

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу
Левченка Олександра Едуардовича

на тему «Автоматизоване керування технологічним процесом хімічного
фрезерування з використанням матричних вихрострумових перетворювачів»,

представлену на здобуття ступеня доктора філософії
в галузі знань 15 Автоматизація та приладобудування
за спеціальністю 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

Актуальність теми дисертації.

Розвиток сучасних промислових технологій вимагає підвищення ефективності автоматизованих систем керування технологічними процесами (АСКТП). Ця необхідність обумовлена зростаючою складністю виробничих процесів, підвищенням вимог до якості продукції та необхідністю оптимізації ресурсовикористання. У цьому контексті застосування у структурі АСКТП засобів вихрострумового контролю (ВСК) з вихрострумовими матрицями (ВСМ) дозволяє суттєво покращити контроль та керування виробничими процесами обробки виробів з електропровідних матеріалів.

В технологічному процесі хімічного фрезерування виробів з металів важливо, по-перше, здійснювати безперервний в часі та безконтактний контроль товщини виробу, по-друге, забезпечити перетворення неелектричного параметра – товщини виробу, у параметри електричного сигналу. Цим вимогами повністю відповідають можливості методів і засобів ВСК. Такий підхід до побудови АСКТП хімічного фрезерування забезпечує можливість оперативного реагування на відхилення від заданих параметрів, що суттєво підвищує якість кінцевої продукції.

Впровадження ВСМ дає змогу як підвищити рівень автоматизації процеси ВСК, так і в цілому рівень автоматизації керування процесом хімічного фрезерування. ВСМ дозволяють одночасно контролювати великі ділянки поверхні, що значно скорочує час контролю та підвищує його ефективність. Це особливо важливо при виробництві великогабаритних деталей.

Подальший розвиток цього напрямку вимагає створення спеціалізованих автоматичних засобів ВСК, їх інтеграції з системами штучного інтелекту та удосконалення математичних моделей сигналів ВСМ. Створення спеціалізованих засобів ВСК дозволить адаптувати системи контролю до

конкретних виробничих умов та типів продукції. Інтеграція з системами штучного інтелекту відкриває можливості для прогнозування якості продукції та оптимізації виробничих процесів на основі аналізу великих обсягів даних.

Розроблення математичних моделей сигналів ВСМ є одним з ключових наукових завдань для підвищення достовірності контролю та ефективності процесу керування технологічним процесом. Такі моделі повинні враховувати взаємодію електромагнітного поля з контрольованим об'єктом, вплив геометрії об'єкта, властивості матеріалу, параметри вимірювальної системи та режими її роботи. Створення таких моделей дозволить оптимізувати параметри ВСМ для конкретних завдань контролю та розширити сферу їх застосування.

Ці інновації мають потенціал щодо значного підвищення ефективності керування технологічними процесами в промисловому виробництві, що в кінцевому підсумку призведе до підвищення якості продукції, зменшення виробничих витрат, економії ресурсів виробництва та підвищення конкурентоспроможності підприємств.

Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни.

Дисертація Левченка О.Е. виконана на високому науковому рівні. Вона охоплює багато важливих науково-технічних питань і демонструє глибоке розуміння теми. Пропозиції в дисертації добре обґрунтовані та логічно викладені. Робота має чітку структуру, матеріал подано зрозуміло, а завдання дослідження чітко визначені. Достовірність висновків та рекомендацій підтверджується коректним використанням автором методів теоретичних і модельних досліджень, порівняльним аналізом теоретичних результатів з експериментальними даними.

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження полягає в наступному:

1. Вперше запропоновано багатовимірну модель сигналів вихрострумової матриці при гармонічному збудженні її елементів, що враховує не ідентичності характеристик перетворювачів матриці і надає можливість обґрунтувати необхідність виконання операцій нормалізації сигналів в каналах опрацювання для забезпечення автоматичного керування процесом хімічного фрезерування.

2. Набуло подальшого розвитку використання вихрострумового контролю з перетворювачами матричного типу, що включає моделі інформаційних сигналів вихрострумової матриці, метод їх опрацювання за допомогою дискретного перетворення Гільберта для автоматизації процесу

керування хімічним фрезеруванням, що призводить до підвищення його ефективності завдяки скороченню часу та збільшенню швидкості травлення.

3. Набуло подальшого розвитку використання вторинних інформативних ознак сигналів вихрострумової матриці у вигляді векторів кругових статистик, які отримані із дискретної фазової характеристики цих сигналів, що дає змогу підвищити ефективність процесу хімічного фрезерування за рахунок збільшення точності визначення товщини виробів в автоматичному режимі.

Отже, в дисертаційній роботі поставлене наукове завдання виконано повністю, здобувач повною мірою оволодів методологією наукової діяльності.

Оцінка змісту дисертації, її завершеність та дотримання принципів академічної доброчесності.

За своїм змістом дисертаційна робота здобувача Левченка О.Е. повністю відповідає Стандарту вищої освіти зі спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології та напрямкам досліджень відповідно до освітньої програми Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології.

Дисертація складається з вступу, 5 розділів, висновків, списку літератури та додатків. Загальний обсяг дисертації 190 сторінок.

У вступі здобувачем обґрунтовано актуальність теми дисертації, мета і завдання досліджень, сформульовано наукову новизну та практичне значення отриманих результатів, особистий внесок здобувача, апробація результатів дисертаційної роботи, інформація щодо публікацій, структура та обсяг дисертаційної роботи.

У першому розділі дисертаційної роботи представлено огляд стану проблеми та обґрунтовано напрямки досліджень. Сформульовано загальну задачу та підходи до автоматизованого керування технологічним процесом хімічного фрезерування з використанням матричних вихрострумових перетворювачів. Наведено основні методи та засоби вимірювання товщини виробів під час хімічного фрезерування та їх тенденції розвитку, обґрунтовано вибір вихрострумових перетворювачів як найбільш ефективного засобу для даної задачі. Проведено аналіз попередніх робіт за темою дослідження та обґрунтовано мету і завдання даних напрямків дослідження.

У другому розділі роботи представлено застосування методу вихрострумового контролю (ВСК) для визначення часу травлення в процесі хімічного фрезерування (ХФ). Зокрема, акцентовано увагу на використанні матричних перетворювачів, які є ключовим компонентом систем автоматичного керування технологічними процесами (АСКТП). Проаналізовано процес формування сигналів ВСК, що дозволяє отримати інформативні параметри

сигналів - амплітуду, фазу та частоту гармонічних сигналів. Визначено, що метод ВСК не потребує безпосереднього механічного контакту датчиків з виробами, що є важливою перевагою в умовах технологічного процесу ХФ. Розроблено моделі вихідних сигналів матричних перетворювачів та методологію їх аналізу на основі дискретного перетворення Гільберта. Здобувачем запропоновано підхід до отримання вторинних інформаційних ознак з фази сигналів ВСК та їх використання в контурі САК процесу ХФ.

У третьому розділі дисертаційної роботи здобувачем представлено розробку прототипу засобу вихрострумowego контролю (ВСК) з використанням вихрострумових матриць (ВСКМ) для визначення товщини виробу в процесі його хімічного фрезерування (ХФ). Даний прототип інтегрований у контур визначення тривалості травлення в системі автоматичного керування (САК) процесу ХФ. Здобувачем запропоновано архітектурне рішення, яке забезпечує режим роботи прототипу, спрямований на підвищення ефективності та швидкості створення функціональних прототипів нових засобів ВСК для керування технологічними процесами. Апаратна частина пристрою побудована на основі сучасних компонентів, що забезпечує високу адаптивність до різних завдань ВСК у складі АСКТП. Описано архітектуру програмного забезпечення засобу ВСК, створену на платформі Red Pitaya. Це програмне забезпечення реалізує методологію обробки і аналізу даних, розроблену в другому розділі. Воно інтегроване з апаратною частиною і дозволяє проводити глибокий аналіз характеристик сигналів ВСКМ, відстежуючи динаміку зміни їх амплітудно-фазових характеристик. Результати досліджень підтвердили ефективність запропонованого підходу і дозволили розширити можливості САК процесу ХФ на основі матричної технології ВСК.

У четвертому розділі дисертаційної роботи представлено експериментальне дослідження прототипу засобу ВСК з використанням матричних перетворювачів для визначення товщини виробу в процесі хімічного фрезерування (ХФ). В даному розділі зосереджено увагу на вдосконаленні технології ВСК шляхом нормалізації комплексних коефіцієнтів передачі вимірювальних каналів формування сигналів окремих перетворювачів. Представлено методику та алгоритм нормалізації, а також розглянуто варіанти автоматичних систем нормалізації коефіцієнтів передачі вимірювальних каналів з використанням фільтра Гільберта та синхронних детекторів. Окремо висвітлено питання оцінювання невизначеності результатів вимірювання товщини виробу та ефективності використання ВСКМ в САК процесу ХФ. Експериментальні дослідження підтвердили ефективність запропонованого підходу до нормалізації сигналів і дозволили покращити точність вимірювання товщини виробу. Результати цих досліджень узгоджуються з теоретичними прогнозами і модельними експериментами, представленими в попередніх

розділах. Наукові висновки цього розділу були опубліковані в ряді наукових робіт.

У п'ятому розділі дисертаційної роботи зосереджено увагу на впровадженні розробленої двоконтурної системи керування процесом хімічного фрезерування виробів з алюмінієвих сплавів у промислових умовах. Розглянуто практичні аспекти реалізації та адаптації системи до специфічних вимог виробництва. Описано процес інтеграції системи в існуючі виробничі лінії та проведено аналіз ефективності її функціонування. Розроблено стратегії мінімізації відхилень від заданих параметрів, що дозволяє забезпечити високоякісну продукцію та зменшити виробничі втрати. Розглянуто економічні аспекти впровадження системи, зокрема, оцінено зменшення витрат на матеріали та підвищення ефективності використання виробничих ресурсів. У розділі також висвітлено екологічні аспекти використання нової системи керування, зокрема зменшення шкідливих викидів та оптимізація використання хімічних реагентів.

Дисертаційна робота є завершеною науковою працею і свідчить про наявність особистого внеску здобувача у науковий напрям Автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій.

Розглянувши звіт подібності за результатами перевірки дисертаційної роботи на текстові співпадіння, можна зробити висновок, що дисертаційна робота Левченка О.Е. є результатом самостійних досліджень здобувача і не містить елементів фальсифікації, компіляції, фабрикації, плагіату та запозичень. Використані ідеї, результати і тексти інших авторів мають належні посилання на відповідне джерело.

Мова та стиль викладення результатів

Дисертаційна робота написана у загальноприйнятому для наукових видань стилі державною мовою, на достатньо науково-професійному рівні. Виклад результатів досліджень, висновків та рекомендацій є чітким і доступним для сприйняття та послідовним.

Слід відзначити, що здобувач сформулював цілісний науковий апарат дослідження, з належним визначенням його елементів: об'єкта, предмета, мети, завдань дослідження, які у процесі послідовного рішення одержали вичерпні формулювання. Кожен розділ дисертації має власну наукову значущість, слугує науковим підґрунтям для наступного розділу та в результаті об'єднання усіх розділів формулюється цілісне наукове дослідження.

Дисертаційна робота оформлена відповідно до вимог наказу МОН України від 12 січня 2017 р. № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертації».

Оприлюднення результатів дисертаційної роботи

Наукові результати дисертації висвітлені у 13 наукових публікаціях здобувача, серед яких: 7 статті у наукових виданнях, включених на дату опублікування до переліку наукових фахових видань України; 1 статті у періодичних наукових виданнях, проіндексованих у базах даних Web of Science Core Collection та/або Scopus, з яких 1 статей у виданнях, віднесених до першого — третього квартилів (Q1—Q3) відповідно до класифікації SCImago Journal and Country Rank або Journal Citation Reports;

Також результати дисертації були апробовані на 4 наукових фахових конференціях.

У друкованих працях, які опубліковано у співавторстві, здобувачу належать: В роботі [1] - моделювання процесу виявлення сигналів вихрострумowego контролю за їх фазою, що дозволило оцінити ефективність запропонованого методу та його обчислювальну ресурсоемність; В роботах [2, 3, 4] - комплексний аналіз формування сигналів вихрострумowych перетворювачів, їх опрацювання за допомогою дискретного перетворення Гільберта, дослідження вторинних інформаційних ознак та статистик, отриманих з фази сигналів. Це забезпечило теоретичне підґрунтя для подальших досліджень, сприяло підвищенню інформативності методу та розширенню спектру діагностичних параметрів у вихрострумовой контролі; В роботі [5] - дослідження використання платформи Red Pitaya в технології прототипування автоматизованих систем вихрострумowego контролю, що відкрило нові можливості для створення гнучких та ефективних систем; В роботі [6] - аналіз використання кругових статистик в опрацюванні результатів фазових вимірювань, що підвищило точність та надійність отриманих результатів; В роботах [7, 8] - проведення вимірювальних експериментів з отримання сигналів вихрострумowych перетворювачів та аналіз стандартів в частині використання гнучких вихрострумowych матриць для аналізу об'єктів складної форми. Це забезпечило емпіричну базу для подальших досліджень та сприяло розробці нових методик контролю, особливо для об'єктів зі складною геометрією.

Таким чином, наукові результати описані в дисертаційній роботі повністю висвітлені у наукових публікаціях здобувача.

Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи.

1. У роботі недостатньо обґрунтовано вибір дискретного перетворення Гільберта для опрацювання сигналів вихрострумowych матриць. Бажано було б

провести порівняльний аналіз з іншими методами цифрового опрацювання сигналів для підтвердження переваг обраного методу визначення інформаційних характеристик сигналів матриці.

2. Експериментальні дослідження проводилися лише для чотириелементної вихрострумової матриці. Доцільно було б розширити експериментальну базу, включивши дослідження матриць з більшою кількістю елементів для більш ґрунтовного оцінювання ефективності запропонованих варіантів нормалізації характеристик вимірювальних каналів для сигналів вихрострумових матриць.

3. У роботі недостатньо уваги приділено аналізу впливу зовнішніх факторів (таких як температура навколишнього середовища, вібрації, електромагнітні завади) на точність вимірювань інформаційних характеристик сигналів та стабільність роботи системи керування.

4. У дисертації не представлено економічного обґрунтування впровадження запропонованої системи керування. Бажано було б оцінити економічний ефект від впровадження розробленої системи в порівнянні з існуючими методами та засобами керування процесом хімічного фрезерування.

5. У роботі не достатньо розглянуто питання надійності розробленої системи керування, зокрема, не проаналізовано можливі відмови системи та методи їх усунення. Доцільно було б провести аналіз надійності системи та запропонувати методи підвищення її відмовостійкості.

6. Не наведено результати досліджень взаємного впливу елементів матриці за їх одночасної роботи в робочому режимі контролю виробів.

Вважаю, що висловлені зауваження не є визначальними і не зменшують загальну наукову новизну та практичну значимість результатів та не впливають на позитивну оцінку дисертаційної роботи.

Висновок про дисертаційну роботу

Вважаю, що дисертаційна робота здобувача ступеня доктора філософії Левченка Олександра Едуардовича на тему «Автоматизоване керування технологічним процесом хімічного фрезерування з використанням матричних вихрострумових перетворювачів» виконана на високому науковому рівні, не порушує принципів академічної доброчесності та є закінченим науковим дослідженням, сукупність теоретичних та практичних результатів якого розв'язує наукове завдання, що має істотне значення для Автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій. Дисертаційна робота за актуальністю, практичною цінністю та науковою новизною повністю відповідає вимогам чинного законодавства України, що передбачені в п.6 – 9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової

спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44.

Здобувач Левченко Олександр Едуардович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 15 Автоматизація та приладобудування за спеціальністю 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології.


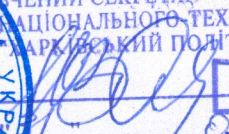
Офіційний опонент:

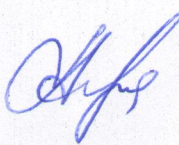
Професор кафедри хімічної техніки та промислової екології

Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут»

доктор технічних наук, професор




Вадим СЕБКО
Підпис
ЗАСВІДЧУЮ:
ВЧЕНИЙ СЕКРЕТАР
НАЦІОНАЛЬНОГО ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

ЗАЙЦЕВ Ю. І.
07 2024р



М.П.

«____» _____ 2024 року