**Криховецький Георгій Яремович. Параметричний синтез цифрових регуляторів систем управління температурою електричних і газових печей : Дис... канд. техн. наук: 05.13.07 / Військовий ін-т телекомунікацій та інформатизації Національного технічного ун-ту України "КПІ". — К., 2006. — 156арк. — Бібліогр.: арк. 146-154.**

|  |  |
| --- | --- |
| |  | | --- | | Криховецький Г.Я. Параметричний синтез цифрових регуляторів систем управління температурою електричних і газових печей. – **Рукопис.**  Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.07 – “Автоматизація технологічних процесів”. – ДП «Науково-виробнича корпорація “Київський інститут автоматики”», 2006.  Дисертація присвячена підвищенню якості (зменшенню динамічних похибок і підвищенню швидкодії) цифроаналогових систем автоматичного управління параметрами електричних і газових печей шляхом застосування цифрових оптимальних за швидкодією, нечітких (що працюють на базі нечіткої логіки) і ПІД- регуляторів. Удосконалено методики параметричного синтезу нечітких і ПІД- регуляторів, які використовуються разом із предиктором Сміта, для систем автоматичного управління параметрами електричних і газових печей з урахуванням часу чистого запізнювання в об'єктах управління. Для систем з об'єктами чистого запізнювання удосконалено методику параметричного синтезу цифрових оптимальних за швидкодією регуляторів, при роботі яких немає необхідності у використанні предиктора Сміта. Синтезовано цифрові регулятори для систем автоматичного управління параметрами електричних і одно- та двопотокових газових печей. На основі методики синтезу цифрових оптимальних за швидкодією регуляторів в для систем автоматичного управління параметрами електричних і одно- та двопотокових газових печей розроблені структурні схеми оптимальних за швидкодією регуляторів, які “апроксимують” вхідне діяння функціями часу, що лінійно змінюються, з додатковим блоком, який після генерації “керуючих” імпульсів основним блоком, генерує імпульси “підставки” на інтервалах часу чистого запізнювання. Проведено дослідження цифроаналогових систем автоматичного управління параметрами електричних і одно- та двопотокових газових печей із синтезованими цифровими оптимальними за швидкодією, нечіткими й ПІД-регуляторами при східчастих і довільних вхідних діяннях. Наведені порівняльні чисельні оцінки ефективності роботи регуляторів різних типів з метою рекомендацій до практичного застосування в конкретних системах автоматичного регулювання параметрів електричних і газових печей. | |
| |  | | --- | | 1. Удосконалено методики параметричного синтезу нечітких (що працюють на базі нечіткої логіки) і ПІД- регуляторів, які використовуються разом з предиктором Сміта. Методика параметричного синтезу ПІД-регуляторів базується на включенні блока оптимізації коефіцієнтів регулятора та перестроюванні коефіцієнтів за рахунок використання помножувачів. Особливістю методики синтезу нечіткого регулятора є те, що на вхід нечіткого регулятора подаються три лінгвістичні змінні – похибка системи , швидкість зміни (перша похідна) похибки , прискорення (друга похідна) похибки , які якісно характеризуються тільки двома терм-множинами: негативною, позитивною. Функції належності прийняті трикутними та симетричними одна відносно другої та перетинаються при значенні універсальної осі . Діапазони зміни вхідних та вихідного сигналів (параметрів нечіткого регулятора) також прийняті симетричними.  2. Удосконалено методику параметричного синтезу цифрових оптимальних за швидкодією регуляторів, при роботі яких немає необхідності у використанні предиктора Сміта. Синтез регуляторів для об’єктів управління з запізнюванням базується на включенні спеціального блока, який в доповнення генерації “керуючих” імпульсів основним блоком генерує спеціальні імпульси “підставки” на інтервалі часу запізнювання після генерації “керуючих” імпульсів.  3. Вперше представлено результати дослідження цифроаналогових САУ параметрами електричних і газових печей із синтезованими цифровими оптимальними за швидкодією, нечіткими й ПІД-регуляторами при східчастих і довільних вхідних діяннях.  4. В результаті дослідження системи управління температурою електропечі (об'єктом управління другого порядку з запізнюванням) з трьома типами регуляторів показано, що перехідні процеси в системі з цифровим ПІД-регулятором мають досить велике перерегулювання (до 50%) і великий час регулювання (до 100с), а в системі з оптимальним за швидкодією регулятором перехідні процеси не мають перерегулювання і час регулювання менший у три рази. В режимі спостереження за гармонійним сигналом поточна похибка в системі з оптимальним за швидкодією регулятором хоча й перевищує похибку неузгодженості в системі з ПІД-регулятором, але є досить малою. Встановлено, що нечіткий регулятор забезпечує близький до аперіодичного перехідний процес з часом регулювання, що не перевищує 30с, і досить малу поточну похибку, але перехідний процес при цьому має коливання. Рекомендовано для практичного використання оптимальний за швидкодією цифровий регулятор.  5. Наведено методику синтезу цифрових оптимальних за швидкодією регуляторів систем автоматичного управління температурою електропечі при різних співвідношеннях кроку квантування регулятора та часу запізнювання процесів в об’єкті управління і на базі методики проведено дослідження систем управління температурою електропечі (об'єктом управління з різним часом запізнювання).  6. Викладено простий спосіб ідентифікації параметрів електропечі як об’єкта управління, в якому передавальна функція ланки чистого запізнювання представлена наближенням Паде другого порядку.  7. Досліджено робастність систем управління температурою електропечі (об'єктом управління другого порядку з запізнюванням) з трьома типами регуляторів. Показано, що неточне задання найбільшої сталої часу електропечі мало впливає на форму перехідного процесу в системі, яка використовує будь-який з розглянутих типів регуляторів, але неточне задання коефіцієнта підсилення приводить до значної деформації перехідного процесу, особливо в системі з оптимальним за швидкодією цифровим регулятором, у якій, крім того, тривалість перехідного процесу значно збільшується.  8. В результаті дослідження системи управління температурою однопотокової трубчастої печі як об'єктом управління з достатньо великим часом затримки встановлено, що для такого об'єкта управління доцільне застосування цифрових оптимальних за швидкодією регуляторів, які забезпечують значно кращу динаміку системи управління об'єктом, ніж ПІД- або нечіткі регулятори. Показано, що переваги цифрового оптимального за швидкодією регулятора особливо виражені при точному настроюванні його параметрів, коли ідентифіковані параметри об'єкта і ці параметри є стаціонарними. Даний регулятор забезпечує після затримки на 180с аперіодичний (без перерегулювання) перехідний процес із часом регулювання, що не перевищує 120с. Це дає можливість встановлювати необхідну температуру сировини за час, що не перевищує 300с. При синусоїдальному діянні поточна похибка не перевищує 4% від амплітуди синусоїди. При відхиленнях значень параметрів передавальної функції об'єкта управління на 30% від розрахункових максимальна поточна похибка збільшується до 8% від амплітуди синусоїди. Для систем управління температурою однопотокової трубчастої печі при нечіткому або ПІД- регуляторі і предикторі Сміта при синусоїдальному діянні поточна похибка досягає 20% від амплітуди синусоїди.  9. Для достатньо складної передавальної функції двопотокової трубчастої печі знайдено наближену передавальну функцію, для якої синтезовано оптимальний за швидкодією цифровий регулятор. В результаті дослідження системи автоматичного управління температурою двопотокової трубчастої печі із синтезованим оптимальним за швидкодією цифровим регулятором встановлено, що зміна кроку квантування з 60с до 90с приводить до збільшення поточної похибки. При цьому зменшується перерегулювання з 60% до 27%, але час регулювання в перехідному процесі збільшується. Регулятор забезпечує після затримки приблизно на 200с перехідний процес із часом регулювання, що не перевищує 350с. Це дає можливість встановити необхідну температуру сировини за час, що не перевищує 550с. При синусоїдальному діянні поточна похибка дорівнює 4,6% при кроці квантування 60с та 7% при кроці квантування 90с від амплітуди синусоїди.  10. Достовірність наукових результатів, висновків і рекомендацій підтверджена результатами теоретичних розрахунків та математичного моделювання.  На підставі наукових результатів, одержаних в дисертації, можливо проектувати мікропроцесорні системи автоматичного управління основними параметрами електричних та газових печей високої якості за рахунок використання цифрових регуляторів, синтезованих для об’єктів з великим часом запізнювання. | |