

ВІДГУК

67-72-87/2
в.п. 30.04.2021р.

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

Актуальність теми дисертації. Дисертаційна робота Федоришина Романа Мироновича присвячена питанню ефективного та надійного керування нелінійними об’єктами за допомогою імпульсних регуляторів у складі автоматизованих систем керування технологічними процесами, що є актуальною проблемою для багатьох галузей промисловості, зокрема і для енергетики. Сьогодні при налагодженні систем автоматичного керування виникає необхідність підвищити надійність функціонування імпульсних регуляторів та збільшити часовий ресурс роботи їх вихідних контактів. Актуальним є підвищення якості фільтрування вхідного аналогового сигналу з метою забезпечення мінімізації динамічної похибки при поступленні сигналу на вхід автоматичного регулятора. Як приклад нелінійного об’єкту керування, для якого потрібно підвищити надійність, ефективність та продуктивність, є кульовий барабанний млин для розмелювання вугілля на тепловій електричній станції. Вирішення даної проблеми є актуальним, особливо з точки зору необхідності підвищення енергоефективності роботи технологічного обладнання, а також зменшення затрат на обслуговування промислових систем автоматизації.

Базою для дисертаційної роботи стали результати теоретичних та експериментальних досліджень, пов’язаних із вивченням будови та властивостей схем імпульсних регуляторів, що працюють сумісно із виконавчими механізмами інтегруючої дії, регуляторів з широтно-імпульсними модуляторами для керування тепловими об’єктами, систем автоматизованого керування процесом розмелювання вугілля на ТЕС, а також систем автоматизованого обліку плинних енергоносіїв на теплогенеруючих об’єктах.

Зв'язок дисертаційної роботи з науковими програмами, планами, темами. Як видно з дисертаційної роботи, робота виконувалась у відповідності до планів науково-дослідних робіт Національного університету “Львівська політехніка” (“Дослідження схем імпульсних регуляторів у промислових системах автоматизації”, номер державної реєстрації 0116U004098; “Розробка системи автоматизації та оптимізації кульових барабанних млинів”, проект UKЕ1-9077-LV-12 Фонду цивільних досліджень та розвитку США (CRDF); “Розробка системи автоматизації та оптимізації кульових барабанних млинів”, номер державної реєстрації 0112U005018; “Встановлення та усунення додаткових похибок вимірювання витрати природного газу на ділянках зі змінними параметрами потоку”, номер державної реєстрації 0109U001169; “Підвищення точності вимірювання витрати та кількості енерговмісних сумішей газів”, грант президента України для підтримки наукових досліджень молодих учених GP/F32/059, номер державної реєстрації 0111U005376; “Підвищення точності систем обліку природного газу з метою його економного споживання”, держбюджетна тема ДБ/КСО, номер державної реєстрації 0115U000440; “Підвищення точності обліку природного газу на теплогенеруючих об'єктах”, номер державної реєстрації 0114U001231).

Наукова новизна одержаних результатів дисертаційних досліджень полягає у тому, що запропоновано класифікацію схем автоматичних регуляторів для керування технологічними об'єктами, яка забезпечує наглядну демонстрацію усіх можливих способів впливу автоматичного регулятора на об'єкт регулювання; розроблено удосконалений алгоритм широтно-імпульсної модуляції (ШІМ) у складі автоматичного регулятора для керування тепловим об'єктом; запропоновано спосіб вибору періоду імпульсів для ШІМ з врахуванням динамічних властивостей об'єкта регулювання; вдосконалено методику розрахунку оптимального фільтра аналогового вхідного сигналу регулятора на основі інтегрального критерію оптимальності; розроблено математичну модель теплового об'єкта, яка враховує нелінійну поведінку об'єкта, зокрема різну динаміку при нагріванні та при охолодженні; розроблено математичну модель

кульового барабанного млина (КБМ) у вигляді системи нелінійних диференціальних рівнянь та виконано перевірку адекватності моделі на основі отриманих результатів експериментального дослідження; розроблено математичні моделі похибок вимірювання об'єму газу, внаслідок інерційності термоперетворювача та внаслідок теплообміну між потоком газу та корпусом лічильника газу.

Практична цінність роботи полягає у тому, що запропонована класифікація схем автоматичних регуляторів забезпечує краще розуміння відмінності між позиційними, аналоговими та імпульсними регуляторами та їх місця серед інших регуляторів. Удосконалений алгоритм широтно-імпульсного модулятора забезпечує підвищення надійності та збільшення часового ресурсу роботи вихідних релейних контактів регулятора шляхом усунення високочастотного 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 профільтрованого сигналу. 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 основі 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 обсяг дисертації. Дисертаційна робота викладена на 368 сторінках, складається із анотації, вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел з 309 найменувань та 2 додатків.

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.

В 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.

В 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. Перший нелінійний об'єкт регулювання, для якого виконано дослідження – тепловий об'єкт (електрична піч). Другий нелінійний об'єкт регулювання – кульовий барабанний млин для розмелювання вугілля на тепловій електричній станції. На основі порівняння змодельованих перехідних процесів із експериментальними, підтверджено адекватність розроблених математичних моделей цих двох нелінійних об'єктів.

В 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. Застосування розробленого алгоритму автоматичного керування кульовим барабанним млином забезпечує економію електроенергії, що витрачається для розмелювання вугілля, та підвищення продуктивності кульового барабанного млина.

В 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.

Достовірність та обґрунтованість наукових положень, висновків та рекомендацій. 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.

Повнота викладу результатів дисертаційних досліджень 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.

Разом з тим щодо дисертації є деякі зауваження, зокрема:

1. У першому розділі при розробці класифікації схем автоматичних регуляторів, не вказано, за допомогою яких приладів може бути реалізована проміжна ланка між автоматичним регулятором та об'єктом регулювання.

2. У другому розділі для удосконаленого алгоритму широтно-імпульсної модуляції не наведено кількісної оцінки підвищення надійності за рахунок усунення високочастотних зайвих спрацювань вихідного релейного контакту.

3. У третьому розділі для статичної характеристики теплового об'єкта каналом регулювання не вказано, як буде виглядати ця характеристика при різних значеннях сигналу каналом збурення.

4. Статичні характеристики теплового об'єкта описані за допомогою лінійних залежностей. Застосування квадратичних залежностей забезпечило би вищу точність розробленої моделі.

5. В описі експериментальних досліджень похибок, зумовлених теплообмінними процесами в автоматизованій системі обліку природного газу, не для усіх приладів наведено метрологічні характеристики.

6. У четвертому розділі наведено формул для розрахунку якісних показників перехідних процесів у системі автоматичного регулювання.

7. У п'ятому розділі при моделюванні перехідних процесів у середовищі Simulink доцільно було би вказати, який чисельний метод розв'язування застосовано та які його основні налаштування.

8. У роботі зустрічаються стилістичні неточності та некоректні позначення змінних та технологічних параметрів.

Однак, наведені зауваження не зменшують наукову цінність виконаної дисертантом роботи.

Висновок

В цілому докторська дисертаційна робота Федоришина Р. М. є завершеною науковою працею, в якій отримані нові науково обґрунтовані результати, що в сукупності 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, що має істотне значення для енергетичної галузі та інших галузей народного господарства, де здійснюється керування нелінійними об'єктами за допомогою імпульсних регуляторів. Дисертаційна робота за обсягом, кількістю публікацій, зробленими висновками та рекомендаціями, а також практичним значенням відповідає вимогам пунктів 9, 10, 12 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 року № 567, а її автор заслуговує присудження йому наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.13.07 – «Автоматизація процесів керування».

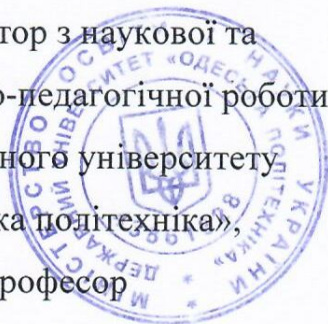
Завідувач кафедри комп'ютерних
технологій автоматизації Державного
університету «Одеська політехніка»,
д.т.н., професор



Максимов М. В.

Підпис офіційного опонента Максимова Максима Віталійовича засвідчую.

Проректор з наукової та
науково-педагогічної роботи
Державного університету
«Одеська політехніка»,
д.т.н., професор



Дмитришин Д. В.