

Використання багатопараметричних регуляторів в автоматизованому управлінні технологічними об'єктами із суттєвим запізнюванням

Д. М. Сюмаченко

Національний університет харчових технологій

Об'єкти з ланками запізнювання відносяться до класу складних, для яких аналітичний розрахунок регуляторів пов'язаний з певними труднощами. Інформація про хід технологічного процесу надходить до регулятора із критичною затримкою, що може призвести до втрати стійкості замкнутої системи. Складність управління об'єктами з часовими затримками характеризується відношенням величини запізнення до постійної часу об'єкту: чим воно більше - тим важче домогтися необхідної якості регулювання [1].

Існуючі методи усунення впливу шкідливого запізнювання зводяться до використання спеціальних регуляторів Сміта та Ресвіка. Причому, регулятор Ресвіка має обмеження на фізичну реалізацію. Використовуються також каскадні системи. Якщо відомості про об'єкт автоматизації є обмеженими, але наявні експертні дані по управлінню, то використовується нечітка логіка, як окремо, так і в поєднанні зі стандартними алгоритмами регуляторів.

Останнім часом зменшення впливу запізнювання здійснюється за рахунок багатовимірних і багатопараметричних регуляторів. Багатопараметричні регулятори містять диференціальні складові з похідними другого і третього порядків. Отримані ПДД² та ПДД²Д³ регулятори мають більшу чутливість, яка зростає зі збільшенням порядку похідної. Досліджувались також можливості використання дробових регуляторів.

В [2] приведено докази того, що дробово-степеневі регулятори в раціональній формі ПП^aД^b мають дуже складну структуру, що ускладнює їх реалізацію. Проаналізувавши характеристики системи управління з даним регулятором, виявляються його недоліки, зокрема, перерегулювання. Проаналізувавши [3], можна зробити висновки, що доцільнішим є використання більш простої структури ПП2Д2:

$$W(p) = K_p \cdot (1 + K_I \frac{(1 + T_1 \cdot p)}{(1 + T_2 \cdot p) \cdot p} + K_D \cdot \frac{(1 + T_3 \cdot p) \cdot p}{(1 + T_4 \cdot p)}) \quad (1)$$

ПП2Д2 регулятор суттєво покращив показники якості системи (перерегулювання, тривалість перехідного процесу), попри простішу форму його реалізації (1), проте показники точності погіршились, про що говорить наявність більшої похибки.

В [4] автори пропонують до використання ПДПД та ПДД2 алгоритмів регулювання. ПДПД регулятор є послідовним з'єднанням двох ПД-регуляторів і показує найкращий результат з точки зору швидкодії для розглянутого об'єкта. Не надто відстає від нього й ПДД2-регулятор, що забезпечує кращі якісні показники ніж ПД-регулятор. Проте, в джерелі досліджується об'єкт в статистиці, тому важко зробити висновки про стійкість та якість таких регуляторів

в динамічному режимі роботи при зміні як параметрів об'єкта управління, так і сигналів збурення, реакція системи на які залишається невідомою.

В ПДД2-алгоритмі додається складова, пропорційна другій похідній або прискоренню відхилення регульованого параметра з постійною часу. За аналогією можна говорити і про третю похідну, що характеризує швидкість прискорення.

Передаточна функція багатопараметричного регулятора матиме вигляд:

$$W(p) = Kp \cdot \left(1 + \frac{1}{Ti \cdot p} + Td1 \cdot p + Td2 \cdot p^2 + Td3 \cdot p^3\right) \quad (2)$$

В якості досліджуваного об'єкта автоматизації було розглянуто підігрівач дифузійного соку, робота якого описується математичною моделлю (3) у вигляді передаточної функції:

$$W(p) = \frac{0.25}{156p + 1} \cdot e^{-27p} \quad (3)$$

Показниками оцінки ефективності використання регуляторів обрано інтегральний квадратичний критерій, також проаналізовано тривалість перехідного процесу, динамічну похибку та коливальність.

Для оптимізації параметрів регуляторів використано NCD-пакет програмного забезпечення MATLAB, який автоматично перетворює дані про обмеження процесу і оптимізованих змінних в дані для вирішення проблеми оптимізації квазіньютонівським методом градієнтного пошуку [5].

В статичному режимі ПДД2Д3-регулятор дозволив отримати найкращі якісні показники. В динаміці ж, доцільним є використання ПДД2-регулятора, оскільки якісні показники системи майже не відрізняються від отриманих при використанні ПДД2Д3 алгоритму (2), так, різниця між значеннями інтегрального квадратичного критерію якості для ПДД2Д3 та ПДД2 становить 5%. Регулятор з похідною третього порядку є більш складним в налаштуванні та має дещо менший запас стійкості.

Література

1. *Гурецький Х.* Анализ и синтез систем управления с запаздыванием / Х. Гурецкий. – М.: Машиностроение, 1974. – 328 с.
2. *Жмудь В. А.* О нецелесообразности применения дробно-степенных ПИД-регуляторов / В. А. Жмудь, А. Н. Заворин // Автоматика и программная инженерия. – 2013. - №2(4). – с. 7-21.
3. *Семенов Г. Н.* Антипомпажное керування газоперекачувальним агрегатом із застосуванням багатопараметричних регуляторів / Г. Н. Семенов, А. І. Лагойда // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2014. - №4. – с. 34-39.
4. *Лисовой Р. А.* Сравнение двух методов синтеза регулятора для объекта с запаздыванием размерностью 2x2 / Р. А. Лисовой, Н. П. Качина, В. А. Жмудь, А. Б. Колкер // Сборник научных трудов НГТУ. – 2010. № 2(60).
5. *Ritu Shakya.* Design and Simulation of PD, PID and Fuzzy Logic Controller for Industrial Application / Ritu Shakya, Kritika Rajanwal, Sanskriti Patel, Smita Dinkar // International Journal of Information and Computation Technology. – 2014. - №4. – pp. 363-368.