

ВІДГУК

офіційного опонента про дисертаційну роботу Багана Тараса Григоровича «Робастне керування інерційними контурами котлоагрегата зі змінними параметрами на базі внутрішньої моделі», подану до захисту на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.07 – «Автоматизація процесів керування» (Київ, 2016. – 152 с.)

Актуальність теми дисертації

Актуальність теми дисертації не викликає сумнівів. Робота котлоагрегатів теплоенергетичних установок зазвичай супроводжується частими і неконтрольованими змінами навантаження, що викликають значні зміни параметрів передавальних функцій котла. У цих умовах в більшості практичних випадків типові ПД-регулятори не забезпечують технічні вимоги до якості регулювання, а часом просто втрачають стійкість. Відповідно, актуальним і необхідним для сучасної теплоенергетики є розробка ефективних систем управління, які гарантують стійкість і задану якість регулювання незалежно від зовнішніх збурень і зміни параметрів об'єктів управління.

У зв'язку з напруженим енергетичним положенням України будь-які роботи з поліпшення енергетичного обладнання в нашій країні в даний час є особливо актуальними. Актуальність теми даної дисертації, крім того, підтверджується тим, що результати досліджень стали складовою частиною науково-дослідних робіт, виконаних на кафедрі автоматизації теплоенергетичних процесів Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут» в рамках НДР відповідно до Державного замовлення на науково-технічну продукцію : «Підвищення ефективності та надійності функціонування обладнання ТЕС і малої енергетики в змінних режимах експлуатації» (номер держреєстрації 0112U001751) та «Розробка способів продовження надійної та економічної експлуатації енергогенеруючих об'єктів в маневрених режимах» (номер держреєстрації 0114U00564), в яких автор брав участь як виконавець.

Наукова новизна результатів дисертаційної роботи

У дисертації Т.Г. Багана вперше розроблена і досліджена система управління інерційними ділянками водо-парового тракту котла з використанням регулятора з внутрішньою моделлю на базі H_∞ -норми замкнутої системи. Показано, що застосування регулятора з внутрішньою моделлю з двома ступенями свободи забезпечує робастну стійкість і необхідну якість функціонування по каналах завдання і збурення в контурах управління котлоагрегату.

Новаторським є удосконалення методу налаштування регулятора з внутрішньою моделлю, який для робастної системи гарантує виконання поєднання заданих технологічним регламентом значень показників якості в змінних умовах роботи обладнання. Доведена можливість забезпечення робастної якості системи управління за певними показниками при зміні параметрів об'єкта управління відкриває перспективи для застосування розробленої методики в системах з об'єктами без самовирівнювання і каскадних системах.

Достовірність отриманих результатів, наукових положень, висновків і рекомендацій

Викладені в роботі теоретичні положення досить обґрунтовані, підтверджені результатами моделювання та експериментальних досліджень. Достовірність і обґрунтованість наукових результатів, методів, висновків і рекомендацій, зумовлені коректним використанням основних положень теорії автоматичного управління, методів ідентифікації, методів оптимального параметричного синтезу, методів дослідження робастної стійкості та якості, а також методів імітаційного комп'ютерного моделювання.

Практична цінність роботи полягає в тому, що її результати можуть бути використані для побудови робастної системи із забезпеченням необхідних показників якості при проектуванні нових або працюючих АСУТП, в яких використовуються сучасні промислові контролери, для автоматизації інерційних об'єктів з запізненням і змінними параметрами.

Визначено граничні межі змін параметрів об'єкта, при яких робастна система забезпечує задані показники якості управління. Розроблена програма вибору налаштувань H_∞ -регулятора гарантовано забезпечує потрібні показники якості регулювання або їх комбінації. Розроблено прикладну бібліотеку функціональних блоків, що дозволяє застосовувати регулятори з внутрішньою моделлю в реальних системах управління.

Запропонована структура регулятора, розроблене алгоритмічне і програмне забезпечення впроваджені в АСУТП котлоагрегату енергоблока №2 Трипільської ТЕС, що дозволило підвищити якість роботи АСК температурного режиму водо-парового тракту. Це підтверджено відповідними актами. Також результати дисертаційної роботи використовуються в навчальному процесі кафедри автоматизації теплоенергетичних процесів Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут».

Повнота викладу основних результатів і висновків у опублікованих роботах

Наукові результати виконаних досліджень відображені в 14 друкованих роботах, з яких 6 – у наукових фахових виданнях (в тому числі іноземних). Основні положення дисертації апробовані на 8 науково-технічних конференціях.

Аналіз публікацій свідчить про те, що вони всебічно і повно відображають наукові положення, висновки і рекомендації, викладені в дисертації.

Структура роботи, оцінка змісту і оформлення дисертації.

Дисертація містить всі необхідні структурні частини – вступ, чотири розділи з висновками в кінці кожного розділу, загальні висновки, список використаних джерел та додатки, що містять акти впровадження результатів роботи.

У **вступі** переконливо обґрунтована актуальність дисертаційної роботи, сформульовано її мету та завдання, визначено новизна, описано теоретична і практична цінність отриманих наукових результатів, показана апробація роботи.

У **першому розділі** розглянуто прямоточний котел як об'єкт автоматичного управління. Показано, що прямоточний котел є багатомісним об'єктом, що характеризується численними невизначеностями, значними збуреннями процесу, перш за все у вигляді нестабільності навантаження. Відзначено, що добові коливання навантаження призводять до істотної зміни параметрів котла. Проаналізувавши відомі способи управління подібними об'єктами, дисертант дійшов висновку про доцільність застосування робастної системи, яка забезпечує необхідну якість управління навіть при істотних невизначеностях в характеристиках об'єкта управління і неконтрольованих зовнішніх збурень. Особливу увагу приділено регулюванню з внутрішньою моделлю управління (ІМС), яке передбачає використання моделі об'єкта управління в структурі самого регулятора, що дозволяє налаштувати робастність незалежно від параметрів регулятора. В кінці розділу чітко сформульовані мета і основні завдання, які необхідно виконати для її досягнення.

Другий розділ присвячений дослідженню динамічних властивостей ділянок водно-парового тракту прямоточного котлоагрегату. Експериментально доведено, що зміна навантаження котлоагрегату істотно впливає на числові показники його динамічної моделі, а тому її необхідно враховувати при синтезі системи управління. Отримані моделі перевірені на адекватність і доведена можливість їх застосування. У розділі показані способи апроксимації ланки запізнення раціональними передавальними функціями. Також зроблено обґрунтований вибір критерію оптимізації, в якості якого обрано H_∞ -норма замкнутої системи, що дозволяє зменшити залежність контрольованої величини від невизначеності моделі, а отже, підвищити робастність системи.

У **третьому розділі** дисертант отримав структури локальних систем управління прямоточного котлоагрегату, використовуючи ІМС-теорію з мінімізацією H_∞ -норми передавальної функції замкнутої системи. Отримані залежності основних показників якості функціонування системи від параметрів налаштування регулятора і визначені межі змін параметрів об'єкта, при яких система залишається робастною. Запропоновано спосіб налаштування отриманих регуляторів з метою досягнення бажаної якості для робастної

системи. Виконано дослідження якості управління запропонованої системи в порівнянні з типовими рішеннями.

У **четвертому розділі** представлено опис апаратного забезпечення систем автоматизованого управління на промисловому обладнанні і виконана програмно-технічна реалізація інерційних контурів регулювання. Проведено удосконалення каскадної системи регулювання температури перегрітої пари шляхом використання в випереджаючому і інерційному контурах H_∞ -ІМС-регуляторів, що дозволило отримати робастну систему управління, яка до того ж забезпечує бажані показники якості.

У **висновку** сформульовані основні результати дисертаційної роботи.

Ідентичність змісту автореферату й основних положень дисертації.

Автореферат є ідентичним переліку основних наукових положень і висновків дисертаційної роботи. Текст автореферату повністю характеризує рівень наукової новизни і практичної цінності досліджень здобувача, а також показує його особистий внесок у вирішення наукової проблеми, яка була визначена в роботі.

Відповідність дисертаційної роботи спеціальності

Дисертаційна робота Т.Г.Багана за змістом, обсягом і оформлення повністю відповідає спеціальності 05.13.07 – «Автоматизація процесів керування», по якій вона представляється до захисту.

Зауваження до роботи

Позитивно оцінюючи роботу в цілому, хочемо висловити деякі критичні міркування і побажання:

1. Відсутній перелік, а іноді і розшифровка використаних скорочень, що дещо ускладнює читання роботи.

2. Основні відомості про об'єкт управління представлені на технологічній схемі рис.1.1 і схемі взаємодії параметрів, рис.1.2. Однак на технологічній схемі наведено лише частину параметрів, присутніх на схемі взаємодії параметрів.

3. У роботі не наведено фізичне пояснення зміни параметрів водо-парового тракту парового котла як об'єкта автоматичного управління при зміні навантаження, що є основною причиною необхідності розробки робастної системи його управління.

4. Передавальні функції нижнього і верхнього водо-парових трактів котла визначені експериментальним шляхом. Експерименти помилково названі пасивними, тобто експериментальні дані отримані в режимі нормальної експлуатації. За характером поведінки і величиною вихідного параметра (температури) це типово активний експеримент при розімкнутому зворотному зв'язку і ручній цілеспрямованій ступінчастій зміні регульовального впливу.

5. На жаль, для отриманих передавальних функцій радіаційних зон котла прямо не вказано регульовальний вплив – це витрата палива або витрата живильної води.

6. Нема обґрунтування обраних структур математичних моделей котла. Варто було б порівняти різні типові математичні моделі за якістю апроксимації експериментальних перехідних характеристик котла шляхом порівняння, наприклад, залишкових дисперсій або кореляційних відносин.

7. Не наведено числові оцінки точності апроксимації запізнювання рядами Тейлора і Паде.

8. Прийнята в роботі порівняльна оцінка якості регулювання за сукупністю ряду (п'яти) показників якості не формалізована і неоднозначна. Мабуть, доцільно було б синтезувати один комплексний показник з сукупності частинних показників зі своїми ваговими коефіцієнтами, як це робиться, наприклад, при бальній оцінці знань вступників до ВНЗ, в спорті і т.п.

9. Ефективність отриманого регулятора показана на основі порівняння зі штатними системами. На нашу думку, його роботу варто було ще порівняти з іншими робастними системами.

10. Можна було б додати більше опису та рекомендацій щодо застосування отриманого регулятора в багатозв'язних і багатоконтурних системах.

11. Бажано було б привести осцилограми регульованого параметра реального котлоагрегату при роботі зі штатним і розробленим регулятором.

Висловлені зауваження в більшості своїй відносяться до розряду побажань або носять редакційний характер, неминучі в будь-якій дисертації, можливо, суб'єктивні і суттєво не впливають на загальну позитивну оцінку роботи.

Загальні висновки

Дисертація Т.Г.Багана за рівнем теоретичних і експериментальних досліджень є завершеною роботою, в якій отримані нові науково обґрунтовані теоретичні і практичні результати, які в сукупності вирішують важливу науково-прикладну проблему підвищення якості та надійності роботи інерційних контурів котлоагрегату в умовах зміни параметрів обладнання шляхом використання робастного регулятора.

За змістом і отриманими результатами дисертаційна робота відповідає вимогам п. 9, 11 «Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 № 567, а її автор, Баган Тарас Григорович, заслуговує присудження йому наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.07 – «Автоматизація процесів керування».

Офіційний опонент – завідувач відділу
автоматичного регулювання процесів зварювання і
нанесення покриттів Інституту електрозварювання
ім. Є.О.Патона НАН України,
доктор технічних наук



Ю. М. Ланкін

Підпис Ю. М. Ланкіна засвідчую
вчений секретар ІСЗ ім. Є.О.Патона НАН України
канд.. техн. наук Клочков І.М.

