

РЕЦЕНЗІЯ

на дисертаційну роботу
Кутафіна Юрія Володимировича
на тему «Способи керування паралельним фільтром в системі координат
методу двох ватметрів»,
представлену на здобуття наукового ступеня доктора філософії
в галузі знань 17 – Електроніка та телекомунікації
за спеціальністю 171 – Електроніка

Актуальність теми дисертації.

Аналіз відомих методів та способів керування енергетичними процесами в багатофазних системах живлення за допомогою паралельних активних фільтрів (ПАФ) свідчить, що компенсація струмів небажаних складових миттєвої та інтегральної потужностей здійснюється за ускладненими обчислювальними алгоритмами, що призводить до зростання часу та похибки обчислень. Тому обраний дисертантом напрям зменшення кількості вимірюваних та оброблюваних змінних для активної фільтрації трифазної системи живлення шляхом переходу в систему координат методу двох ватметрів (СКМДВ) є обґрунтованим та перспективним.

Отже, тема дисертаційної роботи Кутафіна Юрія Володимировича, що присвячена оптимізації керування енергетичними процесами в багатофазних системах живлення за допомогою паралельних активних фільтрів, є актуальною науково-технічною задачею.

Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни.

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження полягає в наступному:

1. Набула подальшого розвитку теорія потужності трифазних трипровідних систем електроживлення шляхом визначення в СКМДВ таких її базових понять як миттєві активний та неактивний струми, неактивна миттєва потужність, активний інтегральний струм, що закладають теоретичні засади енергоефективної паралельної активної фільтрації в зазначеній системі координат.

2. Запропоновано чотири нові способи керування ПАФ в системі координат методу двох ватметрів, оптимальних за наступними критеріями: мінімальна миттєва або інтегральна потужність втрат в лінії передачі, відсутність пульсацій миттєвої потужності трифазного джерела, максимальний енергозберігаючий ефект в лінії передачі при дотриманні симетрії та синусоїдальності споживаних струмів в умовах несиметрії джерела та навантаження.

3. Вперше встановлено в СКМДВ залежності повної потужності, активного струму та мінімальної потужності втрат в лінії передачі трифазної трипровідної системи живлення від співвідношення опорів лінії передачі, що дозволило адаптувати спосіб енергоефективного керування ПАФ до врахування цих залежностей з забезпеченням близького до одиниці значення коефіцієнта потужності.

4. Вперше визначений та верифікований віртуальним експериментом коригувальний коефіцієнт для формули повної потужності трифазної трипровідної системи електроживлення за наявності обмежень на симетричну синусоїдну форму споживаних струмів, значення якого може бути використане для прогнозування максимального теплового навантаження лінії передачі з дотриманням існуючих вимог на якість електричної енергії в точках загального підключення.

5. Вперше запропоновано ідентифікувати потужність небалансу трифазної трипровідної системи електроживлення двома окремими ортогональними складовими та встановлено інтегральні формули їх визначення, що можуть бути використані для активної фільтрації відповідних струмів.

6. Запропоновано новий спосіб керування ПАФ в СКМДВ, призначений для вибіркової компенсації неактивних потужностей трифазної трипровідної системи живлення, вимірюваних шляхом обробки за встановленими формулами показань чотирьох ватметрів.

Обґрунтованість результатів дисертаційного дослідження забезпечена застосуванням здобувачем даних, отриманих із літературних джерел, аналізом сучасного стану та перспектив розвитку методів та способів

керування енергетичними процесами в багатофазних системах живлення за допомогою паралельних активних фільтрів.

Достовірність обраних методів розв'язку сформульованих у дисертаційній роботі задач підтверджується збігом теоретичних результатів із результатами експериментальних досліджень, коректним застосуванням математичного апарату та методів аналітичного та комп'ютерного моделювання.

Наукові дослідження були виконані здобувачем на кафедрі акустичних та мультимедійних електронних систем Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» відповідно до цільової програми наукових досліджень НАН України «Інтелектуальна екологічно безпечна енергетика з традиційними та відновлюваними джерелами енергії» («Нова енергетика») на 2019-2021 роки у рамках ініціативних НДР «Комп'ютерне моделювання засобів підвищення енергоефективності процесів електроспоживання в багатофазних системах живлення» (номер державної реєстрації № ДР 0118U002263), «Комп'ютерне моделювання методів керування напівпровідниковими перетворювачами у складі відновлювальних джерел електроенергії інтелектуальної енергетичної мережі» (№ держреєстрації: 0120U000420). під керівництвом професора кафедри акустичних та мультимедійних електронних систем, доктора технічних наук Артеменко Михайла Юхимовича.

Отже, в дисертаційній роботі поставлене наукове завдання пошуку шляхів оптимізації керування енергетичними процесами в багатофазних системах живлення за допомогою паралельних активних фільтрів 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 Кутафіна Ю.В. повністю відповідає Стандарту вищої освіти зі спеціальності 171 Електроніка

та напрямкам досліджень відповідно до освітньої програми «Акустичні електронні системи та технології обробки акустичної інформації».

Дисертаційна робота є завершеною науковою працею і свідчить про наявність особистого внеску здобувача у науковий напрям «Електроніка та телекомунікації».

Розглянувши звіт подібності за результатами перевірки дисертаційної роботи на текстові співпадіння, можна зробити висновок, що дисертаційна робота Кутафіна Ю.В. 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 загальноприйнятною науковою мовою із використанням сучасної наукової термінології. Зміст дисертації є достатньо виваженим та цілісним, робота відповідає темі досліджень, оформлення дисертаційної роботи відповідає встановленим вимогам.

Дисертація складається з вступу, чотирьох розділів, висновків, списку літератури із 125 найменувань. Загальний обсяг дисертації 172 сторінок.

У вступі обґрунтовано актуальність дисертаційної роботи, сформульовано мету та перераховано задачі дослідження, описано методи дослідження, надано інформацію про наукову новизну та практичне значення одержаних результатів. Надано інформацію про висвітлення результатів роботи в періодичних наукових виданнях та про апробацію на наукових конференціях та семінарах. Показано зв'язок отриманих результатів з планами застосування у освітньому процесі, а також особистий внесок дисертанта.

У першому розділі виконано аналіз способів керування паралельними активними фільтрами трифазної трипровідної системи живлення, що покращують якість електроенергії за декількома показниками, основними з яких є коефіцієнт потужності та коефіцієнт загальних гармонічних спотворень

струму. Зазвичай компенсація струмів небажаних складових потужності здійснюється за ускладненими обчислювальними алгоритмами з неодноразовим матричним перетвореннями координат струму та напруги. Звідси випливає задача розробки способів керування паралельними ПАФ в перспективній СКМДВ, що дозволяє зменшити кількість сенсорів та імпульсних регуляторів та не потребує матричних перетворень координат і організації точки штучного заземлення для вимірювання напруг. Показано, що силова частина ПАФ з керуванням в СКМДВ може бути побудована на основі інвертора за двофазною напівмостовою схемою, а формувач імпульсів керування транзисторами може бути виконаний з індивідуальним гістерезисним регулювання струму кожної фази, що дозволить підвищити точність та гнучкість, а також урізноманітнити функціональність керування ПАФ.

У другому розділі визначені такі базові поняття теорії потужності трифазної трипровідної системи як миттєві активний та неактивний струми, неактивна миттєва потужність, активний інтегральний струм, що закладає теоретичні засади енергоефективної паралельної активної фільтрації з досягненням одиничних значень миттєвого чи інтегрального коефіцієнтів потужності. Запропоновано чотири способи керування ПАФ в СКМДВ, кожен з яких забезпечує екстремальне значення одного з параметрів якості споживаної електроенергії. Визначено мінімальні значення миттєвих та інтегральних потужностей втрат, що супроводжують кожен з чотирьох зазначених способів при передачі енергії з заданою величиною активної потужності. Запропоновано функціональну схему комбінованої системи керування ПАФ в СКМДВ, яка в залежності від умов використання реалізовує один з чотирьох способів активної фільтрації, оптимальних за обраними критеріями. Запропоновано методику та здійснено розрахунки енергозберігаючих ефектів від застосування інтегральних способів керування ПАФ. Встановлено перспективність запропонованого інтегрального способу керування активною фільтрацією в СКМДВ з опорним вектором, утвореним з симетричних складових лінійних напруг прямої послідовності чергування фаз. Встановлено залежність повної потужності, активного струму та

мінімальної потужності втрат в лінії передачі від співвідношення опорів лінії передачі, що дозволило адаптувати енергоефективний спосіб керування ПАФ в СКМДВ, який мінімізує потужність втрат трифазної трипровідної лінії передачі, до врахування цього фактора. Визначено коригувальний коефіцієнт формул повної потужності та виграшу за потужністю втрат за наявності обмежень на симетричну синусоїдну форму споживаних струмів, що може бути використаним для прогнозування максимального теплового навантаження трифазної трипровідної системи. Розроблено стратегію активної фільтрації в СКМДВ для підвищення якості електричної енергії в точках загального підключення.

В третьому розділі розглянуто запропоновану функціональну схему детектора прямої послідовності лінійних напруг, що застосовуються в СКМДВ, для можливості реалізації ПАФ способів формування синусоїдних симетричних споживаних струмів в умовах несиметрії джерела та навантаження трифазної трипровідної системи. Отримано інтегральні аналітичні вирази для визначення ортогональних складових потужності небалансу та встановлено зв'язок між неактивними складовими потужності та параметрами лінійного несиметричного навантаження. Показано можливість вдвічі зменшити кількість застосовуваних ватметрів порівняно з використанням неперетворюваних значень струмів і напруг. Встановлені інтегральні аналітичні вирази для визначення чотирьох скалярних потужностей трифазної трипровідної системи в СКМДВ, відповідно до яких також потрібно використовувати чотири ватметри, але без застосування матричних $\alpha\beta$ -перетворень струмів та напруг. Запропоновано новий спосіб керування ПАФ в СКМДВ, призначений для вибіркової компенсації неактивних потужностей трифазної трипровідної системи живлення.

В четвертому розділі дисертаційної роботи шляхом комп'ютерного моделювання перевірено та підтверджено ефективність модифікації способу компенсації неактивних струмів трифазної трипровідної залізничної електромережі в СКМДВ, що забезпечує одиничне значення інтегрального коефіцієнта потужності в умовах змінюваного двофазного навантаження. Аналогічним чином верифіковано дві енергоефективні стратегії активної

фільтрації в СКМДВ та підтверджено адекватність аналітичного виразу для коригувального коефіцієнта формул повної потужності та виграшу за потужністю втрат трифазної трипровідної системи. Підтверджено адекватність запропонованих формул визначення в СКМДВ чотирьох скалярних потужностей трифазної трипровідної системи за показаннями чотирьох ватметрів. Апробовано спосіб керування ПАФ в СКМДВ, призначений для вибіркової компенсації неактивних потужностей, шляхом побудови комп'ютерної моделі ПАФ з ланцюгом зворотного зв'язку для компенсації вимірних потужностей небалансу. Ефективність дії моделі підтверджено відсутністю пульсацій миттєвої потужності трифазного джерела при комутації активного навантаження однієї з фаз.

Анотація дисертації відображає її основні положення. У висновках сформульовано основні результати дисертаційної роботи.

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 12 публікаціях наукових робіт, у тому числі в 5 статтях у наукових періодичних фахових виданнях України, які включені до міжнародних наукометричних баз, з них 3 статті входить до наукометричної бази SCOPUS Q3; 7 тез доповідей у збірниках матеріалів конференцій (з них 5 публікацій входить до наукометричної бази SCOPUS).

Публікація результатів дисертаційних досліджень у рецензованих виданнях, які передбачають попередню перевірку на відсутність запозичень, є одним з елементів підтвердження відсутності порушень академічної доброчесності. Порушень академічної доброчесності у дисертаційній роботі не виявлено.

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

Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи.

Загалом дисертаційна робота Кутафіна Юрія Володимировича за своїм змістом відповідає зазначеній спеціальності 171 «Електроніка», однак стосовно даної роботи можна зробити певні зауваження, а саме:

1. Не співпадають переліки пунктів наукової новизни в Анотації та у Вступі дисертації.
2. Формулювання пунктів наукової новизни в Анотації надто громіздкі, що не сприяє сприйняттю змісту викладеного матеріалу.
3. В Анотації, в переліку нових результатів дисертаційного дослідження, зміст дев'ятого пункту погано узгоджується із поняттям наукової новизни.
4. В Розділі 1 вказано на принципову можливість спрощення алгоритму обчислень при керуванні паралельними активними фільтрами трифазної трипровідної системи живлення. Проте у висновках до Розділу 1 не вказано явним чином на доцільність кількісного аналізу ступеня підвищення швидкості та точності обчислень, спричиненого таким спрощенням.
5. Оглядовій частині Розділу 1 не дістає лаконічності, що призводить до враження про певне перевантаження цього розділу матеріалом.
6. В дисертації не надано кількісних оцінок ступеня підвищення швидкості та точності обчислень, виконаних за запропонованими спрощеними алгоритмами обчислень.
7. В Розділі 4 дисертації використано не дуже вдалій термін «віртуальний експеримент» стосовно експерименту, виконаного шляхом комп'ютерного моделювання.

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 Кутафіна Юрія Володимировича на тему «Способи керування паралельним фільтром в системі координат методу двох ватметрів» 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 галузі знань 17 – Електроніка та телекомунікації. 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 Кутафін Юрій Володимирович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 17 Електроніка та телекомунікації за спеціальністю 171 Електроніка.

Рецензент:

Професор кафедри акустичних та
мультимедійних електронних систем
Національного технічного університету України
«Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського»
доктор технічних наук,
професор

М.П.

«20» грудня 2023 року

