

УДК 681.513.5:664.12

Н.А. Заєць, канд. техн. наук,
Н.М. Луцька, канд. техн. наук
Національний університет
харчових технологій

РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ ІДЕНТИФІКАЦІЇ АДАПТИВНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ НЕСТАЦІОНАРНИМИ ОБ'ЄКТАМИ

Досліджується неперервно діюча дифузійна станція цукрового заводу, що оснащена колонним дифузійним апаратом. Для управління температурним режимом роботи виділеного нестационарного об'єкту пропонується використати адаптивну систему автоматизованого управління що функціонує на основі алгоритмів ідентифікації. В результаті отримано структуру автоматизованої системи управління з ідентифікатором з використанням алгоритмів адаптації.

Ключові слова: дифузійна станція, нестационарність, адаптивна система, математична модель, ідентифікація.

Study the diffusion of continuously operating sugar mill plant, equipped with columned diffusers. To control the temperatures of selected non-stationary object is proposed to use adaptive automatic control system that operates on the basis of identification algorithms. As a result, the structure returned automated control system with identifier using approximation algorithms.

Key words: diffusion station, transient, adaptive system, mathematical model, identification.

Більшість технологічних процесів хімічної і харчової промисловості є багатовимірними об'єктами управління зі складними зв'язками між змінними, що характеризуються нестационарністю динамічних характеристик. Це призводить до погіршення якості управління, оскільки в типових системах вона залежить від зміни динаміки об'єкта з часом. Виникає необхідність побудови регуляторів, настройки яких змінюються (адаптуються) так, щоб при змінюваних параметрах об'єкта точність та якість системи залишались незмінними.

Неперервність оптимального управління може досягатися шляхом синтезу адаптивної системи з еталонною моделлю [1], вихід якої описує бажану ціль управління системою при заданій вхідній дії. Але недоліком такої системи є складність виведення еталонної математичної моделі, що повністю точно і адекватно відповідає об'єкту. Тому, у випадку коли невідома математична модель, застосовують адаптивну систему з ідентифікатором в якій синтез контуру адаптації здійснюється за допомогою спеціального пристрою — ідентифікатора. В процесі функціонування об'єкта можуть уточнюватись як структура математичної моделі, так і її параметри, тобто сама модель є адаптивною, а процес ідентифікації включається в контур зворотного зв'язку.

Як об'єкт дослідження розглянемо дифузійну станцію цукрового заводу оснащену колонним дифузійним апаратом, що характеризується нестационарними, несприятливими властивостями як об'єкт керування і є визначальним технологічним апаратом, від роботи якого залежить ефективність функціонування комплексу в цілому.

Неперервно діюча дифузійна станція складається з:

- колонного дифузійного апарату;
- опшарювача бурякової стружки;
- підігрівників для дифузійного соку та живильної води.

Підтримання необхідного температурного режиму в дифузійному апараті є визначальним показником якості процесу екстракції. З точки зору автоматизації основними регульованими змінними є температура верху колони та температура в опшарювачі, підтримання яких на заданому рівні відбувається за допомогою регулювання витрат пари на підігрівники дифузійного соку та живильної води [2].

Розробка адаптивної системи автоматизованого управління з ідентифікатором включає такі етапи:

1. Визначення структури математичної моделі об'єкта.
2. Розрахунок параметрів математичної моделі об'єкта.
3. Підбір алгоритму регулювання, що забезпечить необхідну якість роботи системи.
4. Вибір алгоритму розрахунку оптимальних настройок регулятора з урахуванням математичної моделі об'єкта.
5. Розробка структури адаптивної системи автоматизованого управління станцією дифузії та її реалізація.

Для визначення структури математичної моделі об'єкта було побудовано та проаналізовано параметричну схему основних теплових процесів в дифузійній станції (рис.1). В об'єкті виділено три ємності: ємність опшарювача, ємність низу колони, ємність верху колони.



Рис. 1. Параметрична схема основних теплових процесів в дифузійній станції

$G_{шцс}$ — витрата пари на підігрівник циркуляційного соку; $T_{сс}$ — температура соко-стружкової суміші; $G_{см}$ — витрата соку в мішалку опшарювача; $G_{сп}$ — витрата соку в шахту опшарювача; $G_{ст}$ — витрата стружки; $T_{ош}$ — температура соко-стружкової суміші в опшарювачі; $G_{сс}$ — витрата соко-стружкової суміші в колону; $T_{н}$ — температура соко-стружкової суміші низу колони; $T_{жв}$ — температура живильної води; $G_{пжв}$ — витрата пари на підігрівник живильної води; $G_{жв}$ — витрата живильної води; $T_{в}$ — температура соко-стружкової суміші верху колони

Вектор координат стану

$$x(t) = \begin{bmatrix} T_{ош} \\ T_{н} \\ T_{в} \end{bmatrix}, \quad (1)$$

причому перша і третя координати є керованими змінними.

Вектор управління

$$u(t) = \begin{bmatrix} G_{шцс} \\ G_{пжв} \end{bmatrix}. \quad (2)$$

Вектор збурень

$$z(t) = \begin{bmatrix} T_{cc} \\ G_{cm} \\ G_{sp} \\ G_{st} \\ G_{sc} \\ T_{жв} \\ G_{жв} \end{bmatrix}, \quad (3)$$

Математична модель об'єкта будується за допомогою статистичних рівнянь:

$$\begin{aligned} x_1 &= f_1(u_1, z_1, z_2, z_3, z_4), \\ x_2 &= f_2(x_1, z_5), \\ x_3 &= f_3(x_2, u_2, z_6, z_7). \end{aligned} \quad (4)$$

Де f_1, f_2, f_3 обираються з ряду елементарних функцій відповідно заданому критерію ідентифікації

$$I_{id} = \sum_{i=0}^{t_{id}} (x_p(t_i) - x_m(t_i))^T (x_p(t_i) - x_m(t_i)) \rightarrow \min, \quad (5)$$

де t_{id} — період ідентифікації, за який перераховуються структура та параметри математичної моделі; $x_p(t_i)$, $x_m(t_i)$ — вектори координати стану об'єкта реальні та розраховані за моделлю в дискретні моменти часу t_i . Мінімізація даного критерію відбувається як шляхом зміни структури математичної моделі та її параметрів.

Оскільки параметри та структура математичної моделі суттєво залежать від коефіцієнтів теплопередачі, об'єму робочого середовища, теплоємностей, режиму роботи об'єкта, що змінюються в досить широкому діапазоні, то виникає задача визначення такого періоду ідентифікації, за який визначена математична модель адекватно описує об'єкт. За експериментальними даними визначено, що період перерахунку математичної моделі становить 25 хвилин.

Оцінювання параметрів моделі та об'єкта виконується на основі алгоритму ідентифікації, що визначає правила пошуку оцінок. Для того, щоб перевірити, наскільки точно побудована модель імітує чи передбачає дані спостережень, необхідно порівняти їх при однакових діях. На основі реальних даних були розраховані параметри математичної моделі для лінійної та квадратичної структур. На рисунку 2 показано відповідність виходів реального об'єкта $x_p(t)$ та лінійної $x_{мл}(t)$ і квадратичної $x_{мкл}(t)$ моделі при однакових входніх діях для температури в опшарювача Топш. Також було розраховано критерій ідентифікації для обраних моделей:

$$I_{id_мл} = 13,38 \text{ } ^\circ\text{C}^2, I_{id_мкл} = 36,11 \text{ } ^\circ\text{C}^2$$

За результатами досліджень, можна зробити висновок, що на даному проміжку ідентифікації для роботи адаптивної системи обирається лінійна математична модель. Причому при наступному періоді ідентифікації оптимальна структура математичної моделі може змінюватися.

Для підтримання заданого температурного режиму роботи об'єкту доцільним є застосування типових лінійних законів регулювання [3], зокрема пропорційно-інтегрального алгоритму. Причому в адаптивній системі автоматизованого управління блок ідентифікації розраховує оптимальні значення коефіцієнтів передачі настройок регуляторів, залишаючи постійним час інтегрування.

Алгоритм розрахунку оптимальних настройок регуляторів може обиратися з ряду пошукових методів, зокрема градієнтних, без градієнтних, методів випадково-

го пошуку. При цьому як критерій пошуку використовується інтегральний квадратичний критерій суми відхилень заданих та дійсних значень регульованих змінних на всьому проміжку регулювання. Оскільки параметри об'єкта змінюються, то ці задачі повинні вирішуватись під час роботи КДУ автоматично, в темпі проходження процесу дифузії. Тобто, коефіцієнти передачі настройок регуляторів повинні змінюватись в процесі роботи системи пристосовуючись за час T до змінюваних параметрів роботи об'єкта так, щоб якість роботи системи залишалась незмінною.

На основі проведених досліджень було розроблено адаптивну систему управління з ідентифікатором, структура якої зображена на рис.3. Пристрій адаптації складається з двох блоків : блоку ідентифікації математичної моделі об'єкта та блоку перерахунку оптимальних настройок регулятора K_{p1} та K_{p2} .

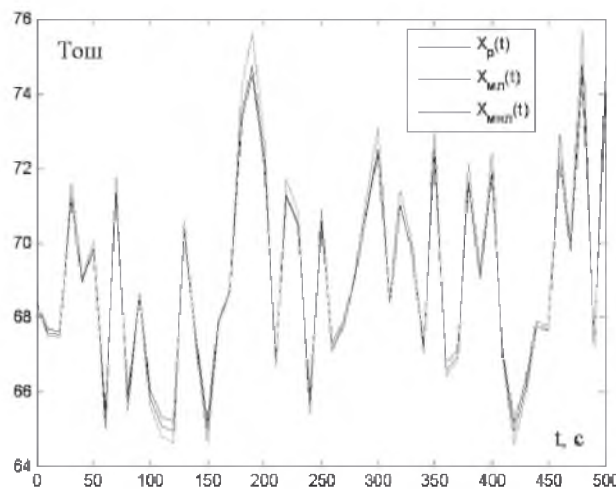


Рис.2. Температура сокопостружки в опшарювача на об'єкті та моделях

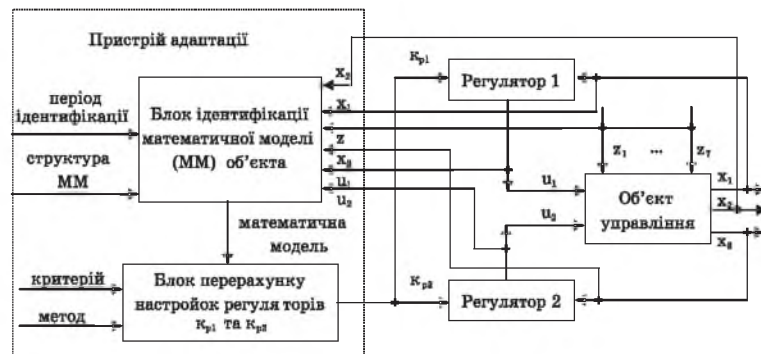


Рис. 3. Структура адаптивної системи автоматизованого управління

Вхідними даними для пристрою адаптації є значення векторів координат стану, управлінь, збурень, а також даних про структуру математичної моделі та період ідентифікації, критерій та метод оптимізації настройок регулятора, що обираються оператором з набору існуючих.

Висновки. Розроблено адаптивну систему автоматизованого управління з ідентифікатором для температурного режиму неперервно діючої дифузійної стан-

Розділ 2. Процеси та апарати ... виробничих процесів

ції цукрового заводу. Проведено дослідження виділених етапів синтезу адаптивної системи, кінцевим результатом яких є розробка структури автоматизованої системи управління з використанням алгоритмів адаптації. Розроблена система може бути реалізована на базі типової існуючої мікропроцесорної системи шляхом введення пристрою адаптації.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Ладанюк А.П., Заєць Н.А., Луцька Н.М.* Застосування адаптивних систем керування для нестационарних об'єктів технологічних комплексів неперервного типу // Автоматика. Автоматизация. Электротехнические комплексы и системы. — 2005. — № 1 (15). — С. 158-162.
2. *Волошин З.С., Макаренко Л.П., Яцковский П.В.* Автоматизация сахарного производства. — М.: Агропромиздат, 1990. — 271 с.
3. *Ладанюк А.П., Трезуб В.Г., Ельперін І.В., Цюцюра В.Д.* Автоматизація технологічних процесів і виробництв харчової промисловості. — К.: Аграрна освіта, 2001. — 224 с.

Надійшла до редколегії 14.09.2010