

РЕЦЕНЗІЯ

на дисертаційну роботу

Левченка Олександра Едуардовича

на тему «Автоматизоване керування технологічним процесом хімічного фрезерування з використанням матричних вихрострумів 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 та збільшення складності технологічних процесів вимагає підвищення ефективності автоматизованих систем керування технологічними процесами (АСКТП). Одним із перспективних напрямів розв'язання цієї задачі є використання в АСКТП засобів неруйнівного контролю. Зокрема, при обробленні виробів з електропровідних матеріалів перспективним є інтегрування в АСКТП засобів вихрострумівого контролю (ВСК) та впровадження вихрострумівих матриць (ВСМ).

Використання засобів ВСК у структурі АСКТП дозволяє перетворювати неелектричні параметри, які характеризують стан об'єкту керування, в електричні сигнали, що є важливим для ефективного керування технологічними процесами. Перспективи застосування ВСК в системах керування суттєво розширені у зв'язку зі створенням та використанням ВСМ, які завдяки автоматизації процесів ВСК здатні суттєво підвищити ефективність роботи АСКТП, зокрема у процесах хімічного фрезерування. ВСМ дозволяють контролювати більші ділянки поверхні виробів та збільшити обсяг інформації про товщину виробів під час травлення, що сприяє підвищенню ефективності цього процесу.

Автоматизація ВСК із застосуванням ВСМ у АСКТП є актуальним завданням для промислових підприємств, що виготовляють вироби з електропровідних матеріалів. Основні напрямки інтеграції ВСК в АСКТП включають розробку спеціалізованих автоматичних засобів ВСК, впровадження ВСМ як сенсорів параметрів керування, інтеграцію з системами штучного інтелекту для аналізу отриманих даних, розробку алгоритмів автоматичного виявлення та класифікації неоднорідностей у об'єктах керування, вдосконалення інтерфейсів користувача.

Питання інтеграції автоматизованих систем ВСК в АСКТП залишаються мало дослідженими. Незважаючи на досягнення у сфері ВСК, теорія ВСМ для неруйнівного контролю в при керуванні технологічними процесами потребує

подальшого розвитку. Необхідно розробити завершені математичні моделі сигналів ВСК, що дозволять ефективно аналізувати та визначати їх параметри. Це протиріччя між високими інформаційними можливостями ВСК та обмеженими можливостями традиційних методів опрацювання їх інформаційних сигналів вимагає створення більш досконалих підходів до використання методів ВСК в АСКТП.

Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни.

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження полягає в наступному:

1. Вперше запропоновано багатовимірну модель сигналів вихрострумової матриці при гармонічному збудженні її елементів, що враховує неідентичності 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 вихрострумowego 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.

Наукові положення в дисертаційній роботі є достатньо обґрунтованими, а отримані результати узгоджуються з відомими науковими даними та є їх подальшим розвитком. Для дослідження використано апробовані методи, а зроблені припущення та спрощення є коректними та обґрунтованими. Достовірність отриманих результатів підтверджується комп'ютерним моделюванням, лабораторними випробуваннями, а також експериментальними дослідженнями двоконтурної системи керування процесом хімічного фрезерування виробів з алюмінієвих сплавів.

Наукові дослідження були виконані здобувачем на кафедрі автоматизації та систем неруйнівного контролю КПІ ім. Ігоря Сікорського відповідно до Постанови Кабінету Міністрів України № 942 від 07.09.2011 «Про

затвердження переліку пріоритетних тематичних напрямків наукових досліджень і науково-технічних розробок на період до 2023 року» під керівництвом професора кафедри автоматизації та систем неруйнівного контролю КПІ ім. Ігоря Сікорського, доктора технічних наук, професора Куца Юрія Васильовича.

Отже, в дисертаційній роботі повністю виконано поставлене наукове завдання автоматизованого керування технологічним процесом хімічного фрезерування з використанням матричних вихрострумівих перетворювачів. Здобувачем розроблено та впроваджено інноваційні підходи до контролю та керування параметрами процесу, що дозволяють підвищити точність і ефективність хімічного фрезерування. Достовірність та надійність отриманих результатів досліджень забезпечується використанням сучасних методів досліджень із залученням інформаційно-цифрових технологій, математичного апарату із застосуванням методик, визнаних у науковій спільноті. Результати виконаних досліджень підтверджуються у повному обсязі списком праць здобувача. Таким чином, наукове завдання, поставлене у дисертаційній роботі, повністю виконано, а здобувач оволодів методологією наукової діяльності, що підтверджується отриманими результатами та їх практичною значущістю.

Достовірність отриманих наукових результатів підтверджена експериментальними дослідженнями та практичними випробуваннями. Здобувач повною мірою оволодів методологією наукової діяльності та успішно застосував її для вирішення актуальних завдань у сфері автоматизованого керування технологічними процесами.

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.

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

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, структури та обсягу дисертаційної роботи.

У першому розділі дисертаційної роботи представлено огляд стану проблеми та обґрунтовано напрямок 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 вирішення даної задачі. Проведено аналіз попередніх робіт за темою дослідження та обґрунтовано мету і завдання даних напрямів 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 автоматизованого 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 контрольованими 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 вихрострумового 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 структурне 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 результати удосконалення технології 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 ВСК в САК процесу ХФ. Експериментальні дослідження підтвердили ефективність запропонованого підходу до нормалізації сигналів і дозволили підвищити точність вимірювання товщини виробу. Результати цих досліджень узгоджуються з теоретичними прогнозами і модельними експериментами, представленими в попередніх розділах. Отримані наукові результати цього розділу були опубліковані в ряді наукових робіт.

У п'ятому розділі дисертаційної роботи розглянуті питання впровадження 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 товщини від заданих значень, що дозволяє забезпечити виробництво високоякісної продукції та зменшити виробничі втрати. Розглянуто економічні аспекти впровадження системи, зокрема, оцінено зменшення витрат на матеріали та підвищення ефективності використання виробничих ресурсів. У цьому розділі також висвітлено екологічні аспекти використання нової системи керування, зокрема зменшення шкідливих викидів та оптимізація використання хімічних реагентів.

У додатках подані акти впровадження результатів дисертаційної роботи, а також код програмного забезпечення засобу ВСК.

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

Зміст дисертаційної роботи свідчить про дотримання здобувачем принципів академічної доброчесності. Використані ідеї, результати і тексти інших авторів мають посилання на відповідні джерела, що підтверджує коректне використання наукових даних та дотримання вимог щодо цитування.

Розглянувши звіт подібності за результатами перевірки дисертаційної роботи на текстові співпадіння, можна зробити висновок, що дисертаційна робота Левченка Олександра Едуардовича 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 українською мовою. Матеріал дисертаційного дослідження викладено науковою мовою, послідовно, чітко та логічно, висновки за розділами та загальні висновки дисертації містять якісні і кількісні наукові та практичні результати. Стиль викладу науковий, з використанням загальноприйнятих технічних термінів. Стиль представлення матеріалів досліджень, наукових положень і висновків забезпечує легкість та доступність сприйняття інформації. Однак, у роботі зустрічаються орфографічні помилки та одруки (стор. 71, 115, 152 та ін.).

Використання загальноприйнятої термінології у тексті дисертації є коректним.

В цілому, робота оформлена відповідно до вимог наказу МОН України № 40 від 12.01.2017 р. «Про затвердження вимог до оформлення дисертації», виклад матеріалу розкриває тему дослідження та надає відповіді на сформульовані завдання.

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 стаття у періодичному науковому виданні, проіндексованому у базі даних Scopus, віднесеному до першого – третього квартилів (Q1-Q3) відповідно до класифікації SCImago Journal and Country Rank.

Також результати дисертації були апробовані на 4 наукових фахових конференціях.

Науковий рівень публікацій є достатньо високим, про що свідчить наявність наукової статті у виданні, що індексується у базі даних Scopus. Автором дотримано принципів академічної доброчесності в наукових публікаціях та чітко визначено особистий внесок у публікаціях, опублікованих у співавторстві.

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

Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи.

1. В роботі не обґрунтований вибір параметрів вихроострумів перетворювачів (розміри, кількість витків) для конкретних умов процесу хімічного фрезерування, перш за все, зміни товщини контрольованого виробу.

2. Не обґрунтований вибір частоти збудження вихроострумів матриць і не визначено, як частота збудження впливає на їх чутливість.

3. Недостатньо повно визначені переваги запропонованого підходу до керування процесом хімічного фрезерування у порівнянні з існуючими.

4. Не наведені результати експериментальних досліджень похибки вимірювання товщини контрольованих виробів вихроострумовими матрицями з урахуванням нормалізації комплексних коефіцієнтів передачі каналів.

5. В роботі бажано було би привести більш повний аналіз похибок вимірювання поточної товщини контрольованих виробів у процесі їх хімічного фрезерування.

6. Відсутній аналіз можливості герметизації вихроострумів перетворювачів для тривалої роботи в агресивному середовищі травильного розчину.

7. Травильний розчин уявляє собою електропровідне середовище. Як враховується його вплив на формування сигналів вихроострумів перетворювачів?

8. В підсистемі керування температурою травильного розчину не наведений закон керування та не обґрунтовано, чим обумовлений його вибір.

Однак, ці зауваження не є визначальними і не зменшують загальну наукову новизну та практичну значимість результатів дисертаційної роботи Левченка О.А. та не впливають на її загальну позитивну оцінку.

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 вихроострумів 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 суттєве значення для застосування автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій у технологічних процесах. Дисертаційна робота за актуальністю, науковою новизною та практичною цінністю 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».

Рецензент:

професор кафедри
інформаційно-вимірювальних технологій
Національного технічного університету
України «Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського»,
доктор технічних наук, професор



«14» 08 2024 року

Підпис гр. Валерій ЗДОРЕНКО	
ЗАСВІДЧУЮ	
Відділ кадрів	
	(Мекмоль)
підпис	пр-ще