

РЕЦЕНЗІЯ

на дисертаційну роботу

Кузика Ростислава-Івана Валерійовича

«Синтез енергоформуючого керування електротехнічними комплексами
із застосуванням декомпозиції»,

представленої на здобуття наукового ступеня доктора філософії

в галузі знань 14 «Електрична інженерія»

за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Актуальність теми дисертації. Однією із переваг керування на основі пасивності є забезпечення асимптотичної стійкості синтезованої системи керування. У багатьох роботах відображено доцільність їх застосування для багатьох електротехнічних комплексів, зокрема, у сферах відновлюваної енергетики та електромобільності. Теорія синтезу систем керування на основі енергетичних підходів для таких систем є вже достатньо розвинутою, однак, подальший розвиток вимагає їх застосування до систем досить складної структури, що призводить до підвищення розмірності їх математичних моделей. Складність задачі синтезу системи керування при цьому також підвищується. Тематика дисертаційної роботи, присвяченої застосуванню декомпозиції для таких багатокомпонентних систем дозволяє спростити задачу структурного синтезу і є, відповідно, актуальною.

Зв'язок теми дисертації з науковими програмами, планами і темами.

Тема дисертаційної роботи відповідає науковому напрямку кафедри електромехатроніки та комп'ютеризованих електромеханічних систем Національного університету «Львівська політехніка» «Створення спеціальних мікропроцесорних і комп'ютерних систем керування». Дослідження проводились відповідно до наукового напрямку досліджень, передбачених Державною науково-технічною програмою «Енергоефективні та ресурсозберігаючі технології генерування, перетворення та використання енергії».

Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни.

Результати дисертаційного дослідження мають ознаки наукової новизни. Зокрема, використання методів декомпозиції дозволило спростити задачу структурного синтезу на прикладі складних електротехнічних систем, що є розвитком теорії керування на основі енергетичних підходів.

Застосування структурної декомпозиції до енергогенеруючої системи з відновлюваними джерелами енергії дозволило синтезувати системи керування для кожної із систем, на які структурно декомпоновано загальну систему, забезпечивши при цьому приблизно такі ж показники якості, що і при синтезі системи керування для повної системи при зменшенні складності задачі синтезу.

Застосування режимної декомпозиції до системи тягового електроприводу постійного струму із Zeta-SEPIC DC-DC перетворювачем дало змогу забезпечити вимоги до динаміки системи у різних режимах роботи електроприводу.

Достовірність одержаних наукових результатів підтверджується даними розрахунків, результатів імітаційного моделювання у середовищі Simulink та експериментальних досліджень.

Таким чином, можна стверджувати, що поставлене в дисертаційній роботі наукове завдання розвитку теорії енергоформуючого керування на основі застосування декомпозиції вирішено повністю, а здобувач оволодів методологією наукової діяльності.

Повнота оприлюднення результатів дисертаційної роботи.

Основні результати дисертаційного дослідження повністю відображені у 9 наукових публікаціях, з яких 3 статті у наукових фахових виданнях України та 1 стаття у закордонному науковому періодичному виданні, що входить до міжнародної наукометричної бази Scopus; та 5 матеріалах міжнародних наукових конференцій. Також результати дисертації були апробовані на 5 наукових фахових конференціях.

Публікації та їх зміст відповідають темі дисертації, у повній мірі відображають її наукові положення, практичні результати і висновки, підтверджують оприлюднення всіх результатів досліджень.

Короткий аналіз структури та змісту дисертаційної роботи.

Дисертаційна робота за змістом складається зі вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел із 121 найменувань та додатків. Повний обсяг роботи становить 198 сторінок (з основною частиною 161 сторіка), містить 71 рисунок і 10 таблиць.

Загальна характеристика роботи.

У *першому розділі* «Аналіз вирішення задачі синтезу систем енергоформуєчого керування електротехнічними комплексами» за результатами огляду літературних джерел сформульовано основні завдання дисертаційного дослідження.

У *другому розділі* «Розроблення способів декомпозиції складних порт-Гамільтонових систем з метою синтезу систем енергоформуєчого керування» проаналізовано можливі способи декомпозиції порт-Гамільтонових систем та наведено приклади їх застосування у електротехнічних комплексах.

У *третьому розділі* «Синтез системи енергоформуєчого керування автономним електрогенеруючим комплексом із застосуванням структурної декомпозиції» та у *четвертому розділі* «Синтез системи енергоформуєчого керування електропривода транспортного засобу із застосуванням режимної декомпозиції» наведено приклади синтезу систем керування для двох практичних застосувань у галузі відновлюваної енергетики та електромобільності з застосуванням, відповідно, структурної та режимної декомпозиції.

У *п'ятому розділі* «Експериментальні дослідження системи електроприводу із Zeta-SEPIC DC-DC перетворювачем» сформульовані теоретичні положення та синтезовану систему керування верифіковано із застосуванням розробленого експериментального стенду.

У *висновках* підсумовуються основні наукові результати роботи.

Дисертаційна робота за структурою, мовою та стилем викладення відповідає вимогам МОН України, є завершеною науковою роботою, що відповідає паспорту спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

Відсутність (наявність) порушення академічної доброчесності.

Рукопис містить результати власних досліджень Ростислава-Івана КУЗИКА. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають покликання на відповідне джерело. Елементи фальсифікації чи фабрикації тексту в роботі відсутні.

Зауваження та дискусійні положення щодо змісту дисертації.

При поясненні синтезу системи енергоформуючого керування нерозкритими залишаються такі питання:

1. Процес структурного і параметричного синтезу системи енергоформуючого керування, наскільки це було висвітлено у роботі, характеризується значною суб'єктивністю на кожному із етапів, що буде пояснено нижче. Загалом, за відсутності уніфікованої процедури керування постає питання, наскільки коректним є порівняння показників якості для повної і декомпонованої системи.

2. При структурному синтезі у таблицях наведено результати при виборі одного із коефіцієнтів j_{ik} матриці \mathbf{J} (двох елементів матриці, враховуючи її симетрію), а також при виборі одного із коефіцієнтів матриці \mathbf{R} . Не було пояснено випадку сумісного використання кількох коефіцієнтів та не вказано, як це обмежуватиме можливості реалізації завдань керування. І загалом, вибір конкретного вигляду цих матриць є не цілком зрозумілим.

Для прикладу, на с. 95 вказано: «Наприклад, взаємозв'язок j_{37} показав позитивний результат у зниженні статичної похибки v_{bus} , але призвів до коливань у динамічних процесах. Тому, щоб компенсувати цей негативний вплив, додатково введено демпфування r_{33} ». У цьому випадку було б доцільно детальніше пояснити таке твердження, зокрема, пояснити, чому для компенсації вибрано саме цей елемент матриці \mathbf{R} .

3. При наведенні структур формувачів керуючих впливів у таблицях 3.2, 3.3, 4.1 – 4.6 зустрічаються формулювання «базова структура», «складна структура», «має складну реалізацію» і «немає реалізації», «не дає розв'язку», які варто було б пояснити.

4. Результати параметричного синтезу наведено, наприклад, у такій формі: «Коефіцієнти у виразах (3.74) – (3.77) було отримано такими...» (с. 96). При цьому не пояснено, як отримано такі числові значення.

5. При описі результатів структурного синтезу вживаються фрази «...отримано наступні найбільш ефективні структури ФКВ...» (с. 95), для яких не пояснено, за якими критеріями вони є найбільш ефективними.

6. Використана у розділі 4 методика представлення порт-Гамільтонової системи відрізняється від традиційної вибором іншої пари змінних, при цьому змінюються форми представлення Гамільтоніана (4.6) та вектора його часткових похідних (4.7), зокрема, у відповідних формулах використовується матриця \mathbf{D} замість матриці \mathbf{D}^{-1} . Тому для такого представлення доцільно вживати термін «квазі-порт-Гамільтонівське», «псевдо-порт-Гамільтонівське», тощо.

7. При огляді різних підходів до керування порт-Гамільтонівськими системами автор наводить назви цих підходів українською із наведенням англійського відповідника, що є цілком коректним, оскільки практично вся література за цією тематикою є англомовною. При цьому, на с. 39 поняттю «енергоформуєче керування» поставлено у відповідність «passivity-based control», що не є цілком коректним.

8. Рецензент розглядає терміни «DC напруга», «DC мережа», «мережа DC-bus» як професійний жаргон і не погоджується із доцільністю їх вживання у роботі.

Слід зазначити, що зазначені зауваження не применшують отриманий науковий результат і не знижують загальної позитивної оцінки роботи.

Висновок.

Дисертаційна робота здобувача ступеня доктора філософії Ростислава Івана КУЗИКА «Синтез енергоформуєчого керування електротехнічними комплексами із застосуванням декомпозиції» 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, обсягом, 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 рішень разової спеціалізованої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. №44 зі змінами згідно із постановою Кабінету Міністрів від 21 березня 2022 р. №9341.

Автор роботи, Кузик Ростислав-Іван Валерійович, заслуговує на присудження йому наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

Рецензент, кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри електромехатроніки
та комп'ютеризованих електромеханічних систем
Національного університету

«Львівська політехніка»

Олексій КУЗНЕЦОВ

Підпис к.т.н., доцента Олексія КУЗНЕЦОВА засвідчую

Вчений секретар
Національного університету
«Львівська політехніка»



Роман БРИЛИНСЬКИЙ