

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертацію Федоришина Романа Мироновича “Імпульсні регулятори нелінійних систем керування в тепловій енергетиці”, представлену на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.13.07 – “Автоматизація процесів керування”

Актуальність теми дисертаційної роботи

Автоматизація технологічних процесів є важливою складовою сучасних засобів підвищення ефективності виробництв у різних галузях промисловості, зокрема і в енергетиці. Завдяки впровадженню автоматичних та автоматизованих систем керування технологічними процесами забезпечується підвищення продуктивності виробництва, зменшення витрати сировини на одиницю виробленої продукції, а також зниження впливу так званого людського фактору на технологічний процес. Станом на сьогодні керування нелійними об'єктами за допомогою імпульсних регуляторів є проблемою, яка залишається недостатньо дослідженою. Тому розв'язання цієї проблеми сприятиме не лише покращенню якісних та кількісних показників процесу автоматичного керування окремими технологічними процесами, а й підвищенню ефективності роботи підприємств в цілому.

Актуальність проблеми ефективного керування нелійними об'єктами за допомогою імпульсних регуляторів в тепловій енергетиці засвідчується Законом України “Про енергозбереження” та низкою державних програм, спрямованих на обґрунтування стандартизації у сфері енергозбереження, нормування використання паливно-енергетичних ресурсів та необхідності дотримання енергетичних стандартів і нормативів при використанні палива та енергії.

Обґрунтованість та достовірність отриманих результатів, положень, висновків та рекомендацій

В основу дисертаційної роботи лягли результати теоретичних та експериментальних досліджень, пов'язаних із якістю перехідних процесів у нелінійних системах керування на базі різних схем імпульсних регуляторів, ефективністю та надійністю автоматизованих систем керування кульовими барабанними млинами для розмелювання вугілля на теплових електростанціях, а також точністю автоматизованих систем обліку плинних енергоносіїв на теплогенеруючих об'єктах. Ці дослідження були виконані на кафедрі автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих систем керування Національного університету “Львівська політехніка”.

Наукові положення, результати досліджень, висновки та рекомендації достатньо обґрунтовані та доведені на відповідних науковому та методичних рівнях. Достовірність отриманих результатів підтверджується комп'ютерним моделюванням, порівнянням з експериментальними даними та збіжністю результатів теоретичних та експериментальних досліджень.

Зв'язок дисертаційної роботи з науковими програмами, планами та темами

Тема дисертації відповідає науковому напряму кафедри автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій Національного університету "Львівська політехніка": "Методи та засоби обліку енергоносіїв та автоматизації технологічних процесів". Тематика дисертаційної роботи пов'язана з виконанням восьми науково-дослідних робіт, серед яких є держбюджетні та госпдоговірні теми, а також міжнародний грант Фонду цивільних досліджень та розвитку США (CRDF). У цих проектах автор брав безпосередню участь у виконанні науково-дослідних робіт.

Повнота викладу змісту дисертації в опублікованих працях

Основні результати роботи доповідались та обговорювались на вісімнадцяти науково-технічних конференціях. Результати проведених наукових досліджень повністю відображені в 91 науковій праці, з яких 1 колективна монографія, 9 публікацій у виданнях, включених у бази даних Scopus та Web of Science, 18 статей у наукових фахових виданнях України, 6 статей у наукових періодичних виданнях інших держав, 55 тез доповідей на всеукраїнських і міжнародних науково-практичних конференціях та 2 патенти України на корисну модель. Аналіз внеску дисертанта в публікаціях з питань, висвітлених у дисертації, показав, що внесок Федоришина Р. М. є визначальним.

Наукова новизна

Наукова новизна одержаних результатів дисертаційних досліджень полягає у тому, що запропоновано класифікацію схем автоматичних регуляторів, розроблено показники точності для кількісної оцінки якості роботи імпульсних регуляторів, удосконалено алгоритм широтно-імпульсної модуляції у складі автоматичного регулятора для керування тепловим об'єктом, удосконалено методику розрахунку оптимального фільтра аналогового вхідного сигналу регулятора, розроблено математичні моделі теплового об'єкта і кульового барабанного млина, уточнено модель похибки вимірювання об'єму природного газу, внаслідок інерційності термоперетворювача, та розроблено математичну модель похибки вимірювання температури, внаслідок теплообміну між потоком газу та корпусом лічильника.

Практична цінність

Робота має чітко визначене практичне спрямування. Практична цінність роботи полягає у тому, що удосконалений алгоритм широтно-імпульсного модулятора у складі автоматичного регулятора для керування тепловим об'єктом забезпечує підвищення надійності та збільшення часового ресурсу роботи вихідних релейних контактів шляхом усунення такого небажаного явища як високочастотне спрацювання контакту (брязкіт контакту). Оптимальний фільтр аналогового сигналу, розрахований згідно запропонованої методики, дає можливість мінімізувати вплив шуму на процес регулювання, а також забезпечує високу якість процесу фільтрування при незначній динамічній похибці профільованого сигналу. Розроблена математична модель кульового барабанного млина була застосована для розрахунку параметрів налаштування автоматичного регулятора та розробки алгоритму керування кульовим барабанним млином, який забезпечує максимальну розмелювальну продуктивність вугільного млина. Розроблений алгоритм автоматичного керування кульовим барабанним млином був впроваджений на тепловій електростанції, що забезпечило економію електроенергії, яка витрачається для розмелювання вугілля, та підвищило маневреність парових котлів. На підставі розроблених математичних моделей для визначення додаткових похибок вимірювання витрати та об'єму природного газу, зумовлених інерційністю термоперетворювача та теплообміном між потоком газу та корпусом лічильника, можна виявляти дисбаланси у системах постачання природного газу.

Структура та зміст дисертаційної роботи

Дисертація складається з анотації, вступу, п'яти розділів, висновків, переліку літературних джерел, додатків та має 266 сторінок основного тексту. Робота проілюстрована 165 рисунками, включає 38 таблиць, перелік літературних джерел із 309 найменувань та 2 додатки. Загальний обсяг дисертаційної роботи становить 368 сторінок.

У *вступі* дано загальну характеристику дисертаційної роботи, розкрито суть та стан наукової проблеми дослідження, обґрунтовано актуальність теми. Чітко сформульована наукова новизна і практичне значення одержаних результатів.

В *першому розділі* виконано огляд існуючих схем імпульсних ПД-регуляторів, проаналізовано конфігурації цих схем і параметри їх налаштування. Запропоновано нову класифікацію схем автоматичних регуляторів.

У *другому розділі* досліджено точність імпульсних ПД-регуляторів, представлено удосконалений алгоритм широтно-імпульсної модуляції в імпульсному ПД-регуляторі для керування тепловим об'єктом та розроблено методику розрахунку оптимального фільтра аналогового сигналу на вході автоматичного регулятора.

У *третьому розділі* виконано дослідження нелінійних об'єктів регулювання та побудовано їх математичні моделі на основі отриманих експериментальних даних, а також проаналізовано ефективність роботи теплогенеруючих об'єктів із врахуванням похибок обліку енергоносіїв.

У *четвертому розділі* виконано розрахунок параметрів налаштування ПД-регулятора для керування тепловим об'єктом за допомогою імпульсного регулятора, а також розроблено алгоритм управління кульовим барабанним млином для оптимізації його завантаженості.

У *п'ятому розділі* представлено результати моделювання перехідних процесів у системі автоматичного регулювання з нелінійним тепловим об'єктом на основі різних схем імпульсного регулятора. Також досліджено перехідні процеси у системі автоматичного керування завантаженістю кульового барабанного млина. Крім цього змодельовано похибки автоматизованих систем обліку природного газу на теплогенеруючих об'єктах та розроблено заходи для підвищення точності цих систем обліку.

У *висновках* наведено основні результати проведених теоретичних та експериментальних досліджень, які вирішують важливу науково-технічну проблему – керування нелінійними об'єктами за допомогою імпульсних регуляторів з метою підвищення ефективності та надійності роботи як технологічного обладнання, так і пристроїв систем автоматизації в галузі теплової енергетики.

В *додатках* наведено опис системи керування завантаженістю кульових барабанних млинів та акти впровадження результатів дисертаційного дослідження.

Автореферат відповідає змісту дисертації.

За змістом дисертації є наступні зауваження.

1. У формулах (2.1)-(2.3) порівнюється положення виконавчого механізму з вихідним сигналом аналогового регулятора. Але це фізично різні величини.

2. На стор.91 вказується, що запізнення вихідного сигналу регулятора становить 13 с. За рахунок чого таке значне запізнення?

3. У роботі недостатньо обгрунтована потреба у дослідженні саме імпульсних регуляторів як актуальної науково-прикладної проблеми.

4. У п.2.3.1 аналізується робота САР електричної печі. За результатами дослідження системи з позиційним регулятором максимальне відхилення температури від заданої становить в одному режимі 0,8, а в іншому 1,0 градусів Цельсія. З урахуванням технічних можливостей автоматичного вимірювання температури – прийнятний результат. Навіщо використовувати інший регулятор?

5. У п.3.1 наведена лінійна математична модель електричної печі, хоча в роботі наголошується на дослідженні нелінійних об'єктів.

6. У п.4.1 використані відомі методи для розрахунку налаштувань декількох типів стандартних регуляторів систем керування вибраними автором об'єктів. Яке значення у дисертаційній роботі має цей матеріал з точки зору оголошеної мети роботи?

7. Яким чином моделі КБМ (4.2)-(4.4) пов'язані з моделлю (3.33)? Звідки з'являється запізнення?

8. На с.169 вказується, що «...КБМ є нелінійним об'єктом, що зумовлене особливостями тепло-масообмінних та газодинамічних процесів, які відбуваються у ньому», а для розрахунку параметрів налаштування САР КБМ використовуються лінійні моделі (4.2)-(4.4). Чим це пояснюється?

9. У п.5.1 ставиться завдання, щоб похибка керування температурою не перевищувала 0,5 градусів. А чи можливо цього досягти практично?

10. Ефективність теоретичних досліджень, виконаних у дисертаційній роботі, аналізується на прикладі їх застосування для теплового об'єкту (електрична піч), кульового барабанного млину та при розрахунку похибок

вимірювання температури потоку газу в системах його обліку. Автором не визначений клас промислових чи інших об'єктів, для яких можуть бути актуальними запропоновані науково-технічні рішення.

11. У додатках до дисертаційної роботи представлені акти практичного впровадження її результатів, що, на жаль, не знайшло свого відображення у висновках до дисертації.

Однак наведені зауваження не зменшують наукову цінність виконаної дисертантом роботи.

Висновок

Дисертаційна робота Федоришина Р. М. за обсягом, кількістю публікацій, отриманими науковими результатами, а також практичним значенням є завершеною науковою працею, присвяченою розв'язанню актуальної науково-прикладної проблеми підвищення ефективності роботи імпульсних регуляторів у системах керування нелінійними об'єктами теплової енергетики відповідає вимогам пп. 9, 10, 12 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 року № 567, а її автор заслуговує присудження наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.13.07 – «Автоматизація процесів керування».

*Завідувач кафедри технічних та програмних засобів автоматизації
Національного технічного
університету України «Київський
політехнічний інститут імені Ігоря
Сікорського»,
докт.техн.наук, професор*

Жученко А. І.

Підпис Жученка А.І. засвідчую:
Вчений секретар
КПІ ім. Ігоря Сікорського



Валерія ХОЛЯВКО