

дефектів, а визначення моменту припинення кампанії графітації здійснюється опосередковано, за питомими витратами електроенергії, що встановлені для кожного типу виробів на основі тривалої практики. Зазначені обставини часто призводять до значних перевитрат електроенергії.

Оптимізація енерговитрат на кампанію графітації потребує створення алгоритму керування розігрівом виробів. При реалізації алгоритму за критерій керування обрано границю міцності матеріалу виробів на розтягнення, яку легко визначити в лабораторних умовах для кожної партії заготовок:

$$\left\{ s_r(t) = \sigma_r^{tens} - \xi \right\} \text{ or } \left\{ s_z(t) = \sigma_z^{tens} - \xi \right\},$$

де σ_z^{tens} , σ_r^{tens} - границі міцності на розтягнення матеріалу виробів в осьовому та радіальному напрямках; s_r , s_z - відповідно максимальні абсолютні радіальні та осьові напруження у виробках на кожному кроці навантаження; ξ - задана точність визначення напружень у виробках.

Для оцінки термпружного стану виробів розроблена модель температурного поля печі графітації, що має адаптивну процедуру визначення теплофізичних параметрів матеріалів печі для забезпечення необхідної точності результату в умовах неповної інформації про об'єкт керування. На основі розрахункового температурного поля визначається поле механічних напружень виробів та у відповідності з алгоритмом керування формується оптимальний керуючий вплив на кожному кроці навантаження печі.

Для визначення моменту припинення кампанії графітації в алгоритмі керування застосовано розрахунковий метод [2] оцінювання ступеня графітації готової продукції, що використовує інформацію про температурне поле печі.

Впровадження системи керування процесом графітації в печах постійного струму на основі вказаного алгоритму дозволить мінімізувати витрати електроенергії при забезпеченні високої якості кінцевої продукції та істотно скоротити тривалість кожної кампанії, що забезпечить підвищення продуктивності технологічного обладнання переділу графітації.

- 1) *Соседов В.П., Чалых Е.Ф.* Графитация углеродистых материалов. – М.: Металлургия, 1987. – 176 с.
- 2) *Спосіб графітації* / М.В.Коржик, І.Л.Шилович, А.І.Жученко та ін. – Патент України на винахід 66270А, кл. МПК⁷ C01B 31/04, H05B 3/60. – Опубл. 15.04.2004. – Бюл. № 4.

КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМ ЦИФРОВОГО КЕРУВАННЯ АНАЛОГОВИМИ ОБ'ЄКТАМИ

Кубрак А.І., Аверіна Т.В., Ханіцький М.А.

Національний технічний університет України «КПІ», la_21@ukr.net

Алгоритми розрахунку неперервних (аналогових) систем автоматичного керування зараз добре відпрацьовані. Вони достатньо наочні і при використанні комп'ютерів дозволяють досліджувати системи будь-якого порядку, у тому числі і такі, які мають елементи з розподіленими параметрами. При комп'ютерному моделюванні систем безпосереднього цифрового регулювання з аналоговими об'єктами (що, зокрема, характерно для систем автоматизації у хімічній та харчовій промисловості, в енергетиці) математичну модель аналогових елементів приводять до дискретної форми. Цей процес є досить трудомістким, що змушує дослідника загрубляти модель. Подальші розрахунки цифрової системи є настільки формалізованими, що дослідник-початківець виявляється нездатним критично оцінювати отримувані результати. Його досвід, набутий при дослідженні аналогових систем, не спрацьовує. У той же час можливості сучасних комп'ютерів дозволяють без проблем моделювати як частотні, так і перехідні характеристики гібридної

(аналоговий об'єкт – цифровий регулятор) системи з використанням аналогових моделей (у тому числі і для цифрового регулятора).

Виводяться формули для звичайних (аналогових) передатних функцій модулятора, цифрового регулятора, демодулятора (фіксатора нульового порядку), а також формули для розрахунку відповідних частотних характеристик. Разом з відповідними передатними функціями об'єкта (для конкретності розглядається об'єкт з дробово-раціональною передатною функцією з запізнюванням) отримуємо аналогову модель системи, яку досліджуємо класичними методами.

Розроблено програму на Турбо Паскалі, що дозволяє оцінювати стійкість системи за критерієм Найквіста, виконувати розрахунок настройки на заданий показник коливності. Усе це - в графічному режимі з демонстрацією годографів, амплітудно-фазових характеристик розімкненої системи при будь-яких періодах квантування, з вибором будь-якого з п'яти типових законів регулювання (П, І, ПД, ПІ, ПІД) при довільних настройках регулятора.

При формуванні графіків реакції системи на будь-який наперед заданий вхідний сигнал передбачено можливість вибирати завідомо малий крок числового інтегрування, що дає можливість досліднику контролювати не лише значення вихідної величини у момент квантування, а і в проміжках між ними. Можна формувати серії графіків для співставлення, оцінювання впливу періоду квантування, порівняння з аналоговою системою, оцінювання чутливості системи до варіювання настроєчних параметрів.

Формування окремого графіка, годографа займає на комп'ютері частки секунди. Програма має зручний інтерфейс, що дозволяє за лічені секунди ввести усі необхідні дані та виконати необхідні розрахунки.

Формули та розроблене програмне забезпечення утворюють базу для формування програмних продуктів з більш широкими можливостями, зокрема, для врахування нелінійних ефектів при дослідженні систем, що мають елементи з розподіленими параметрами тощо.

ВИМІРЮВАННЯ ГРАНУЛОМЕТРИЧНОГО СКЛАДУ ПСЕВДОЗРІДЖЕНОГО ШАРУ НЕПРЯМИМ СПОСОБОМ

Ладієва Л. Р., Снігур О. В.

Національний технічний університет України «КПІ», ladieva_lr@users.ntu-kpi.kiev.ua

В даний час проблемам підвищення ефективності технологічних процесів, устаткування і якості гранулювання і зневоднення приділяється велика увага [1]. Стосовно галузей виробництва, пов'язаних з термообробкою виробів, ці вимоги повинні знайти своє відображення в скороченні тривалості технологічних процесів, зниженні питомої витрати енергії, підвищенні якості готових виробів і продуктивності праці, поліпшенні санітарно-гігієнічних умов роботи.

Одним із способів підвищення ефективності роботи існуючого устаткування є введення систем автоматичного управління процесом гранулоутворення в апарат киплячого шару з безпосереднім контролем якості вихідного продукту.

При детальному дослідженні процесу гранулювання була виявлена залежність частоти пульсацій шару зі зростанням діаметру гранул. Розроблений новий метод вимірювання, який дозволяє визначати діаметр гранул безпосередньо в процесі роботи гранулятора псевдозрідженого шару. Основою методу являється розроблена авторами оптична система стеження. Система складається з випромінювача світлового сигналу і приймача. Випромінювачем є джерело направленої світла, з довжиною хвилі 0,75 мкм. Приймач – матриця фотодіодів. Випромінювач і приймач були обрані таким чином щоб спектральні характеристики перекривалися мінімум на 85% [2]. Дана система дозволяє працювати як з прямим так і відбитим сигналом, завдяки високій чутливості оптичних датчиків. Фотодіодна матриця має достатню довжину і висоту щоб охопити межу киплячого шару.