

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова

Кафедра комп'ютеризованих систем управління

(повна назва кафедри)

РЕФЕРАТ

на тему: «Система автоматичного управління сушильною установкою

Студента(ки) 5 курсу групи 5341м

напряму підготовки Системна інженерія

спеціальності Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

Іванченко А.О.

(прізвище та ініціали)

Керівник _____ професор, д.т.н.

Павлов Г.В.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Національна шкала

Кількість балів: Оцінка: ECTS

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Видалення вологи з твердих і пастоподібних матеріалів дозволяє здешевіти транспортування, надати їм необхідні властивості (наприклад, зменшити злежуваність добрив або поліпшити розчинність барвників), а також зменшити корозію апаратури і трубопроводів при зберіганні або подальшій обробці цих матеріалів.

У хімічних виробництвах, як правило, застосовується штучна сушка матеріалів в спеціальних сушильних установках, так як природна сушка на відкритому повітрі – процес занадто тривалий.

Основним параметром, що визначає процес сушіння, є кінцева вологість продукту. Однак в даний час промислових вологомірів, що працюють в потоці, мало, тому для правильного ведення процесу сушіння в якості регульованих використовуються непрямі параметри: температура сушильного агента, що виходить з сушарки, температура висушеного продукту; регулюючим впливом є кількість підведеного тепла.

Процес сушіння при підтримці температури з точністю близько $0,5^{\circ}\text{C}$ є досить складним через те, що може змінюватися маса об'єкта, його фізичні властивості (тобто можна сушити різні матеріали), температура навколишнього середовища, мережева напруга і т.д. Здійснювати плавне регулювання зазвичай неможливо, тому що імпульсно-фазове управління погіршує форму напруги в електромережі та призводить до несинусоїдальності споживаного струму, а способи управління з усуненням таких недоліків вимагають більш складної та дорогої схеми.

Враховуючи всі нюанси, потрібно спроектувати більш універсальну систему управління для різних типів шаф та досліджувати процес управління сушильною шафою для формування математичної моделі і алгоритму на базі релейного закону управління.

Мета дослідження. Метою дослідження є дослідження системи автоматичного управління сушильною шафою з використанням закону релейного управління, що забезпечить високу точність підтримки заданої температури та низький рівень перешкод у мережі живлення.

Задачі дослідження.

- Огляд існуючих АСУ сушильною установкою;
- Проведення дослідження існуючих підходів до математичного моделювання складних технічних систем, з можливістю їх удосконалення;
- Отримання динамічної моделі, що складається з диференціальних рівнянь в приватних похідних з розподіленими параметрами, як для вологості, так і для температури газів і твердих матеріалів;
- Побудова симуляційної моделі сушильної установки з релейним регулюванням та дослідження процесу її управління.

Методи дослідження.

- Складання рівняння матеріального і теплового балансів для отримання динамічної моделі процесу сушіння;
- Рішення диференціальних рівнянь;
- Використання перетворення Лапласа;
- Розрахунок параметрів передаточної функції;
- Рішення рівнянь Коші;
- Проведення ідентифікації коефіцієнтів математичної моделі;
- Експериментальна перевірка адекватності запропонованої моделі.

Об'єкт досліджень. Процес нагріву заготовок у сушильній шафі.

Предмет досліджень. Сушильна шафа з релейним регулюванням.

Наукова новизна отриманих результатів полягає у наступному:

- Удосконалення математичної моделі, що відрізняється, від відомих, врахуванням існуючих особливостей зловмисних зовнішніх дій і відповідних змін внутрішніх характеристик системи (планується).

Практичне значення. Планується розробка математичної моделі, яка дозволяє з достатньою для практики точністю прогнозувати температуру в

сушарках і алгоритм автоматичного управління сушильною установкою з релейним регулюванням для високої точності підтримки заданої температури та низького рівню перешкод у мережі живлення, а також розроблено оптимальний алгоритм управління процесом сушіння в сушильній установці та його програмна реалізація, алгоритм настроюється під будь-які типи сушарок і характеристики матеріалів, що піддаються сушці.

Апробація результатів дослідження: планується виступ на конференції восени 2018 року.

Особистий внесок:

- Проведення удосконалення математичної моделі (планується);
- Проведення перевірки моделі на адекватність реальним процесам сушки і зручності для управління (планується);
- Розробка алгоритму автоматичного управління сушильною установкою з релейним регулюванням для високої точності підтримки заданої температури та низького рівню перешкод у мережі живлення (планується).

Висновки.

Сушка - є дуже складним, комплексним процесом і при цьому недостатньо розуміється, незважаючи на всі дослідження, які ведуться кілька десятиліть. Складність полягає в тому, що більш ніж дві сотні типів промислових сушильних установок зорієнтовані на роботу з певними матеріалами і за певних умов сушіння. Існує велика кількість експериментальних спостережень, а також є певний досвід в управлінні сушильними установками, що дозволяє проводити різні дослідження, покращувати роботу існуючих установок і конструювати більш досконалі системи управління. Одні моделі досить громіздкі і важкі для вирішення, інші описують лише то конкретну установку або сушку конкретної речовини.

Таким чином, вибір прийнятною математичної моделі ґрунтується на тому, що вона повинна бути найбільш загальної, а також не занадто складною для вирішення.

Базова модель процесу сушіння, представлена у вигляді системи диференціальних рівнянь в приватних похідних, володіє найбільшою мірою

адекватності, однак не має аналітичного рішення. Результати чисельного рішення базової моделі, здійсненого методом кінцевих різниць при досить великій кількості вузлів сітки, можуть служити основою для оцінки точності математичних моделей, отриманих на основі базової шляхом введення різних припущень.

Для поліпшення роботи сушильної установки оптимізація управління повинна здійснюватися за критерієм мінімуму енергетичних витрат на технологічний процес сушіння.

На апаратному рівні АСУ сушильною установкою проводить:

- зчитування параметрів нагрівачів;
- запис змінених значень параметрів нагрівачів, а також параметрів програми сушіння;
- опитування датчиків температури;
- управління технологічним обладнанням при виконанні певної програми сушіння.

Формалізовано задачу оптимізації управління процесом сушіння за критерієм мінімізації енерговитрат. Планується розробка оптимального алгоритму управління процесом сушіння в сушильній установці та його програмна реалізація, алгоритм настроюється під будь-які типи сушарок і характеристики матеріалів, що піддаються сушці.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність теми і доцільність роботи, сформульовані мета і задачі наукового дослідження, викладені наукова новизна і практичне значення результатів досліджень, визначено особистий внесок, наведені дані про експерименти.

У першому розділі розглянуто процес сушіння та його класифікація, види сушильних шаф, проаналізовані існуючі закони регулювання, більш особливо було придано увагу релейному закону регулювання. Залежність вихідного сигналу Y регулятора від вхідного X називається статичною характеристикою регулятора $Y(X)$. Структурна схема позиційної системи автоматичного регулювання (САР) показана на рис. 1. Дані типи регуляторів ще називають Т-регуляторами або компараторами. Вони бувають з двопозиційним і трьохпозиційним законом регулювання.

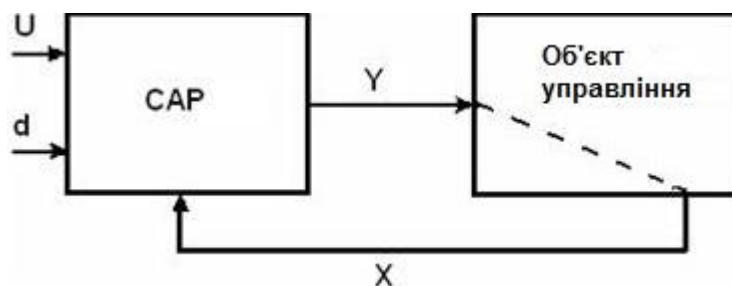


Рис. 1. Структурна схема позиційної САР

Двопозиційні мають дискретну вихідну величину Y типу включений або виключений (наприклад, вмикання або вимикання нагрівача). Т-регулятор вмикає або вимикає вихідне реле в залежності від того, досягла чи не досягнула регульована величина X заданого значення U . Зона нечутливості d визначає різницю у величині спрацьовування при зростанні сигналу X і його зниженні. Трьохпозиційні регулятори мають дискретну вихідну величину Y з двома точками перемикавання типу ввімкнено або вимкнено.

Для визначення можливості застосування Т-регулятора необхідно знати інерційність і час транспортного запізнювання регульованого об'єкта.

Процес регулювання являє собою коливання навколо заданого значення U (рис. 2).



Рис. 2. Часові характеристики процесу регулювання температури за допомогою Т-регулятора

До **переваг** мікропроцесорних двопозиційних регуляторів відносяться:

- простота використання і простота налаштування регулятора на об'єкті регулювання,
- цифрова індикація регульованої величини і заданої точки (завдання),
- індикація вихідних керуючих сигналів,
- можливість підключення зовнішньої заданої точки (завдання),
- в одному приладі реалізовано декілька регуляторів (від 2 до 8),
- наявність вбудованого мікропроцесора дозволяє швидко адаптувати регулятор (змінюючи його структуру) під конкретний об'єкт управління за допомогою нескладних операцій конфігурації,
- збереження значень заданих точок (завдань) та інших налаштовувальних параметрів в цифровому вигляді в незалежній пам'яті (у аналогових регуляторах підстроюючі резистори змінюють свої параметри з плином часу, при підвищених температурах, вібрації, що призводить до ненадійної роботи).

Недоліки двопозиційних регуляторів:

- Двопозиційні регулятори практично непридатні для систем з істотним транспортним запізненням ($T_d > 0,2T$) і для об'єктів без самовирівнювання, так як регульована величина далеко виходить за необхідні межі регулювання. У цьому випадку застосовують регулятори з ПІ або ПІД законом регулювання.

Також опрацьовані матеріали з оптимальних типових процесів регулювання та методикою вибору регулятора для статичних та астатичних об'єктів.

Детально розглянуто ідентифікацію об'єктів управління, а саме динамічну ідентифікацію об'єктів управління, структурну ідентифікацію об'єкта, параметричну ідентифікацію об'єкта та оцінку адекватності математичних моделей ідентифікації об'єктів управління. Математична модель в даному контексті означає математичний опис поведінки будь-якого об'єкта або процесу в частотній або тимчасовій області, наприклад, фізичних процесів (рух механічної системи під дією зовнішньої сили), економічного процесу (вплив зміни курсу валют на споживчі ціни на товари).

Область динамічної ідентифікації об'єктів управління в зв'язку з різною природою самих об'єктів досить обширна, тому для початку обмежимося розглядом методів обробки так званих кривій розгону.

Криву розгону називають процес зміни в часі вихідної змінної, викликаною ступінчастим вхідним впливом. Крива розгону служить для визначення динамічних властивостей об'єкта.

Постановка завдання полягає в наступному:

1. Побудова математичних моделей динамічної ідентифікації об'єкта управління з нормованою перехідною характеристикою (кривій розгону):

- Методом найменших квадратів з використанням похідних;
- Модифікованим методом площ.

2. Визначення та порівняння адекватності отриманих математичних моделей об'єкту керування.

Ідентифікація полягає у знаходженні для об'єкта адекватної йому моделі. Розрізняють структурну і параметричну ідентифікацію. При структурній

ідентифікації визначається форма моделі з деякого заданого класу функцій, при параметричній ідентифікації визначаються параметри моделі.

Якщо вихідні сигнали об'єкта $Y(t)$ повністю визначаються спостерігаються вхідними впливами $X(t)$, то для його ідентифікації досить використовувати методи активного експерименту.

Вихідною інформацією є експериментально знята крива розгону - реакція об'єкта $Y(t)$ на подану вхідний вплив $X(t)$ в інтервалі часу $0 \leq t \leq T$.

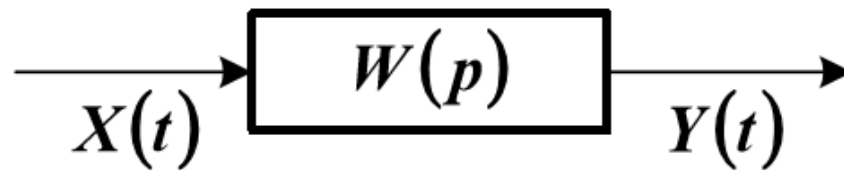


Рис.3. Структурна схема моделі об'єкта з операторною передавальною функцією $W(p)$.

Рівняння динамічної характеристики об'єкта можна умовно представити в наступному вигляді:

$$P[t, Y(t)] = k \cdot Q[t, X(t - \tau)] \quad (1)$$

де τ - час запізнювання об'єкта, яке проходить від моменту подачі сигналу на вхід об'єкта до моменту появи сигналу на його виході; k - коефіцієнт посилення (або коефіцієнт передачі) об'єкта.

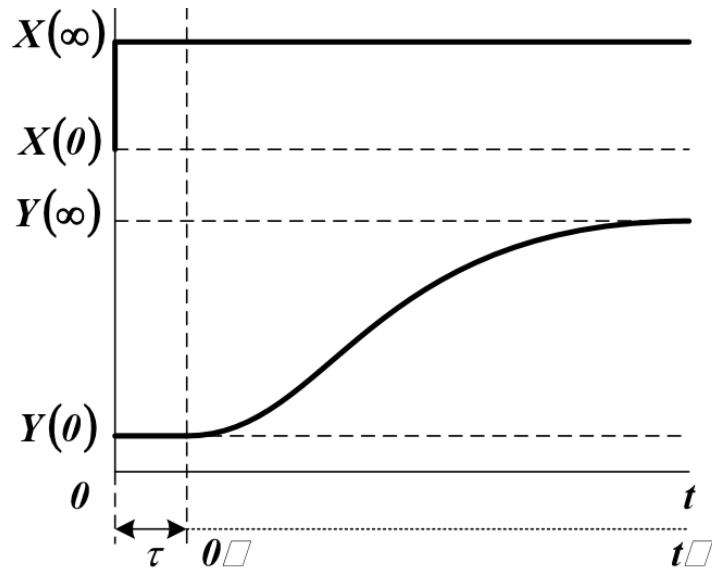


Рис.4. Схема для визначення часу запізнювання і коефіцієнта посилення об'єкта:

$$k = \frac{Y(\infty) - Y(0)}{X(\infty) - X(0)}$$

Вхідні і вихідні величини, як правило, масштабуються в стандартному діапазоні від 0 до 1 (нормуються):

$$x(t) = \frac{X(t) - X(0)}{X(\infty) - X(0)}, \quad y(t) = \frac{Y(t) - Y(0)}{Y(\infty) - Y(0)}.$$

Після визначення k і τ можна досліджувати об'єкт в нормованих координатах і без запізнювання, змістивши шкалу часу вправо на величину τ .

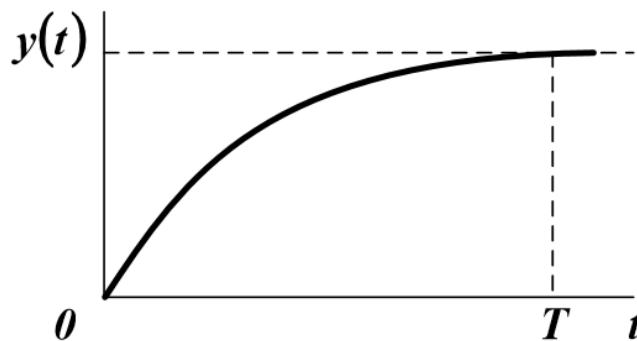
При структурної ідентифікації завжди апріорна інформація про об'єкт використовується для визначення структури моделі.

Рівняння динаміки, як правило, вибирається з класу лінійних або лінеаризованих характеристик. У нормованих координатах модель об'єкта з зосередженими параметрами, одним вхідним і одним вихідним сигналом є звичайним диференціальним рівнянням з постійними коефіцієнтами:

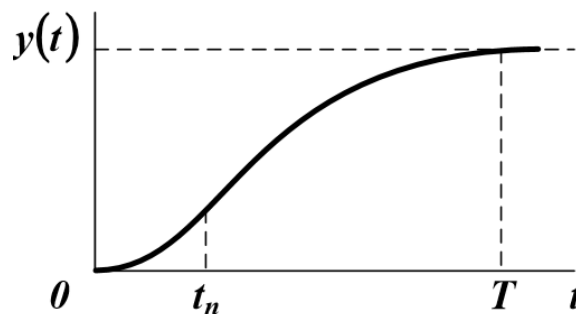
$$a_n \cdot \frac{d^n}{dt^n} y(t) + \dots + a_1 \cdot \frac{d}{dt} y(t) + y(t) = \\ = b_m \cdot \frac{d^m}{dt^m} x(t - \tau) + \dots + b_1 \cdot \frac{d}{dt} x(t - \tau) + x(t - \tau) \quad (2)$$

де коефіцієнти a_i і b_i мають розмірність часу в ступеня, рівний порядку похідною відповідного доданка. У фізично реалізованих системах $n \geq m$

По виду кривої розгону можна приблизно визначити порядок майбутньої моделі, наприклад, для об'єкта першого порядку:



Для об'єктів більш високих порядків:



Зазвичай $X(t)$ - ступінчаста функція, тому порядок рівняння (1) може бути наближено визначено за формою кривої розгону об'єкта. Якщо ця характеристика не має точок перегину, то $n = 1$. Якщо є перегин при $t = t_n$, і $t_n / T < 0,1 \dots 0,15$, то $n = 2$. В іншому випадку вважають $n > 2$. Однак можна знизити порядок моделі, вводячи фіктивне запізнювання.

Отже вплив похибки вимірювання $X(t)$ і $Y(t)$ і похибки чисельних методів обробки інформації зазвичай робить недоцільним використання моделей вище третього-четвертого порядку.

При параметричній ідентифікації дані про об'єкт обробляються для отримання про нього апостеріорної інформації. При цьому оцінюються параметри обраної моделі. У найпростіших випадках така оцінка може виконуватися по графіку перехідної характеристики.

Параметрична ідентифікація методом найменших квадратів з використанням похідних

Для ідентифікації об'єкта довільного порядку використовується метод найменших квадратів, що вимагає мінімізації середнього квадрата нев'язки правої і лівої частин рівняння (2):

$$S = \int_0^T \left[\sum_{i=0}^n a_i \cdot y^{(i)}(t) - \sum_{j=0}^m b_j \cdot x^{(j)}(t) \right]^2 dt \rightarrow \min \quad (3) \text{ де: } y^{(i)} \text{ і } x^{(j)} -$$

похідні і-го і j-го порядку від функцій вихідного і вхідного сигналів.

Рішення завдання (3) зводиться до вирішення системи:

$$\begin{cases} \frac{\partial S}{\partial a_i} = 0, & i = 0, \dots, n, \\ \frac{\partial S}{\partial b_j} = 0, & j = 0, \dots, m. \end{cases} \quad (4)$$

Перетворюючи (4) відповідно до рівняння (3), можна отримати систему лінійних алгебраїчних рівнянь:

$$\begin{cases} \sum_{i=0}^n a_i \cdot \int_0^T y^{(i)}(t) \cdot y^{(k)}(t) dt - \sum_{j=0}^m b_j \cdot \int_0^T x^{(j)}(t) \cdot y^{(k)}(t) dt = 0, \\ \quad k = 0, \dots, n, \\ \sum_{i=0}^n a_i \cdot \int_0^T y^{(i)}(t) \cdot x^{(k)}(t) dt - \sum_{j=0}^m b_j \cdot \int_0^T x^{(j)}(t) \cdot x^{(k)}(t) dt = 0, \\ \quad k = 0, \dots, m. \end{cases} \quad (5)$$

Для вирішення системи (5) щодо невідомих параметрів $a_n, ..., a_0$ и $b_m, ..., b_0$ необхідно знати похідні вхідного і вихідного сигналів об'єкта, які знаходяться в результаті згладжування функцій $X(t)$ і $Y(t)$ на відрізку $t \in [0, T]$. Для розрахунку коефіцієнта b_1 використовується формула:

$$b_1 = a_2 \cdot y_0^{(1)}$$

Похибка чисельного диференціювання, як правило, досить висока, тому схему визначення коефіцієнтів, $a_n, ..., a_0$ и $b_m, ..., b_0$ потрібно використовувати диференціювання аналітичних виразів для $X(t)$ і $Y(t)$.

Наостанок було проведено аналіз установок для теплової обробки зерна та складені основні вимоги до проектуваного пристрою.

У другому розділі планується проведення удосконалення математичної моделі та розробка оптимального алгоритму управління процесом сушіння в сушильній установці, його програмна реалізація, алгоритм настроюється під будь-які типи сушарок і характеристики матеріалів, що піддаються сушці.