

УДК 62-50

**Кириленко М.В.**

Одеський національний політехнічний університет

## РОЗРАХУНОК ОПТИМАЛЬНИХ НАСТРОЮВАНЬ РЕГУЛЯТОРА РОЗРІДЖЕННЯ В ТОПКОВІЙ КАМЕРІ

*У статті розглядається процес регулювання розрідження в топці котла. Складена структурна схема регулювання розрідження у верхній частині топкової камери з пристроєм вводу збурення. Визначені настроювальні параметри системи регулювання. Побудовано графік перехідної функції об'єкта управління. Проведено аналіз перехідних процесів.*

**Ключові слова:** регулятор, розрідження, передатна функція, перехідні процеси, збурення, динамічне відхилення.

**Постановка проблеми.** Формування на території України ринкових відносин й інтеграція її в міжнародний економічний простір є основними причинами, що викликають необхідність розвитку енергозберігаючих й екологічно безпечних вітчизняних технологій. Сучасна технологія є однією з необхідних умов підвищення якості й зниження собівартості кінцевого продукту, а отже, і його конкурентоздатності як на внутрішньому, так і на зовнішньому ринках, і сприяє економічному росту й технічному престижу держави.

Підвищення технологічного рівня промисловості в галузі автоматизації може бути досягнуте за рахунок підвищення технічного рівня апаратних засобів, що реалізують типові закони й алгоритми керування.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Питання оптимальних настроювань регулятора розрідження були розглянуті доц. О. Харабет у роботі «Вивчення класичної теорії автоматичного управління з допомогою сучасного персонального комп'ютера», П. Профос у праці «Регулювання паросилових установок», а також у роботі «Методичні вказівки й таблиці для вибору настроювань ПІ й ПІД регуляторів в одноконтурних системах регулювання теплових об'єктів із запізнюванням» за редакцією Л. Кін.

**Постановка завдання.** Упровадження системи автоматичного управління паровими і водогрійними котлами, побудованими на основі програмованих контролерів, дає змогу автоматизувати процес виробництва теплової енергії в котлах і значно спростити контроль і управління цим процесом. Використання цієї системи може значно підвищити ефективність функціонування котлоагрегату за рахунок зниження споживання енергоресурсів, раціонального спалювання палива, використання технологічного обладнання, опера-

тивного управління обладнанням і технологічним процесом. Крім того, впровадження таких систем дає змогу знизити вплив людського фактора у виробничому процесі та ймовірність виникнення аварійних режимів функціонування котла; підвищує екологічні характеристики котельні й культуру виробничого процесу.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Регулювання розрідження, звичайно, здійснюють за допомогою зміни кількості газів, що відходять та відсмоктуються димососами. При цьому їхню подачу можна регулювати: поворотними багатососними дросельними заслінками; напрямними апаратами; гідромuftами, змінюючи число обертів робочого колеса димососа або первинним двигуном, міняючи частоту обертання.

Найбільше поширення одержала схема регулювання розрідження з одноімпульсним ПІ-регулятором, що реалізує принцип регулювання по відхиленню.

Необхідне значення регульованої величини встановлюють за допомогою ручного задатчика ЗРП регулятора розрідження 1. За роботи котла в регулюючому режимі часто відбуваються зміни теплового навантаження й, отже, зміни витрати повітря. Робота регулятора повітря 2 приводить до тимчасового порушення матеріального балансу між вступником повітря і газами, що відходять. Для попередження цього порушення й збільшення швидкодії регулятора розрідження рекомендують увести на його вхід додатковий зникаючий вплив від регулятора повітря через пристрій динамічного зв'язку.

Регулятор розрідження одержує імпульси з розрідження в топці й додаткового зв'язку, що попереджає про зовнішнє збурення від регулятора повітря. Призначення цього зв'язку полягає у тому, щоб забезпечити зміну режиму роботи

димососа одночасно зі зміною режиму роботи дуттєвого вентилятора. Регулятор впливає на виконавчий механізм, що керує напрямним апаратом димососа.

Для підтримки величини розрідження на заданому рівні застосована комбінована система з компенсацією зовнішнього збурювання. Головним збурюючим впливом прийнята витрата загального повітря. Структурна схема такої системи регулювання представлена на рисунку 1.

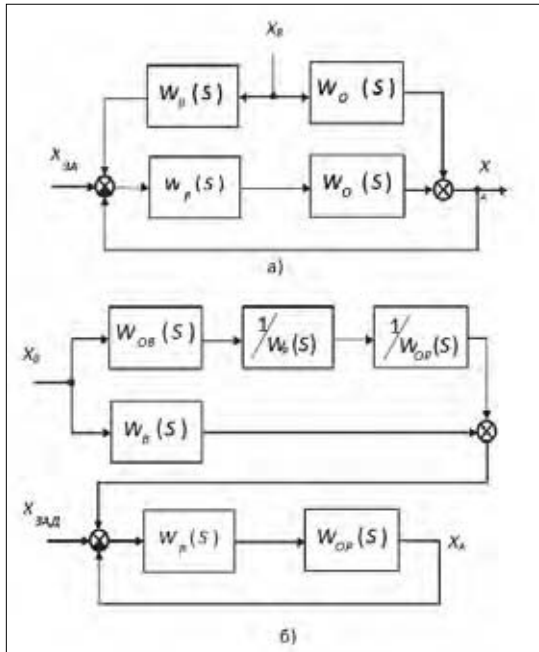


Рис. 1. Структурна схема АСР розрідження з пристроєм вводу збурення

Тут  $W_{OM}(S)$  і  $W_{OB}(S)$  – передатні функції регульованого об’єкта по каналах регулюючого й збурюючого впливів відповідно;  $WB(S)$  – передатна функція пристрою уведення зовнішнього впливу, що збурює систему регулювання.

Використавши правила перетворення структурних схем і привівши збурювання  $X_B$  до входу регулятора, можна записати зображення регульованої величини системи:

$$\begin{aligned}
 XA(S) = & \frac{W_{MM}(S)W_p(S)}{1 + W_{MM}(S)W_p(S)} X_A(S) + \\
 & + \left[ \frac{W_{me}(S)}{W_{MM}(S)W_p(S)} + W_B(S) \right] \\
 & \frac{W_{OM}(S)W_p(S)}{1 + W_{OM}(S)W_p(S)} X_B(S). \quad (1)
 \end{aligned}$$

Виразення в дужках у другому складі рівняння (1) є фільтром, через який проходять збурювання

перед входом у систему регулювання у вигляді регулюючого впливу.

Виразення (1) можна записати у вигляді:  $XA(S) = \Phi P(S) X_{3AD}(S) + W\Phi B(S) \Phi P(S) X_B(S)$ , (2) де  $\Phi P(S)$  – передатна функція замкнутої системи регулювання по каналу регулюючого впливу;  $W\Phi B(S)$  – передатна функція фільтра.

Легко помітити, що характеристичне рівняння замкнутої системи регулювання

$$1 + WP(S)WOM(S) = 0 \quad (3)$$

не залежить від властивостей фільтра (а значить, і пристрою уведення впливу, що збурює АСР), тому стійкість системи визначається тільки властивостями замкнутої АСР.

З виразення (2) треба, що за умови

$$W\Phi B(S) = 0 \quad (4)$$

відхилення регульованої величини у разі зміни зовнішнього впливу, що збурює АСР, і сталості регулюючого впливу буде дорівнювати нулю.

З виражень (1) і (4) ясно, що умова абсолютної інваріантності буде витримана, якщо передатна функція пристрою уведення збурюючого впливу буде дорівнювати:

$$WB(S) = - \frac{W_{OB}(S)}{W_{OM}(S)W_p(S)}. \quad (5)$$

Підставимо у виразення (5) передатні функції об’єкта по регулюючому й збурюючому каналах і передатну функцію ПІ-регулятора.

$$WB(S) = - \frac{K1}{\frac{T1S+1}{K3} \cdot \frac{kp(TuS+1)}{T3S+1} \cdot TuS} \quad (6)$$

Оскільки  $T1=T3$ , то після скорочення подібних додатків, одержуємо передатну функцію пристрою уведення збурюючого впливу

$$W(S) = \frac{K1 \cdot Tu S}{K3 \cdot kp} = \frac{kdS}{TdS + 1} \quad (7)$$

Пристрій уведення є реальною диференціюючою ланкою.

Засобами апаратної реалізації типовий АСР у такому проекті є мікропроцесорний керуючий комплекс Simatic 300 фірми Siemens. Тому інформація про зміну контрольованих параметрів (вхідна інформація) може бути отримана в абсолютних одиницях і необхідність обліку коефіцієнтів передачі вимірювальних перетворювачів відпадає.

Тривалість включення виконавчого механізму є результатом цифрового розрахунку й реалізується програмним шляхом. Налаштовувальні пара-

Показники якості регулювання в АСР розрідження

| Параметр                      | Відхилення регульованої величини, $\Delta X_a$ | Ступінь загасання перехідного процесу,<br>$\psi = \frac{\Delta X_1 - \Delta X_3}{\Delta X_1}$ | Час регулювання, $T_r$ , з | Статична помилка |
|-------------------------------|--|---|----------------------------|------------------|
| Розрідження $\Delta P_r$ , Па | 55   | 0.95  | 30                         | 0                |

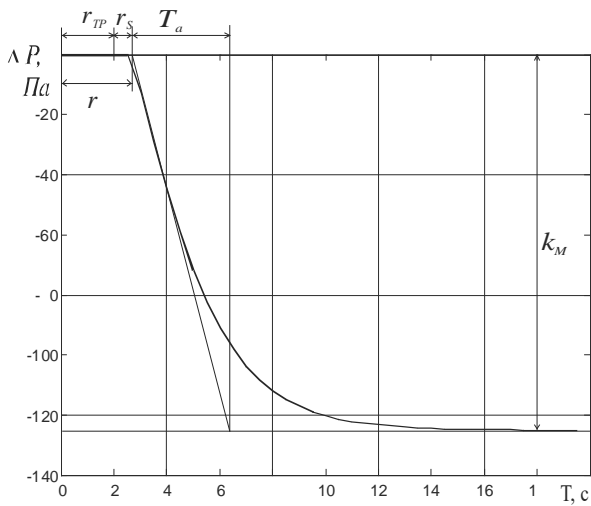


Рис. 2. Перехідна функція об'єкта управління

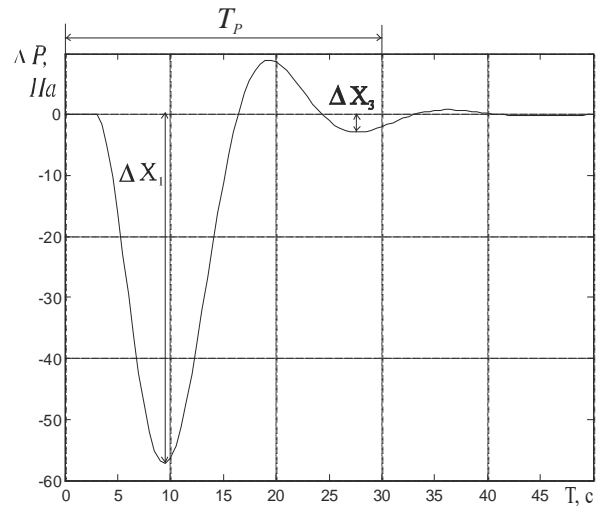


Рис. 3. Перехідний процес в АСР розрідження

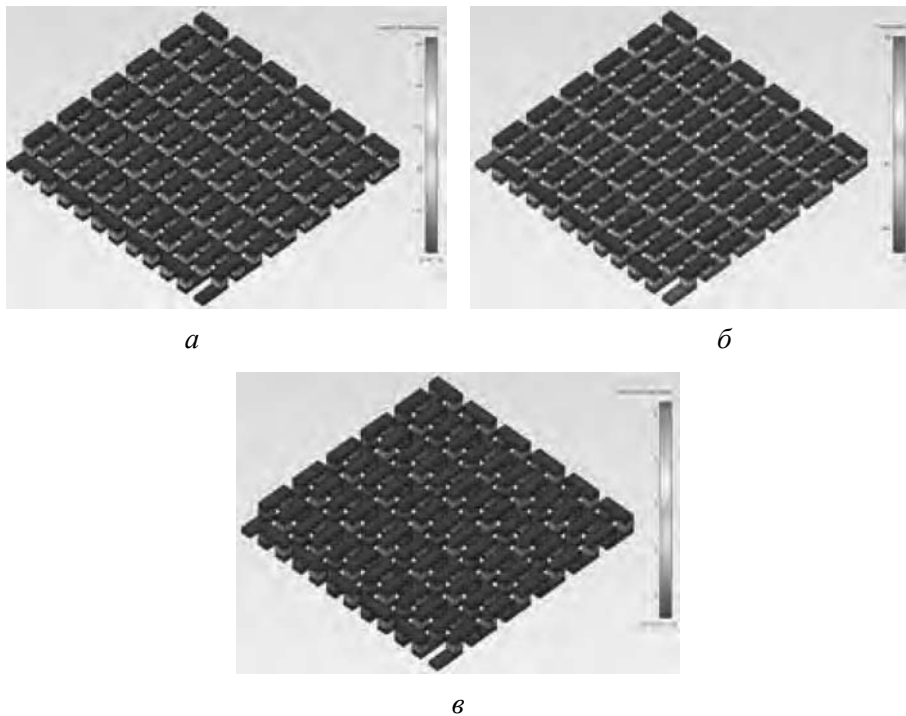


Рис. 4. Зміна положення направляючого апарата димососа

метри ПІ-регулятора розрідження визначаються за методикою Л. Кін шляхом обробки перехідної функції об'єкта керування по регулюючому каналі (рисунок 2).

Настроювання ПІ-регулятора розрідження:

1) Відношення  $\tau/T=2.7/3.5=0.771$ , звідки для ступеня загасання перехідного процесу  $m=0.37$ ,  $a=0.8$ ,  $i=1.43$  знаходимо  $k=0.62$ ,  $c=0.95$ .

2) Коефіцієнт передачі регулятора

$$k_p = \frac{k}{k_M} = \frac{0.62}{125} = 0.00496 \frac{\%}{\text{Па}};$$

3) Час ізодрома  $T_u = c \cdot \tau = 0.95 \cdot 2.7 = 2.57$  с.

Настроювання пристрою зв'язку (реальна ланка, що диференціює):

$$4) kd = \frac{673}{125} \cdot \frac{2.57}{0.00496} = 2789 \frac{с \cdot \text{Па}}{\text{кг} / \text{с}}; T_d = 2.57 \text{ с.}$$

Основним збурюючим впливом для системи регулювання розрідження в топковій камері є зміна витрати повітря на пальникові пристрої.

Показники якості перехідних процесів представлені в таблиці 1. Величина введеного збурювання становить 10% від номінальної витрати повітря ( $M_L = 13.9$  кг/з,  $\Delta M_L = 1.39$  кг/с).

Під час регулювання розрідження в топці величина першого динамічного відхилення становить 55 Па (рисунок 3). Така величина є задовільною

й не призводить до спрацьовування захисту щодо порушення розрідження (150 Па) за різкої зміни навантаження на 10% від номінального значення. Максимальне динамічне відхилення положення напрямного апарата димососа за 10% збурювання становить 8.05%. Однак для його реалізації потрібен виконавчий механізм із великою швидкістю переміщення регулювального органа.

**Висновки.** За перехідним процесом видно, що регулювання розрідження у топці котла є складним та інерційним процесом. Порівняння показників якості перехідних процесів у одноконтурній та у комбінованій системах свідчить про беззаперечну перевагу комбінованої системи. Для визначення динамічних характеристик котла отримала подальший розвиток математична модель, заснована на вирішенні рівнянь збереження маси, енергії та об'єму. Було проведено лінеаризацію системи нелінійних рівнянь. Така модель дає змогу визначити кількісний склад умовної формули динаміки котла. У результаті проведеного аналізу впливу зовнішніх збурень визначено криві розгону збурюючими каналами для забезпечення якісної підтримки розрідження в топці. Розроблений математичний опис може бути використано для подальшого синтезу системи автоматичного регулювання.

#### Список літератури:

1. Профос П. Регулювання паросилових установок. Енергія, 1967.
2. Александров В.Г. Парові котли середньої й малої потужності. Енергія, 1972.
3. Рівкін С.Л., Александров А.А. Термодинамічні властивості води й водяної пари. М., «Енергія», 1975.
4. Методичні вказівки й таблиці для вибору настроювань ПІ й ПІ регуляторів в одноконтурних системах регулювання теплових об'єктів із запізнюванням / Укл.: Л. Кін. Одеса: ОПІ, 1972.

## РАСЧЕТ ОПТИМАЛЬНЫХ НАСТРОЕК РЕГУЛЯТОРА РАЗРЯЖЕНИЯ В ТОПОЧНОЙ КАМЕРЕ

*В статье рассматривается процесс регулирования разряжения в топке котла. Составлена структурная схема регулирования разряжения в верхней части топочной камеры с устройством ввода возмущения. Определены параметры настройки системы управления. Построен график переходной функции объекта управления. Проведен анализ переходных процессов.*

**Ключевые слова:** регулятор, разряжение, передаточная функция, переходные процессы, возмущение, динамическое отклонение.

## CALCULATION OF OPTIMUM SETTINGS OF THE REGULATOR OF THE VACUUM IN A CHAMBER

*The article discusses the process of regulating the pressure in the boiler furnace. The structural scheme of the regulation of the rarefaction in the upper part of the combustion chamber with the device of input of perturbation is made up. The tuning parameters of the control system are determined. A graph of the transitive function of the object of management is constructed. The analysis of transient processes is carried out.*

**Key words:** regulator, pressure, transfer function, transients, perturbation, dynamic deviation.