

Голові спеціалізованої вченої ради
Д 26.062.03 при Національному
авіаційному університеті МОН України
Харченку В. П.
03058, м. Київ, просп. Космонавта
Комарова, 1

ВІДГУК ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА

д.т.н., професора, завідувача кафедри інтелектуальних вимірювальних систем та інженерії якості Національного аерокосмічного університету ім. М. Є. Жуковського "Харківський авіаційний інститут" на дисертаційну роботу Боряка Богдана Радиславовича «Ноніусний адаптивний фільтр-предиктор – компенсатор запізнення в системах керування технологічними процесами», подану на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.03 – «Системи і процеси керування»

Актуальність теми

У наш час створення оптимальної системи керування технологічним процесом (ТП) визначає ефективність роботи будь-якого підприємства і вимагає системного підходу під час її проектування і реалізації. Визначення складових такої системи має здійснюватися із врахуванням багатьох чинників, які впливають на роботу як окремої ланки, так і системи в цілому. Деякі з таких чинників можуть значно зменшити ефективність роботи системи і, як результат, призводять до погіршення якості вихідного продукту технологічного процесу. Компенсація впливу факторів, які негативно впливають на роботу системи, зазвичай, потребує значного збільшення економічних та трудових ресурсів. Серед таких чинників можна визначити наявність запізнення в системах керування, що пояснюється скінченністю швидкості розповсюдження потоків речовини і енергії в каналах технологічних об'єктів керування, а також наявністю спотворень сигналів керування та вимірювання нестационарними шумами.

20.09.2019 № 51.13/2

Реалізація оптимальної системи автоматичного керування ускладнюється також за рахунок неповноти або відсутності апріорної інформації про особливості протікання технологічного процесу через нестаціонарність самого процесу або зовнішніх впливів.

Водночас варто відзначити стрімкий розвиток можливостей електронно-обчислювальної техніки, який дозволяє підвищити швидкість обробки інформації і дає можливість компенсувати вплив негативних факторів шляхом інтеграції методів обробки інформації в керуючі та вимірювальні пристрої. Дані методи мають характеризуватись малою кількістю математичних операцій, адаптивністю до зміни параметрів технологічного процесу та зовнішніх впливів, гнучкістю в налаштуванні під особливості конкретного ТП. Таким чином, актуальною і своєчасною залишається розробка адаптивних методів обробки інформації, які дають можливість здійснювати визначення об'єктивних даних про поточний стан об'єкта керування.

У представленій дисертаційній роботі розглядаються моделі і методи адаптивної обробки інформації в системах керування технологічними процесами. Запропоновано модель фільтрації та прогнозування сигналів систем керування технологічними процесами, яка дозволяє значним чином позбавитись від спотворень шумами сигналів керування та сигналів вимірювальних пристроїв в умовах неповноти або відсутності апріорної інформації. Адаптацію параметрів моделі фільтрації та прогнозування забезпечено за допомогою запропонованих у дисертаційній роботі методів, серед яких метод адаптації коефіцієнта згладжування з використанням методу найменших квадратів (МНК), диференціальний метод адаптації з використанням двох та трьох контурів фільтрації.

Дослідження виконувались згідно з планами наукових досліджень кафедри автоматики і електроприводу Полтавського національного технічного університету імені Юрія Кондратюка та в рамках Держбюджетної науково-дослідної роботи «Методи та засоби структурно-параметричної ідентифікації електротехнічних систем технологічної лінії із виробництва вітчизняного кабелю з полімерною ізоляцією на надвисокі напруги» (№ ДР-0116U003716).

Наукова новизна отриманих результатів

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження полягає в наступному:

1. Розроблено модель фільтрації і прогнозування сигналів, що, на відміну від інших методів обробки сигналів, не потребує апріорної інформації про характер протікання технологічного процесу та характеристики шумів, забезпечує високу якість фільтрації та прогнозування в режимі реального часу.

2. Розроблено метод адаптації параметра фільтра-предиктора з використанням методу найменших квадратів, який, на відміну від методів адаптації параметрів фільтрації подвійного експоненціального згладжування, не потребує інформації про форму сигналу, що відслідковується, забезпечує високу швидкодію.

3. Розроблено диференційний метод адаптації параметрів фільтра-предиктора з використанням двох та трьох контурів фільтрації, які функціонують із різними значеннями коефіцієнтів згладжування, на відміну від класичних методів адаптації, не потребують апріорної інформації про характер корисного сигналу та амплітуди шумів, забезпечують високу якість фільтрації та більш гнучку адаптацію в порівнянні з методом адаптації з використанням методу найменших квадратів.

4. Одержала подальшого розвитку модель експоненціального згладжування як метод фільтрації та прогнозування значень сигналу в системах керування технологічними процесами.

У цілому, отримані наукові результати дозволяють вирішити важливу науково-технічну задачу підвищення якості функціонування систем автоматичного керування технологічними процесами, зокрема визначення корисної складової сигналу та його прогнозованих значень у каналах вимірювання інформації та каналах керування в умовах невизначеності та неповноти апріорної інформації.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків та рекомендацій, їхня достовірність

Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків та рекомендацій дисертаційної роботи підтверджується і забезпечується реалізацією

запропонованої в ході досліджень математичної моделі фільтрації та прогнозування сигналу, а також методів адаптації параметрів алгоритму обробки інформації в середовищі Simulink, за допомогою мови програмування Matlab та в середовищі програмування мікроконтролерів Arduino IDE.

Класичний математичний апарат і сучасний інструментарій моделювання використано коректно. Автором обґрунтовано значення чисельних показників, отриманих у ході дослідження. Висновки до розділів визначають результати та формулюють рекомендації для подальшого використання і впровадження.

Достовірність отриманих результатів було перевірено за рахунок проведення математичного моделювання та натурних експериментів з метою дослідження ефективності фільтрації та прогнозування в різних умовах роботи реалізованого алгоритму. Проведено моделювання роботи розроблених методів по обробці значень сигналів загальною кількістю понад тридцять тисяч для кожного методу адаптації при зміні параметрів фільтрації. На основі проведених комп'ютерних експериментів підтверджено достовірність наукових положень. Результати моделювань та програмна реалізація запропонованих методів наведені в розділах дисертації та додатках.

Практичне значення отриманих результатів

Практичне значення дисертаційної роботи полягає в тому, що її основні результати дозволили реалізувати інструмент для обробки інформації по визначенню корисної складової сигналу, спотвореного високочастотними шумами, а також отримати значення прогнозованого сигналу, який описує поведінку системи або її окремих елементів у наступні моменти часу. Комп'ютерний аналіз отриманої структури підтверджує її працездатність.

Серед результатів, які мають практичне застосування, варто визначити наступні:

1. Розроблено алгоритм фільтрації та прогнозування сигналів, який забезпечує компенсацію похибки слідування у випадках збільшення інерційності параметрів фільтра. Алгоритм реалізовано в середовищі Simulink, на мові програмування Matlab

та в середовищі програмування мікроконтролерів Arduino IDE.

2. Розроблено алгоритм адаптації до рівня шумів із використанням МНК, який інтегровано в модель фільтрації і прогнозування. Адаптивний фільтр-предиктор реалізовано у вигляді програми з використання мови програмування Matlab.

3. Розроблено алгоритм адаптації моделі фільтрації до зміни характеристик шумів із використанням двох та трьох контурів фільтрації. Отримані модифікації адаптивних фільтрів-предикторів реалізовано у вигляді програми на мові програмування Matlab і в середовищі програмування мікроконтролерів Arduino IDE.

4. Оптимізовано алгоритми адаптації параметрів фільтрації шляхом проведення комп'ютерного статистичного аналізу залежності похибок фільтрації та прогнозування, а також шляхом проведення експериментів із впровадження комбінованих методів адаптації параметрів фільтра-предиктора.

5. Проведено інтеграцію фільтра-предиктора в системи детермінації навколишнього середовища моделі промислового роботи (ПР). Результати проведеного натурного експерименту вказують на покращення маневреності рухомої ланки ПР.

6. Результати роботи використано під час виконання держбюджетної науково-дослідної роботи «Методи та засоби структурно-параметричної ідентифікації електротехнічних систем технологічної лінії із виробництва вітчизняного кабелю з полімерною ізоляцією на надвисокі напруги»(№ ДР–0116U003716).

7. Результати роботи впроваджено в навчальний процес Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут» на кафедрі теоретичної електротехніки та Полтавського національного технічного університету імені Юрія Кондратюка на кафедрі автоматики і електроприводу.

Рекомендації щодо використання результатів дисертації

Результати дисертаційної роботи мають важливе значення для проектування систем керування технологічними процесами. В зв'язку з цим, вони можуть знайти

широке застосування на підприємствах, а також для підготовки фахівців відповідного профілю.

Оцінка змісту роботи, публікацій та апробацій

Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел, додатків. Повний обсяг дисертації становить 181 сторінку, з яких 19 сторінок містять додатки. Основна частина викладена на 151 сторінці друкованого тексту, містить 72 рисунка, 3 таблиці. Список використаних джерел містить 114 найменувань, які викладені на 11 сторінках.

Дисертаційна робота Боряка Б.Р. написана логічно, ясно й технічно грамотно. Стиль викладу в ній матеріалів досліджень, наукових положень і висновків забезпечує доступність їхнього розуміння й сприйняття фахівцями з проектування систем керування технологічними процесами. Сформульовані у дисертаційній роботі завдання дослідження розв'язано повністю і одержано нові наукові та практичні результати.

Основні результати дисертаційної роботи опубліковано в 19 наукових працях: 7 статей у наукових фахових виданнях, які входять до міжнародних наукометричних баз даних (Index Copernicus, General Impact Factor, Ulrich's Periodicals Directory), 12 тез доповідей у збірниках матеріалів конференцій.

Зміст автореферату повною мірою відображає основні положення дисертації та містить інформацію про особистий внесок здобувача, що доводить самостійність отримання усіх наукових та практичних результатів.

Зауваження

Основні зауваження та недоліки зводяться до наступних:

1. Не всі умовні позначення, наведені на сторінці 17, використовуються в дисертаційній роботі в повній мірі, що збільшує кількість описової частини і ускладнює сприйняття матеріалу.

2. У наведених у дисертаційній роботі прикладах моделювання розглянуто адитивний білий гаусів шум із рівномірним розподілом, який є стаціонарним. Для

об'єктивної оцінки роботи моделі фільтрації необхідним є її дослідження в умовах спотворення сигналу кольоровими шумами.

3. Наведені характеристики, які описують зміну інтенсивності шумів, не відображають повноцінно ступеня спотворення корисного сигналу. Для даного опису варто було б використовувати співвідношення сигнал/шум.

4. Окрім порівняння розроблених алгоритмів із МНК адаптивними алгоритмами варто було провести порівняльний аналіз з іншими адаптивними рекурсивними алгоритмами.

5. У дисертаційній роботі розглянуто приклад інтеграції розробленого методу цифрової обробки сигналів лише для об'єкту керування із запізненням другого порядку, у той час як у першому розділі було наведено ряд типових ланок, які можуть описувати об'єкти керування із запізненням.

6. Реалізація розроблених методів у вигляді програм, наведених у додатках, містить рядки коду, який не використовується за рахунок занесення його у коментарі. Це ускладнює сприйняття матеріалу. Доцільним було б замінити дані додатки авторськими свідоцтвами на твір.

7. Доцільно було б впровадити результати дисертаційної роботи не тільки в навчальний процес вищих навчальних закладів, але й в практику підприємства.

8. Доцільно було б розкрити особистий внесок здобувача і в опублікованих в співавторстві працях апробаційного характеру.

9. Відсутність розділових знаків після деяких формул дисертації, наприклад (1.2), (1.62), (2.17), (2.18).

Зазначені недоліки не впливають на загальну позитивну оцінку дисертації та цінність отриманих автором наукових і практичних результатів. В цілому робота виконана на високому теоретичному рівні і становить собою істотний вклад у вирішення науково-практичної задачі підвищення якості роботи систем автоматичного керування.

Висновок

За актуальністю, ступенем новизни, обґрунтованості, науковій та практичній

цінності здобутих результатів дисертація Боряка Б.Р. на тему «Ноніусний адаптивний фільтр-предиктор – компенсатор запізнення в системах керування технологічними процесами» є завершеною науково-дослідною працею, результати якої мають наукову новизну і практичне значення, робота відповідає паспорту спеціальності та вимогам п. 9, 11, 12, 13, 14 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 року №567 (зі змінами), а її автор, Боряк Богдан Радиславович, заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.03 – «Системи і процеси керування».

Офіційний опонент
завідувач кафедри інтелектуальних
вимірювальних систем та інженерії якості
Національного аерокосмічного
університету ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»,
д.т.н., професор, лауреат Державної премії
України в галузі науки і техніки



Кошовий М. Д.

Підпис проф. Кошового М.Д. засвідчує

Вчений секретар ради університету,
к. філос. наук, доцент



Чмихун С.Є.