

АВТОМАТИКА ТА ІНФОРМАЦІЙНО- ВИМІРЮВАЛЬНА ТЕХНІКА

УДК 666.1.031.001

В. С. Цапар;
О. А. Жученко

СИНТЕЗ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ РОБАСТНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ З H_∞ -РЕГУЛЯТОРОМ ДЛЯ ПІДТРИМКИ ЗАДАНОГО ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМУ СКЛОВАРНОЇ ПЕЧІ

Проведено дослідження робастної системи керування температурним режимом скловарної печі. Синтезовано H_∞ -регулятор для підтримки заданого температурного режиму скловарної печі.

Скловарна піч є основним агрегатом скловарного заводу виробництва скломаси із суміші сировинних матеріалів і бою [1]. Будова скловарних печей залежить від складу і властивостей скломаси, способу обігріву печі, способу вироблення продукції. Для виготовлення скломаси, яка використовується у виробництві промислового скла, використовуються регенеративні ванні печі [2].

Фізико-хімічними та технічними основами скловаріння є процеси, пов'язані з технологією виробництва скла, а також з теплопередачею і горінням. У ванних регенеративних печах безперервної дії в окремих частинах (зонах) установки в один момент часу відбуваються різні процеси. У печах безперервної дії розрізняють зони: варіння (силікато- та склоутворення, часткова дегазація), освітлення (дегазація і гомогенізація) й остидження [3]. Основою отримання якісної скломаси є дотримання під час всіх цих процесів необхідного розподілу температур [2]. З іншого боку, практично не можливо отримати вичерпну інформація щодо процесів, які відбуваються під час скловаріння, та отримати їх повну математичну модель.

Випадки, коли відсутній точний математичний опис об'єкта, або відбувається зміна його параметрів невідомим чином у широких межах в процесі експлуатації [4], стають типовими і мають бути враховані під час проектування сучасних систем керування скловарними печами. В подібних умовах доцільно використовувати в побудові систем керування робастні підходи, які дозволяють підвищити надійність системи і знизити технологічні вимоги до виготовлення окремих її вузлів.

Основною **проблемою** оптимізації роботи печі та отримання якісної скломаси є проектування системи, яка має здатність протидіяти впливу збурень, шумам датчиків та невідображених в моделі параметрів, які впливають на її динаміку, під час виконання задач, заради яких вона проектувалась. Найкраще задовольняє ці вимоги робастна система керування, адже робастність, по суті, характеризується чутливістю системи до факторів, які не враховувались на етапах аналізу та синтезу.

Метою роботи є синтез та дослідження робастної системи керування з H_∞ -регулятором для підтримки заданого температурного режиму скловарної печі.

Синтез робастної системи з H_∞ -регулятором.

Із [5] відома система диференціальних рівнянь (1), яка описує температурний режим скломаси, що рухається в скловарній печі регенеративного типу:

$$\begin{cases} \frac{1}{\upsilon_{\Gamma}} \frac{\partial t_{\Gamma}(x, \tau)}{\partial \tau} + \frac{\partial t_{\Gamma}(x, \tau)}{\partial x} + \frac{a_{FP}}{\upsilon_{\Gamma} \omega_{\Gamma} C_{\Gamma} \rho_{\Gamma}} [t_{\Gamma}(x, \tau) - t_M(x, \tau)] = 0; \\ \frac{1}{\upsilon_M} \frac{\partial t_M(x, \tau)}{\partial \tau} \pm \frac{\partial t_M(x, \tau)}{\partial x} + \frac{a_{FP}}{\upsilon_M \omega_M C_M \rho_M} [t_M(x, \tau) - t_{\Gamma}(x, \tau)] = 0. \end{cases} \quad (1)$$

Для зручності введемо позначення:

$$T_{\Gamma(M)} = \frac{W_{\Gamma(M)}}{a_{FP} \upsilon_{\Gamma(M)}}, \text{ с — стала часу; } C_{\Gamma(M)} = \frac{W_{\Gamma(M)}}{a_{FP}}, \text{ м — коефіцієнт ємності; } W = \upsilon \omega c \rho \text{ —}$$

водяний еквівалент відповідного потоку.

Перетворимо рівняння (1) за Лапласом за нульових початкових умов:

$$\begin{cases} T_{\Gamma} p t_{\Gamma}(x, p) + C_{\Gamma} \frac{\partial t_{\Gamma}(x, p)}{\partial x} + t_{\Gamma}(x, p) - t_M(x, p) = 0; \\ T_M p t_M(x, p) + C_M \frac{\partial t_M(x, p)}{\partial x} + t_M(x, p) - t_{\Gamma}(x, p) = 0. \end{cases} \quad (2)$$

Зважаючи на те, що стала часу газового потоку значно менша інших коефіцієнтів системи, нею можемо знехтувати. Розв'язавши систему (2) за допомогою програмного засобу Matlab [6], отримаємо такий вид передатної функції об'єкта управління каналу «витрата палива—температура скломаси»:

$$W_{t_M(x,p) \rightarrow t_{\Gamma}(0,p)}(x, p) = \frac{t_M(x, p)}{t_{\Gamma}(0, p)} = \frac{T_M p + C_M r_1}{2T_M p + C_M (r_1 + r_2) + 2} (e^{r_2 x} - e^{r_1 x});$$

$$\text{де } r_{1,2} = \frac{-[C_{\Gamma} (T_M p + C_M)] \pm \sqrt{[C_{\Gamma} (T_M p + 1) + C_M]^2 - 4T_M C_{\Gamma} C_M p}}{2C_{\Gamma} C_M}.$$

Після апроксимації та проведення моделювання в середовищі Matlab отримуємо у числовому вигляді передатну функцію скловарної печі каналу «витрата палива—температура скломаси»:

$$W(s) = \frac{1350}{8,743 \cdot 10^6 s^3 + 1,28 \cdot 10^5 s^2 + 621,1s + 1}.$$

На рис. 1 зображений перехідний процес замкненої системи із H_{∞} -регулятором каналу «завдання—вихід», який був розрахований, використовуючи програмні можливості Matlab.

На рис. 2 зображений перехідний процес замкненої системи із H_{∞} -регулятором каналу «збурення—вихід»:

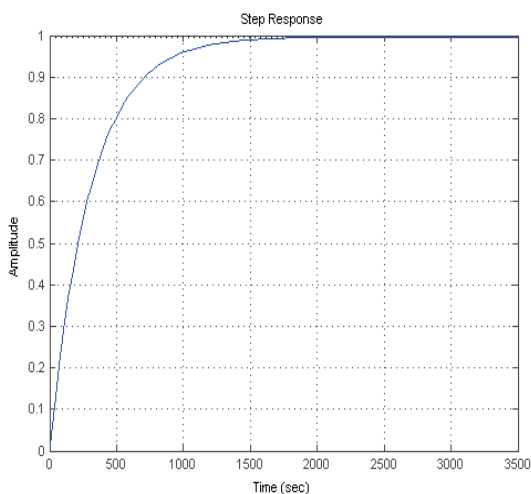


Рис. 1. Перехідний процес у замкненій системі керування із H_{∞} -регулятором каналу «завдання—вихід»

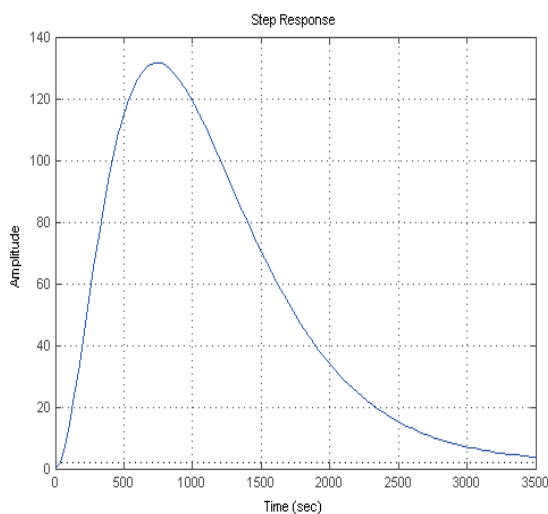


Рис. 2. Перехідний процес замкненої системи із H_{∞} -регулятором каналу «збурення—вихід»

Порівняльний аналіз

На рис. 3 зображені для порівняння всі отримані перехідні процеси у замкненій системі за каналом «завдання—вихід».

Висновки

Синтезовано та досліджено роботу систему керування з регуляторами різних типів для підтримки заданого температурного режиму скловарної печі. Результати дослідження показали, що під час роботи системи керування з H_∞ -регулятором відсутня коливальність перехідних процесів на відміну від систем з П-, ІІ- та ІІІД-регуляторами, що сприяє покращенню показників енергозбереження технологічного процесу, покращує якість скломаси та зменшує брак.

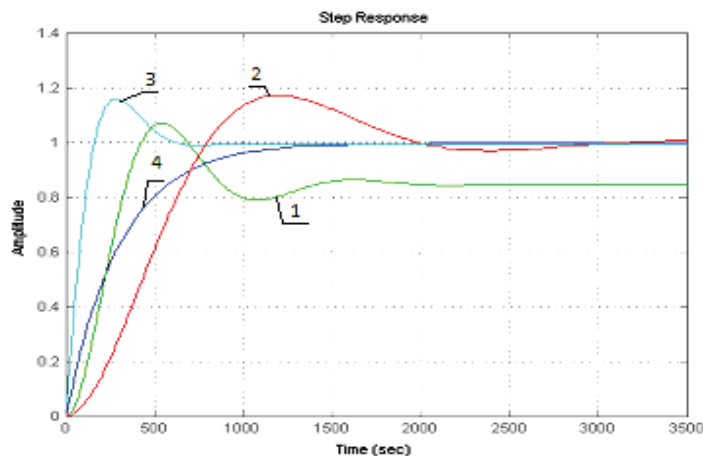


Рис. 3. Перехідні процеси у замкненій системі керування каналу «завдання—вихід»: 1 — з П-регулятором; 2 — з ІІ-регулятором; 3 — з ІІІД-регулятором; 4 — з H_∞ -регулятором

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Гулоян Ю. А. Технология стеклотары и сортовой посуды / Ю. А. Гулоян. — М. : Легпромбытиздат, 1986. — 264 с.
2. Казеннова Е. П. Общая технология стекла и стеклянных изделий / Е. П. Казеннова. — М. : Стройиздат, 1989. — 144 с.
3. Гинзбург Д. Б. Стекловаренные печи / Д. Б. Гинзбург. — М. : Издательство литературы по строительству, 1967.
4. Паршева Е. А. Адаптивное и робастное децентрализованное управление многосвязными объектами с односвязными подсистемами / Е. А. Паршева — 2007.
5. Маковский В. А. Динамика металлургических объектов с распределенными параметрами / В. А. Маковский. — М. : Металлургия, 1971. — 384 с.
6. Matlab 6.5 documentation. 1984—2002. The MathWorks Inc.

Рекомендована кафедрою метрології та промислової автоматики

Стаття надійшла до редакції 23.02.11
Рекомендована до друку 21.03.11

Цапар Віталій Степанович — асистент, **Жученко Олексій Анатолійович** — асистент.

Кафедра автоматизації хімічних виробництв, Національний технічний університет України «КПІ», Київ