

ВІДГУК

офіційного опонента доктора технічних наук, старшого наукового співробітника Тугая Юрія Івановича на дисертаційну роботу Лисиченка Романа Миколайовича «Підвищення якості електричної енергії в розподільних мережах за рахунок удосконалення перетворювачів енергії», подану у спеціалізовану вчену раду К 64.050.06 при Національному технічному університеті «Харківський політехнічний інститут» на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю «05.14.02 – Електричні станції, мережі і системи»

Актуальність теми досліджень.

Електрична енергія товар, який використовується у всіх галузях національного господарства, але поняття якості електроенергії (ЯЕ) відрізняється від поняття якості інших видів продукції. Кожен споживач розрахований для нормальної роботи при певних характеристиках ЯЕ, що визначаються сукупністю показників тобто її профілем. Відхилення показників ЯЕ порушує оптимальні економічні режими роботи мереж та споживачів, що призводить до збільшення споживання і є прихованим підвищенням вартості електроенергії. Для контролю за ЯЕ, яка постачається споживачам, зараз в Україні використовують два стандарти: міждержавний ГОСТ 13109-97 та український ДСТУ EN 50160-2014 (згармонізований з міжнародними та європейськими нормативними документами). Невідповідність нормам показників ЯЕ призводить до зменшення термінів працездатності обладнання, втратам продукції і штрафним санкціям, а наслідки будуть відчутні, як у роботі розподільної мережі на різних ділянках так і безпосередньо у кінцевих споживачів.

Відомо, що в розподільних мережах переважну частку нелінійного навантаження становлять асинхронні двигуни, причому часто їх сумарна потужність становить величину порівняну із потужністю живлячої

трансформаторної підстанції в мережі. Враховуючи той факт, що сьогодні переважна більшість потужних двигунів мають інверторні системи керування, то питання виникнення та розповсюдження гармонійних складових в сучасній розподільній електричній мережі пов'язане головним чином саме із цим фактором.

Тому, теоретичні та практичні дослідження щодо покращення показників ЯЕ в розподільних мережах на основі розробки і удосконалення систем керування перетворювачів енергії для частотно-регульованих електроприводів робочих машин і механізмів, які виконувалися в роботі, є актуальними.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Про актуальність теми наукових досліджень дисертанта свідчить також зв'язок з відповідними цільовими та координаційними програмами.

В цілому робота виконувалась у відповідності до: Закону України «Про пріоритетні напрями розвитку науки і техніки», зокрема п.6 ст.7 «Новітні технології та ресурсозберігаючі технології в енергетиці, промисловості та агропромисловому комплексі»; Постанови Кабінету Міністрів України №556 від 23.08.2016 р. «Перелік пріоритетних напрямків наукових досліджень і науково-технічних розробок до 2020 р.» і відповідно, спрямованості тематики науково-дослідних робіт кафедри електропостачання та енергетичного менеджменту Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка, зокрема виконання науково-дослідної теми «Розробка методів та засобів підвищення ефективності управління режимами і транспортом електричної енергії в електричних мережах із застосуванням технології Smart Grid» (№ ДР 0118U003310) в якій здобувач був виконавцем окремих розділів.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, які сформульовані у дисертації.

В представленій до захисту дисертаційній роботі основними результатами досліджень автора є нові моделі та методи інтелектуального

керування перетворювачами в розподільних електричних мережах з метою зменшення кондуктивних завад. Обґрунтованість наукових положень, висновків та рекомендацій забезпечується коректними постановками завдань, використанням сучасного апробованого математичного апарату та адекватних математичних моделей. Методи, які використовує автор для побудови систем інтелектуального керування інверторними перетворювачами як об'єктами електричних мереж, є коректними, а їх використання в конкретних умовах – обґрунтованими і відповідають складності поставлених задач.

В дисертації отримані такі результати, що мають наукову новизну:

- вперше запропоновано метод оптимального керування спектральними характеристиками інверторів, який відрізняється від існуючих використанням в якості критерію оптимальності показника ЯЕ, що дозволило розробити засади для створення інверторів зі зменшеними спотвореннями форми напруги і струму;

- отримав подальший розвиток метод визначення джерел появи гармонічних складових в струмах розподільних електричних мереж від силових перетворювачів енергії, який, на відміну від відомих, дозволив реалізувати інноваційні спектральні методи збудження;

- отримала подальший розвиток математична модель спектрального збудження силових перетворювачів енергії, яка відрізняється врахуванням параметрів електричної мережі, що дозволяє отримати математично обґрунтовані спектрально-енергетичні залежності в електричній мережі.

Достовірність основних результатів досліджень підтверджується коректністю вихідних наукових положень та застосованого математичного апарату. Для розв'язання поставлених задач використовувались постулати та теореми теоретичної електротехніки, були також реалізовані методи математичного моделювання. Наукові положення, висновки та рекомендації є наслідком різнобічних наукових досліджень, виконаних автором при вирішенні технічної задачі щодо підвищення ефективності роботи

розподільних електричних мереж завдяки зниженню генерації вищих гармонічних складових перетворювачами частоти напруги за рахунок керування спектральними характеристиками інверторів. Достовірність основних результатів роботи підтверджена також експериментальними дослідженнями в лабораторних умовах та в діючій мережі.

Значення отриманих результатів для теорії і практики.

Дисертаційне дослідження включає сукупність теоретичних та практичних результатів, які полягають, зокрема, в розробці методів і технічних засобів щодо керування спектральними характеристика інвертора перетворювача частоти, які дозволяють підвищити ЯЕ в розподільних електромережах.

Проведені теоретичні дослідження процесу впливу характеристик елементів діапазонних збудників інвертора напруги дозволили створити структурну схему перетворювача частоти напруги з адаптивним керуванням (патент України на корисну модель № 113090) і і принципову електричну схему пристрою для коригування показників ЯЕ (патент України на винахід №101521), варіант схеми перетворювача частоти з покращеними характеристиками щодо генерування вищих гармонічних складових у мережу. Були також розроблені діючі макетні зразки запропонованих пристроїв і проведені їх випробування в реальних умовах виробництва та навчальному процесі, про що свідчать відповідні акти впровадження.

Завершеність, стиль викладання, публікації.

Текст дисертаційної роботи за своєю структурою та змістом відповідає вимогам МОН України. Робота побудована логічно: представлено аналіз останніх науково-технічних досягнень в частині сучасних методів і засобів визначення показників ЯЕ; проведено аналіз схемних рішень перетворювачів енергії і засобів керування їх параметрами з умови дотримання відповідних параметрів ЯЕ; здійснено теоретичні дослідження щодо визначення впливу характеристик елементів діапазонних збудників інвертора напруги на їх спектральні характеристики; запропоновано технічні рішення конструкції перетворювачів енергії з покращеними параметрами; виконане техніко-

економічне обґрунтування ефективності застосування запропонованої динамічної фільтрації.

Текст роботи складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та трьох додатків.

У вступі висвітлено актуальність теми дисертаційних досліджень, їх зв'язок з державними та галузевими програмами і планами науково-дослідних робіт, сформульовані об'єкт і предмет дослідження, показана наукова новизна і практична цінність отриманих результатів, вказано особистий внесок автора та апробація результатів досліджень.

У першому розділі, на основі детального аналізу науково-технічної літератури та нормативних документів, визначено вимоги до показників ЯЕ в розподільних мережах. Також, завдяки проведеним вимірюванням показників ЯЕ в реальних умовах виробництва, визначені джерела генерації вищих гармонічних складових, сформульовано мету і задачі дослідження.

У другому розділі проведено аналіз заходів щодо підвищення параметрів ЯЕ в розподільних мережах при застосуванні перетворювачів енергії, а саме: досліджено структурні схеми побудови напівпровідникових перетворювачів енергії (дворівневі та багаторівневі інвертори напруги), визначні засоби керування перетворювачами енергії за умови дотримання показників ЯЕ.

У третьому розділі, на основі проведеного теоретичного дослідження процесу впливу характеристик елементів діапазонних збудників інвертора напруги на їх спектральні характеристики, вибрано схему діапазонного збудника інвертора, визначено вплив нелінійності системи фазової синхронізації інверторів напруги на їх спектральні характеристики, визначені вимоги до інверторів напруги перетворювачів частоти напруги. Розроблена методика розрахунку густини щільності потужності фазових флуктацій і вихідного сигналу перетворювача частоти напруги, обґрунтовано структурну схему збудника інвертора, яка побудована на основі однопетльового цифрового синтезатора частоти з подільником частоти в колі зворотного

зв'язку, розроблено алгоритм моделювання роботи вузлів підключення інвертора напруги до електричної мережі, розроблено варіанти схеми перетворювача частоти з покращеними параметрами.

У четвертому розділі, виконано техніко-економічне обґрунтування впровадження запропонованого технічного рішення, а саме: визначено структуру імовірних збитків в мережі живлення споживачів при відхиленні показників ЯЕ, порівняно інвестиційну привабливість запропонованого методу керування спектральними характеристиками перетворювача енергії з різними типами фільтрів вищих гармонічних складових.

Структура дисертації, послідовність викладення матеріалу та його обсяг відповідають встановленим вимогам. Дисертація написана в зрозумілій, доступній формі. Стиль викладення матеріалу логічний, основні положення достатньо аргументовані, в тому числі посиленнями на літературні джерела. Висновки до розділів та за результатами роботи сформульовані достатньо чітко і повно та відповідають змісту дисертаційної роботи. Загальні висновки по дисертації є коректними та відображають наукові й практичні результати, отримані автором самостійно. В цілому можна зробити висновок про завершеність даної дисертаційної роботи. Вони в достатній мірі апробовані у доповідях на наукових конференціях.

Список використаних джерел достатньо повний і охоплює сучасні вітчизняні та зарубіжні публікації з 251 найменування.

У авторефераті достатньо повно розкрито внесок дисертанта в даний науковий напрям, показані: новизна розробок, теоретичне і практичне значення результатів проведених досліджень. Наведені всі основні положення дисертації, а структура, об'єм та зміст автореферату відповідають встановленим вимогам.

Повнота викладу результатів дисертаційної роботи в опублікованих працях.

Основні результати наукових досліджень по темі дисертаційної роботи достатньо повно висвітлені в наукових фахових виданнях. Всього

опубліковано 22 наукові праці, з яких: 1 – монографія, 7 статей у фахових виданнях, 2 статті у закордонних виданнях, що індексуються у міжнародних базах даних Scopus, 10 збірників матеріалів Міжнародних науково-практичних конференцій, 1 патент України на винахід, 1 патент України на корисну модель.

По змісту та оформленню дисертаційної роботи можна зробити наступні зауваження:

1. Слід відзначити, що нормування окремих показників ЯЕ в наведених документах виконано за умов, що тільки одне джерело спотворень має місце в даній момент, тобто без врахування їх кумулятивного ефекту. Відповідний критерій оптимальності використовує й автор. Доцільно було б застосувати адитивний критерій, зі складовими пронормованими коефіцієнтом несиметрії напруги за зворотною послідовністю і коефіцієнтами гармонійних складників напруги.

2. Автор розглядає як головне джерело спотворення ЯЕ в розподільних електричних мережах інвертори керованого електроприводу. Але останнім часом все більше в цих мережах з'являється інверторів, що забезпечують інтеграцію в них різних відновлювальних джерел енергії. Залишається незрозумілим, наскільки запропоновані автором методи та моделі можуть бути використані при виборі алгоритмів керування інверторами і в цьому випадку.

3. Вважаю, що автор необґрунтовано розмістив параграф 1.2 «Експериментальні дослідження показників якості електричної енергії» у першому розділі. За змістом роботи його було б краще розмістити в третьому розділі, доповнивши для кращого висвітлення основних результатів окремими прикладами графіків вимірювань з додатку А.

4. На графіках (рис.1.2, 1.3, 1.5), що призначаються для визначення коефіцієнтів n -х гармонічних складових напруги, не наведені назви параметрів режиму, які автор використовує в якості системи координат.

5. В параграфі 1.4 (сторінка 36 роботи) наведено опис випрямлячів з 6-ти і 12-ти фазними схемами з'єднання трансформаторів, але будь-якого рисунку зі схемою, на яку наявні посилання, не наведено в тексті. Треба мати досить розвинену уяву, щоб зрозуміти пояснення автора в цьому випадку.

6. У більшості наведених формул розділу 3 (як до речі і в авторефераті для виразів (1) – (7)) не вказана розмірність параметрів, що може викликати труднощі при їх практичному використанні.

7. Висновок 5 (сторінка 128) автор робить на основі результатів впровадження розроблених ним методик в діючих розподільних мережах. Але вони відсутні в основному тексті роботи і їх можна відшукати тільки в актах впровадження роботи.

8. Взагалі текст дисертації дещо перевантажено умовними скороченням (наприклад, на сторінці 5), що ускладнює процес ознайомлення зі змістом. Тим більше, що не всі умовні скорочення, які зустрічаються в тексті дисертації наведені в розділі «Перелік умовних скорочень», (ФАЛ, ФАП, ФШ та ін.). Також в тексті спостерігаються стилістичні і орфографічні помилки (сторінки 2, 3, 40, 20, 35, 40, ін.), багато описок.

Проте, зазначені недоліки не впливають на загальний позитивний висновок щодо дисертації, яка є закінченою науково-дослідною роботою і містить нове технічне рішення теоретичної та практичної задачі – підвищення ефективності електропостачання сучасних споживачів.

ВИСНОВОК

Дисертаційна робота Лисиченка Романа Миколайовича «Підвищення якості електричної енергії в розподільних мережах за рахунок удосконалення перетворювачів енергії», є закінченою науковою працею, що виконана автором особисто. За отриманими науковими результатами та змістом дана дисертаційна робота повністю відповідає паспорту спеціальності 05.14.02 – електричні станції, мережі і системи. У дисертації за результатами виконаних автором досліджень вирішено важливе науково-практичне завдання з створення методів підвищення ефективності експлуатації енергетичних

об'єктів за рахунок розробки теоретичних засад та принципів інтелектуального керування системами електропостачання.

Виходячи з актуальності теми, достатніх рівнів достовірності та наукової новизни результатів, теоретичного та практичного значень, повноти викладу в опублікованих працях, апробації основних положень, вважаю, що дисертаційна робота цілком відповідає вимогам п.п. 9,11 і 12 "Порядку присудження наукових ступенів" щодо кандидатських дисертацій. Її автор, Лисиченко Роман Миколайович заслуговує на присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.14.02 – електричні станції, мережі і системи.

Офіційний опонент,

завідувач відділу оптимізації систем електропостачання

Інституту електродинаміки НАН України,

доктор технічних наук, ст. наук. співр.

Ю.І.Тугай

12.09.2021

Підпис: Тугай Ю.І. Засвідчую
Начальник
відділу кадрів / Кривошук С.В.
Інститут електродинаміки
НАН України
вул. Кривошуківська, 1
0417236
М. Київ