $0,2 * \varepsilon_{\max}$  значення похибки регулювання, що залишилось, буде усунено корекцією основної складової регулюючої дії.

При п'яти імпульсах додаткової керувальної дії до приведених раніше умов (2), (3) і (4) додаються ще дві умови. Четвертий додатковий імпульс керувальної дії прискорюючого характеру формується за умовою:

$$0,2 * |\varepsilon_{\max}| > |\varepsilon_i| \geq 0,13 * |\varepsilon_{\max}| \cdot \quad (5)$$

П'ятий додатковий імпульс керувальної дії гальмуючого характеру формується за умовою:

$$0,13 * |\varepsilon_{\max}| > |\varepsilon_i| \geq 0,1 * |\varepsilon_{\max}| \cdot \quad (6)$$

15

Після чого  $0,1 * \varepsilon_{\max}$  значення похибки регулювання, що залишилось, буде усунено корекцією основної складової регулюючої дії.

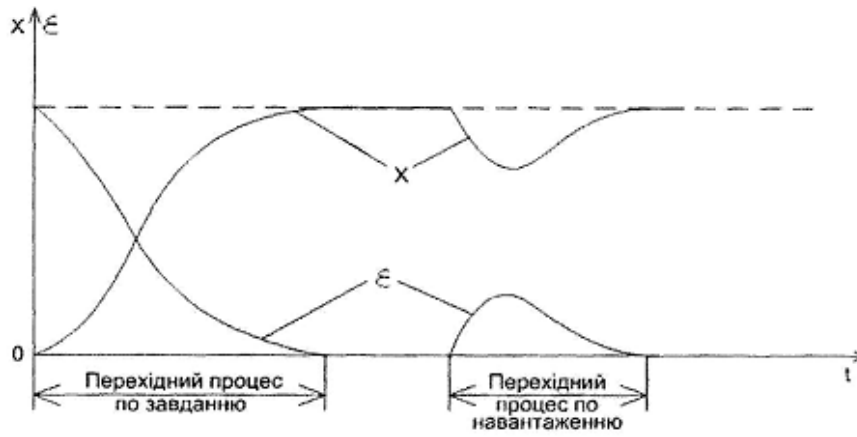
Новим в реалізації способу автоматичного регулювання технологічних параметрів є визначення стану системи автоматичного регулювання з одночасним зберіганням максимального значення похибки регулювання, яке потрібно ліквідувати системі автоматичного регулювання і формування додаткових імпульсів керувальної дії як прискорюючого, так і гальмуючого характеру в залежності від відношень поточної похибки регулювання до її максимального значення.

Хоча безпосереднього визначення динамічних показників об'єкта управління в запропонованому способі автоматичного регулювання технологічних параметрів не здійснюється, але ці зміни впливають на характер і тривалість перехідних процесів. Тому моменти часу, у яких відбуваються переключення додаткових імпульсів керувальної дії однозначно пов'язані з динамічними показниками об'єкта керування.

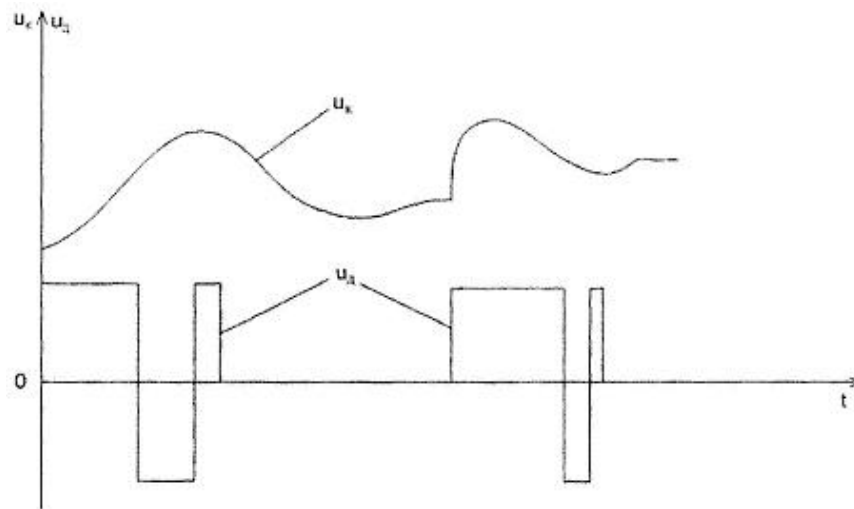
30

#### ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Спосіб автоматичного регулювання технологічних параметрів, що включає формування керувальної дії у вигляді керувальних імпульсів максимальної потужності, визначення поточного значення похибки регулювання і вимірювання регульованої величини об'єкта, точне утримання заданого значення регульованої величини, яке здійснюють обчисленням значення основної керувальної дії з врахуванням похибки регулювання, який **відрізняється** тим, що поточне значення похибки регулювання запам'ятовують і порівнюють зі значенням похибки у попередньому циклі формування керувальної дії, визначають стан системи автоматичного регулювання з точки зору відхилення вихідного параметра від заданого значення чи наближення вихідного параметра до заданого значення, запам'ятовують величину максимального значення похибки регулювання і до основної керувальної дії формують додаткові як прискорюючі, так і гальмуючі імпульси в залежності від відношень поточної похибки до її максимального значення, яке було запам'ятовано раніше.



Фіг. 1



Фіг. 2

Комп'ютерна верстка М. Ломалова

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