

РЕЦЕНЗІЯ

на дисертаційну роботу **Вакарчук Анастасії Борисівни**
на тему «**Аналіз впливу динаміки числових методів на характеристики
електромеханічних систем з цифровим керуванням**»,
подану до захисту в разову спеціалізовану вчену раду
Національного університету «Львівська політехніка»
Міністерства освіти і науки України
на здобуття наукового ступеня доктора філософії
з галузі знань 14 «Електрична інженерія»
за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Актуальність теми дисертації. Під час моделювання складних електротехнічних систем застосування підходу до розв'язування звичайних диференціальних рівнянь з використанням відомих числових методів і записом диференціальних рівнянь у формі Коші доволі часто пов'язане з проблемами накопичення похибок при зростанні часу розрахунку та числовою стійкістю. Використання класичних числових методів у таких випадках виявляється часто неефективним, навіть на задачах низького порядку.

В останні роки зросли вимоги до програмного забезпечення: значно більші розмірності математичних моделей, більша кількість об'єктів у досліджуваних системах, наприклад, у зв'язку з бурхливим розвитком інтелектуальних електротехнічних систем. Забезпечення адекватності моделювання вимагає розуміння обмежень застосовності традиційних методів моделювання. Дослідження впливу числових методів розв'язування звичайних диференціальних рівнянь на розрахунки динаміки електротехнічних систем у літературних джерелах практично не зустрічаються через описану різними авторами проблему використання стратегій автоматичного кроку розв'язування, які відчутно покращують процес числового інтегрування. Проте у випадку розв'язування задач динаміки з фіксованим кроком (наприклад, системи з моделями реального часу) ця проблема залишається малодослідженою.

У зв'язку з цим дисертаційна робота Вакарчук А. Б. присвячена аналізу впливу характеристик числових методів на динаміку електромеханічних систем з цифровим керуванням, а також вдосконаленню формул числового інтегрування для розв'язування задач динаміки електротехнічних систем є актуальною.

Зв'язок теми дисертації з науковими програмами, планами і темами. Тема дисертаційної роботи відповідає науковому напрямку досліджень, передбачених Державною науково-технічною програмою "Енергоефективні та ресурсозберігаючі технології генерування, перетворення та використання

енергії", а також напрямам наукових досліджень кафедр електромехатроніки та комп'ютеризованих електромеханічних систем ("Створення спеціальних мікропроцесорних і комп'ютерних систем керування"), та теоретичної і загальної електротехніки ("Математичне моделювання динамічних процесів в електротехнічних та електронних колах і системах") Національного університету "Львівська політехніка.

Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни. Результати наукових досліджень, виконаних Вакарчук А.Б., мають ознаки наукової новизни. Дисертанткою розвинуто теорію моделювання електромеханічних систем з використанням числових методів як складових елементів цифрових систем керування та комп'ютерних моделей реального часу. Окрім цього:

- застосовано метод нулів/полюсів для створення цифрових моделей дискретних систем або їх елементів;
- показано неефективність використання числових методів високих порядків для цифрових моделей реального часу;
- вперше для аналізу впливу числових інтеграторів на електромеханічні системи реального часу було застосовано метод відображення нулів/полюсів. Це дозволило отримати рекурентні рівняння, та дослідити їх на стійкість до різних кроків дискретизації.

Достовірність отриманих наукових результатів підтверджується відповідністю результатів аналітичних розрахунків, імітаційного моделювання та експериментальних досліджень.

Таким чином, можна стверджувати, що поставлені у роботі завдання аналізу властивостей числових методів, їх відповідності для використання у комп'ютерному моделюванні та впливу на динаміку електротехнічної системи виконано повністю, а здобувачка оволоділа методами теоретичних досліджень та імітаційного моделювання електромеханічних систем.

Повнота оприлюднення результатів дисертаційної роботи. Основні результати дисертації опубліковано у одній колективній монографії за кордоном, а також 9 друкованих працях, з них 3 у наукових фахових виданнях України, в тому числі 1 статті у виданнях, що включені до наукометричної бази Scopus; 6 матеріалів конференцій, з яких 2 - у виданнях, що включені до наукометричної бази даних Scopus. Основні результати дисертації представлено й обговорено на п'яти міжнародних конференціях.

Публікації та їх зміст відповідають темі дисертації та в повній мірі відображають зміст дисертаційної роботи, що підтверджується посиланнями в її тексті. Практичні результати і висновки підтверджують отримані результати досліджень.

Короткий аналіз структури та змісту дисертаційної роботи.

Дисертаційна робота представлена загальним обсягом 146 сторінки з основною частиною 115 сторінок, і складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, анотації та списку використаних джерел з 83 найменувань, 4 додатків на 19 сторінках, містить 59 рисунків і 3 таблиці.

Дисертаційна робота оформлена відповідно до вимог наказу МОН України від 12 січня 2017 р. № 40 “Про затвердження вимог до оформлення дисертації”. Текст дисертації подано логічно та відповідно до послідовності виконаних досліджень, стиль викладу – системний і доказовий. У цілому, дисертація є завершеною науковою роботою, що відповідає паспорту спеціальності 141 “Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка”.

Зауваження та дискусійні положення щодо змісту дисертації.

1. У роботі доцільно було б навести чітку класифікацію та провести систематизацію числових методів, які застосовуються для моделювання електромеханічних систем та їх складових;
2. Слід коректніше формулювати висновки щодо використання різних числових методів для розв’язування задач моделювання електромеханічних систем чи створення цифрових моделей в складі систем керування, та конкретизувати область їх застосування;
3. Варто конкретизувати за якими характеристиками оцінюється динаміка числового методу та її вплив на характеристики електромеханічних систем з цифровим керуванням;
4. Відсутній аналіз поведінки розглянутих методів для динамічних ланок вищих порядків;

Слід зауважити, що зазначені зауваження не знижують загальної позитивної оцінки дисертаційної роботи.

Висновок.

Дисертаційна робота здобувача ступеня доктора філософії Вакарчук А. Б. «Аналіз впливу динаміки числових методів на характеристики електромеханічних систем з цифровим керуванням» є завершеним науковим дослідженням, у якому обґрунтованість наукових положень і висновків, а також достовірність одержаних у роботі результатів не викликають сумніву. За своїм змістом, структурою, науковою новизною та практичним значенням робота є закінченим науковим дослідженням, сукупність теоретичних та практичних результатів якого розв’язує наукове завдання, що має істотне значення для галузі знань 14 “Електрична інженерія”.

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 року №44, зі змінами згідно із постановою Кабінету Міністрів від 21 березня 2022 р. № 9341.

Авторка роботи, ВАКАРЧУК Анастасія Борисівна, заслуговує на присудження їй наукового ступеня доктора філософії у галузі знань 14 «Електрична інженерія» за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

Рецензент,
доктор технічних наук, професор кафедри
електромехатроніки та комп'ютеризованих
електромеханічних систем
Національного університету
«Львівська політехніка»



Андрій КУЦИК

Підпис д.т.н., професора Куцика А.С. засвідчую

Вчений секретар
Національного університету
«Львівська політехніка»



Роман БРИЛИНСЬКИЙ