

Література

1. Куцин А. Н., Созонов Ю. И. Оценка качества технических систем // Сборка в машиностроении, приборостроении, М.: – 2004. - №7.- С.23-27;
2. Резниченко Н. К. Безразмерный комплексный параметр качества технологической системы // Високі технології в машинобудуванні: Збірник наукових праць, - Харків: «ХПІ». -2006. – Вип.1 (12) – С. 417 – 423;
3. Дэйвид Г. Порядковые статистики. – М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1979. – 336 с.

Розглянуті апарати періодичної дії, в яких відбуваються процеси з міжфазними переходами, що ускладнюють процес оптимального керування. Наведена постановка задачі оптимального керування такими процесами в залежності від варіантів виробничої ситуації

Ключові слова: апарати періодичної дії, міжфазні переходи, кінетична модель, форм-фактор

Рассмотрены аппараты периодического действия, в которых происходят процессы из между фазными переходами, усложняющими процесс оптимального управления. Приведена постановка задачи оптимального управления такими процессами в зависимости от вариантов производственной ситуации

Ключевые слова: аппараты периодического действия, межфазные переходы, кинетическая модель, форм-фактор

The considered vehicles of batch-type, in which processes are from between phase transitions which complicate process of optimum management. The resulted raising of task of optimum management such processes is in dependence on the variants of production situation

Keywords: vehicles of batch-type, between phase transitions, kinetic model, forms is a factor

УДК 517.977.5:664

ОПТИМАЛЬНОЕ КЕРУВАННЯ ПЕРІОДИЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ З МІЖФАЗНИМИ ПЕРЕХОДАМИ

В. Г. Трегуб

Доктор технічних наук, професор*
Контактний тел.: (044) 550-84-31

Ю. О. Чорна*

Контактний тел.: 096-532-34-04
E-mail: october86@i.ua

*Кафедра автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій

Національний університет харчових технологій
вул. Володимирська, 68, м. Київ, Україна, 01033

1. Вступ

Апарати періодичної дії (АПД), в яких відбуваються процеси з міжфазними переходами (ПМФ) мають певні особливості, які роблять задачу їх оптимального керування доволі складною та актуальною. При цьому перехід до більш ефективних неперервних процесів часто неможливий із-за швидкого накопиченням побічних продуктів або отримання кінцевого продукту за складною програмою, яку важко реалізувати за про-

сторовою координатою. До таких особливостей цих періодичних процесів відносяться [1,2]:

отриманий у результаті таких процесів продукт після додаткової обробки стає кінцевим, визначаючи таким чином продуктивність виробництва і якість його кінцевого продукту;

необхідність узгодження продуктивності АПД з неперервно функціонуючим виробництвом та подолання ситуацій, коли продуктивність АПД стає «вузьким» місцем виробництва;

наявність технологічних обмежень, які накладаються на рушійну силу процесу і не дають можливості за її максимальних значень мінімізувати час перебігу процесу;

зміна структури об'єкта керування при переході від стадії до стадії, викликана зміною цільового призначення процесу і закономірностей, яким він підпорядкований;

несталій та термодинамічно нерівноважний режим переходу від початкового до кінцевого стану АПД під час його робочої стадії, для динамічної оптимізації якої через «часовий дефіцит» неможливо використувати пошукові алгоритми.

2. Результати дослідження

В залежності від співвідношення поточної продуктивності АПД і продуктивності попередньої за технологічним потоком установки (ПУ) можливі дві ситуації:

перша – коли АПД є «вузьким місцем» виробництва і продуктивність ПУ довгостроково перевищує продуктивність АПД. Для подолання такої ситуації необхідно максимізувати продуктивність апаратів періодичної дії;

друга – коли продуктивність АПД не обмежує продуктивність виробництва, тоді треба обрати режим ефективного використання корисних компонентів вхідного напівпродукту, максимізуючи вихід готового продукту і таким чином технологічну складову собівартості виробництва.

Постановка задачі оптимального керування (ЗОК) такими процесами у залежності від наведених варіантів виробничої ситуації подана у табл. 1.

Таблиця 1

1-ий варіант	2-ий варіант
$\tau_{ц} \rightarrow \min$ (1)	$\beta_{ц} \rightarrow \max$ (2)
$b_{ц} \rightarrow b_{ц}^*$ (3)	$\tau_{ц}^* \geq \tau_{ц}$ (4)
$\beta_{ц} \geq \beta_{ц, доп}$ (5)	$b_{ц} / \tau_{ц} \geq \left(\frac{b_{ц}}{\tau_{ц}} \right)_{ доп}$ (6)

По першому варіанту, враховуючи постійний робочий об'єм апарата і задану кількість готового продукту $b_{ц}^*$, отриманого за цикл, для максимізації продуктивності апарата достатньо мінімізувати тривалість циклу $\tau_{ц}$ апарата при питомому виході готового продукту $\beta_{ц} = b_{ц} / g_{ц}$ ($g_{ц}$ – кількість початкового напівпродукту) не нижче допустимого $\beta_{ц, доп}$.

Другий варіант реалізується з допомогою максимізації $\beta_{ц}$ при обмеженнях, які накладаються на тривалість циклу та продуктивність апарату $b_{ц} / \tau_{ц}$. Критерієм переходу з одного варіанту на інший є оцінка запасів початкового напівпродукту.

Реалізація ЗОК обох варіантів можлива з допомогою кінетичної моделі між фазних переходів, яка в

цьому випадку стає одночасно і динамічною моделлю апаратів, причому зміною технологічних режимів досягаються такі значення кінетичних параметрів, які доставляють оптимум критерію керування.

Ці кінетичні моделі на відміну від кінетичних моделей, що використовуються у математичному описі апаратів неперервної діє, повинні описувати між фазні переходи, як з латентним періодом, так і без нього (рис. 1). таким рівнянням є рівняння з нелінійною часовою складовою:

$$X = X_M - (X_M - X_H) \exp\left[-(\tau/\theta)^n\right], \quad (7)$$

де X, X_M, X_K, X_H – величини, які характеризують відповідно кількість нової фази, її максимальне, кінцеве і початкове значення; θ і n – кінетичні параметри.

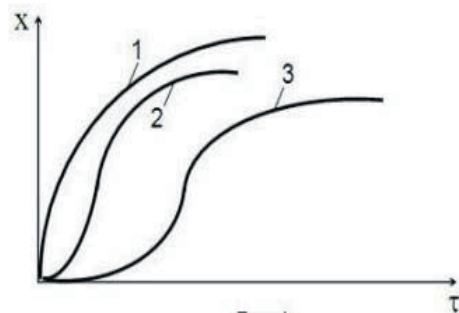


Рис. 1. Кінетичні криві

Рівняння (7) описує всі наведені на рис.1 кінетичні криві: без латентного періоду (крива 1), з прихованим (крива 2) та явним (крива 3) латентними періодами.

Розв'язання ЗОК для обох варіантів табл. 1, наведено у табл. 2 в такій послідовності: постановка ЗОК при використанні рівняння (7), запис рівняння (7) у зручній формі, оптимальні значення кінетичних параметрів.

У табл. 2 $A = 1 - 0,368[1 - (X_H/X_M)]$, $\tau_{к, об}$ – обмеження на час закінчення процесу утворення і росту нової фази.

Таблиця 2

1-ий варіант	2-ий варіант
$\tau(n, \theta) \rightarrow \min$ (8)	$X / X_M(n, \theta) \rightarrow \max$ (9)
$\tau = \theta \left\{ \ln[(X_M - X_H) / (X_M - X_K)]^{1/n} \right\}$ (10)	$X / X_M = 1 - [1 - (X_H / X_M)] \exp[-(\tau/\theta)^n]$ (11)
$\tau(\theta) \rightarrow \inf \Rightarrow \theta^* = \inf \theta$ (12)	$X / X_M(q) \boxtimes \sup \boxtimes q^* = \sup q$ (13)
$\tau(n) \rightarrow \inf \Rightarrow n^* = \begin{cases} \sup n, & \text{коли } X_K / X_M > A \\ \inf n, & \text{коли } X_K / X_M < A \end{cases}$ (14)	$X / X_M(n) \rightarrow \sup \Rightarrow n^* = \begin{cases} \sup n, & \text{коли } \tau_{к, об} > \theta \\ \sup n, & \text{коли } \tau_{к, об} < \theta \end{cases}$ (15)

Таким чином, для розв'язання ЗОК (1) і (2) необхідно знайти зв'язок кінетичних констант рівняння (7) зі змінними стану АПД і далі змінною технологічного режиму надати змінним стану такі значення, які забезпечать граничні значення кінетичних констант, які

доставляють оптимум одному з двох критеріїв керування: тривалості періодичного процесу або питомому виходу готового продукту. Зазначимо, що константа або форм - фактор n , який визначає форму кінетичної кривої та наявність або відсутність латентного періоду, залежить, насамперед, від змінних стану, що характеризують початкові умови процесу між фазного переходу. Константа або стала часу θ визначається інтенсивністю паралельних процесів теплообміну та гідродинаміки.

Керування за першим варіантом можна зробити ще більш ефективним, якщо за рахунок зміни умов перебігу періодичного процесу досягнути не стаціонарності параметра n . З допомогою принципу максимуму доведено, що у разі обмеження $n \in [n_1, n_2]$ при $n_1 < n_2$ для досягнення оптимальної швидкодії необхідно під час перебігу процесу один раз змінити n_1 на n_2 при досягненні певного значення відносного вмісту нової фази $\alpha_{\text{пер}} = X_{\text{пер}} / X_M$. Тобто алгоритм керування для обмеження $n \in [n_{\text{min}}, n_{\text{max}}]$ має такий вигляд:

$$\min \tau(n) \Rightarrow n^* = \begin{cases} n_{\text{min}}, & \text{коли } \alpha < \alpha_{\text{пер}}^* \\ n_{\text{max}}, & \text{коли } \alpha \geq \alpha_{\text{пер}}^* \end{cases} \quad (16)$$

При цьому значення $\alpha_{\text{пер}}^*$ визначається за формулою

$$\alpha_{\text{пер}}^* = 1 - \exp[-(n_1/n_2)^N], \quad (17)$$

де $N = n_1 n_2 / (n_1 - n_2)$. Наприклад, при проведенні процесу у найбільш поширеній зоні значень

$n \in [0,5; 3,0]$ мінімум τ на першому напівзамкненому проміжку за $\alpha(0; 0,289)$ досягається у разі, коли $n_1 = 0,5$.

Для досягнення мінімуму τ на другому напівзамкненому проміжку за $\alpha(0,289; 0,95)$ необхідно при $\alpha_{\text{пер}}^* = 0,289$ змінити n_1 на $n_2 = 3,0$. Розрахунки показують, що проведення процесу у разі не стаціонарності форм-фактора n скорочує його тривалість на 25 – 40%.

Проведення процесу при оптимальних нестационарних значеннях форм-фактора можна реалізувати за таким алгоритмом. Процес починають в одному апараті при початкових значеннях змінних стану, що відповідають n_{min} . При досягненні $\alpha_{\text{пер}}^*$ половину продукту переводять в інший апарат і продовжують періодичний процес в обох апаратах, змінивши початкові умови другої стадії так, щоб форм - фактор досяг значення n_{max} .

3. Висновки

При оптимальному керуванні АПД у разі, коли його продуктивність обмежує продуктивність всього виробництва необхідно мінімізувати тривалість циклу АПД, а коли такого обмеження немає достатньо максимізувати питомий вихід готового продукту. Для розв'язання цих задач в умовах міжфазних переходів необхідно змінювати константи кінетичного рівняння, яке в цих умовах є також динамічною моделлю АПД.

Література

1. Трегуб В.Г. Автоматизоване керування апаратами періодичної дії на харчових підприємствах // Наукові праці НУХТ – 2005 – № 16 – С.143-145.
2. Трегуб В.Г., Глушенко М.С. Оптиміальне керування технологічним комплексом апаратів періодичної дії // Наукові праці НУХТ – 2006 – №18 – С. 74 – 76.