

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Степури Олександра Васильовича

«Виявлення та оцінювання джерел спотворень якості електроенергії в розподільчих електричних мережах»,

подану на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.14.02 – електричні станції, мережі і системи

Актуальність обраної теми

Сучасні споживачі використовують велику кількість пристроїв, що складаються з силової електроніки, досить чутливої до порушень якості електроживлення в розподільних мережах. Дослідженнями встановлено, що скарги на порушення, пов'язані з якістю електроенергії: гармоніки, перепади напруги, несиметрія, щороку збільшуються. Порушення показників якості електроенергії призводить до багатьох технічних проблем: додаткове нагрівання, неправильне функціонування, раннє старіння пристроїв, тощо. Несинусоїдальність та несиметрія струмів також спричиняють додаткові втрати та інші проблеми для різних компонентів мережі: ліній та трансформаторів. Відхилення показників якості електроенергії спричиняють додаткові фінансові втрати операторів мережі та виробників обладнання.

Погіршення показників якості електроенергії в розподільних мережах можуть бути спричинені як оператором мережі так і споживачами. Усі ці фактори визначають актуальність питання виявлення джерел спотворень якості електроенергії в розподільчих електричних мережах.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами

Дисертаційна робота Степури О.В. виконана згідно із планом науково-дослідних робіт кафедри „Електротехнічні системи електроспоживання та енергетичний менеджмент” Вінницького національного технічного університету, а також згідно „Програми наукових досліджень і розробок Міністерства освіти і науки України за пріоритетними напрямками розвитку науки та техніки” у рамках науково-дослідної роботи № 22 К „Розробка методів та пристроїв динамічної компенсації реактивної потужності”.

Дана робота відповідає вимогам «Енергетичної стратегії України на період до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність», яка передбачає свідоме та енергоефективне суспільство, а саме: впровадження на державному та муніципальному рівнях, а також на підприємствах, та постійне вдосконалення системи енергетичного менеджменту, зокрема, відповідно до вимог стандартів та міжнародних угод; зниження втрат енергії при її передачі та розподілі.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків та рекомендацій, їх достовірність і новизна

Обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертаційній роботі, є достатньою й базується на детальному аналізі інформаційних джерел за даною проблемою, чіткій

постановці мети і задач дисертації, використанні сучасних методів дослідження, зіставленні і порівнянні отриманих автором результатів з результатами інших дослідників, а також у якісному та аргументованому формулюванні висновків. Достовірність результатів дисертаційних досліджень забезпечується коректністю постановок математичних задач, адекватним використанням процедур і методів, що базуються на фундаментальних положеннях теоретичної електротехніки та математичного аналізу.

Отримані висновки в дисертації коректні і повністю відповідають зазначеним задачам дослідження. Наукові положення, розроблені дисертантом, базуються виключно на використанні адекватних методів досліджень.

Тому можна стверджувати, що приведені в дисертаційній роботі висновки і рекомендації щодо використання результатів досліджень достатньо обґрунтовані і відповідають дійсності.

Висновки, рекомендації та практичні рішення, наведені в роботі, заслуговують на увагу і можуть бути рекомендовані для використання під час виявлення та оцінювання впливу нелінійних і несиметричних споживачів на погіршення якості електроенергії.

Наукову новизну проблеми, що вивчається автором, можна оцінити відразу в методологічному, науковому та практичному аспектах.

Основні результати, отримані автором в дисертаційній роботі, які мають наукову новизну:

- Обґрунтовано інформативні величини для оцінювання впливу нелінійних і несиметричних споживачів на погіршення якості електроенергії в розподільчих мережах з використанням узагальнених миттєвих симетричних складових зворотної та нульової послідовностей.
- Удосконалено метод виявлення та оцінювання впливу нелінійних і несиметричних споживачів на погіршення якості електроенергії, що оснований на використанні умовних потужностей зворотної та нульової послідовностей, який забезпечує можливість кількісного оцінювання впливу нелінійних і несиметричних споживачів на погіршення якості електроенергії.
- Розвинуто метод аналізу чутливості виявлення впливу нелінійних і несиметричних споживачів на погіршення якості електроенергії в мережах з ізольованою та заземленою нейтраллю за наявності гармонік, як відношення приросту умовної потужності зворотної та нульової послідовностей до приросту потужності гармонічної складової, що викликає цей вид спотворення.

Практичне значення одержаних результатів полягає у розробленні програмно-апаратного комплексу автоматизованої системи контролю обліку електроенергії (АСКОЕ) з функцією виявлення та оцінювання впливу нелінійних і несиметричних споживачів на погіршення якості електроенергії.

Система АСКОЕ виконує такі функції як автоматизований збір і зберігання результатів вимірювань; автоматична діагностика стану засобів вимірювальної техніки і об'єктів обліку; обробка результатів вимірювань (обробка повноти та достовірності) та візуальне представлення, інформації в табличному і графічному вигляді; формування і друк звітних документів; передача

інформації в контролюючі та зацікавлені організації; інтеграція з зовнішніми системами; підтримка єдиного системного часу.

АСКОЕ впроваджено в ПП „Промавтоматика”, що підтверджено актом про впровадження від 07.02.2019 р.

Результати роботи також використовуються у ВНТУ на кафедрі “Електротехнічні системи електроспоживання та енергетичний менеджмент” для підготовки фахівців за спеціальністю 141 – “Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка”, довідка про впровадження від 17.06.2019 р.

Впровадження розробленої АСКОЕ сприятиме покращенню якості електроенергії, зокрема зменшенню несинусоїдності та несиметрії напруги в розподільчих мережах.

Структура і зміст роботи

Дисертаційна робота складається із вступу, п’яти розділів, висновків, переліку використаних джерел із 101 найменування та додатків, викладених на 29 сторінках, містить 38 рисунків, 18 таблиць. Загальний обсяг дисертації становить 167 сторінок.

У **першому розділі** проведено огляд сучасного стану методів оцінювання впливу споживачів на погіршення якості електричної енергії в розподільчих електричних мережах. Проведено порівняльний аналіз методів дольового внеску споживачів, методів балансу потужностей, а також багатоточкових методів для визначення фактичних внесків споживачів у спотворення показників якості електроенергії.

Визначено мету і задачі досліджень.

Другий розділ дисертації присвячений виявленню впливу нелінійних несиметричних навантажень на розподільчі електричні мережі з використанням складників пульсуючої потужності.

Показано, що складова, зумовлена несиметрією, може бути представлена миттєвими умовними потужностями зворотної послідовності. Складова, зумовлена несинусоїдністю, визначена як різниця пульсуючих потужностей та миттєвих умовних потужностей зворотної послідовності.

Для оцінювання загального рівня пульсацій активної та реактивної потужностей пропонується використати середньоквадратичні значення потужностей пульсацій на періоді T напруги живлення.

Отримано вирази для визначення потужності спотворення в спектральній формі запису. Виконано порівняльний аналіз несиметричних несинусоїдних режимів з оцінюванням пульсуючої потужності, потужності спотворення, а також потужностей зворотної послідовності.

У **третьому розділі** основна увага приділена виявленню впливу нелінійних несиметричних навантажень на розподільчі електричні мережі з використанням миттєвих симетричних складових.

Проаналізовано миттєві симетричні складові напруг і струмів при симетричних і несиметричних режимах.

Досліджено, які миттєві умовні потужності можна використати для оцінки вкладу енергопостачальної організації та споживачів у погіршення показників якості електроенергії.

Показано, що для оцінювання несиметричності споживачів доцільно використовувати середні значення умовних потужностей, а для спотворення синусоїдної форми напруги доцільно використовувати середньоквадратичні значення умовних потужностей.

Проаналізовано несиметричні несинусоїдні режими трифазних мереж із заземленою нейтраллю.

Виконано дослідження впливу опору системи (потужності і схеми сполучення обмоток силового трансформатора).

Четвертий розділ присвячено аналізу чутливості виявлення джерел спотворень.

Проаналізовано чутливості виявлення джерел спотворень з використанням реактивної потужності та потужності спотворення.

Встановлено чутливість виявлення нелінійних споживачів, які спотворюють якість електроенергії, методом, який ґрунтується на використанні середньоквадратичних значень умовних потужностей зворотної та нульової послідовностей.

Проаналізовано чутливості виявлення споживачів, які мають несиметрію навантажень за середніми значеннями умовних потужностей зворотної та нульової послідовностей.

П'ятий розділ дисертаційної роботи присвячений практичній реалізації АСКОВЕ з функцією виявлення споживачів, які спотворюють якість електроенергії.

Запропонована структурна схема і компоненти АСКОВЕ з функцією виявлення та оцінювання впливу нелінійних і несиметричних споживачів.

Основною вимірювальною інформацією є миттєві значення напруг і струмів, на основі яких отримуються діючі значення і будуються векторні діаграми.

Описано алгоритм вимірювання умовних потужностей зворотної послідовності в динамічних режимах з корекцією динамічної похибки.

Наведено структурну схему вимірювального каналу зворотної послідовності.

Запропоновано економічний критерій ефективності контролю якості електроенергії у вигляді максимуму прибутку від моніторингу.

Повнота викладу результатів дисертаційної роботи у наукових виданнях та їхня апробація

Основні положення розділів дисертації достатньо повно висвітлені у 9 публікаціях, серед яких 6 внесено до переліку фахових для захисту дисертацій з технічних наук, одна з них у виданні, яке індексуються в міжнародній наукометричній базі Scopus, 1 – у виданні, що не внесене до переліку фахових для захисту дисертацій з технічних наук, 2 – у матеріалах іноземних конференцій та семінарів.

Результати дисертаційної роботи доповідались на 2 міжнародних науково-технічних конференціях, за результатами яких опубліковано статті в колективній монографії.

Автореферат дисертації повністю відображає основні положення

дисертаційної роботи, відповідає її змісту та вимогам.

Висновок про відповідність дисертації паспорту спеціальності

У цілому зміст, структура й обсяг роботи відповідають вимогам, що висуваються до кандидатських дисертацій. Зміст дисертації відповідає паспорту спеціальності 05.14.02 - Електричні станції, мережі і системи. Розділи дисертації логічно пов'язані основною ідеєю роботи. Робота є завершеною науковою працею. Текст дисертації викладений технічно грамотною мовою. Оформлення дисертації загалом відповідає вимогам ДСТУ.

Зауваження до дисертаційної роботи

Аналіз виконаної роботи показує, що вона має певні недоліки:

1. У виразі 2.6 згадується потужність спотворення, яку прийнято позначати через D . Проте у виразах 2.27-2.29, 2.31 і в подальшому миттєві складові потужності спотворення позначено s_p, s_q , що вносить певну плутанину з позначеннями і непорозуміння. На мою думку, варто було розділити чисто реактивну потужність зсуву і потужність спотворення.
2. Розроблений пристрій в якості критерію оцінки якості електроенергії використовує коефіцієнт спотворення синусоїдності кривої напруги. У випадку, коли гармонічний спектр напруги знаходиться в межах норми та коефіцієнт несинусоїдальності не перевищує встановленого ГОСТ 13109-97 значення, пристрій перебуває в стані очікування. Проте при цьому величини спотворення струмів можуть бути значними і призводити до негативних наслідків в електричній мережі. Так, міжнародний стандарт IEEE 519-2014 рекомендує моніторити показник спотворення загального споживання (TDD) струму - це пофазне гармонічне спотворення струму відносно максимального споживання в точці спільного приєднання. TDD характеризує вплив гармонічних спотворень на систему. Наприклад, якщо в мережі високі значення THD, але низьке споживання, вплив гармонічних спотворень струму на вашу мережу може бути незначним. Однак при максимальному навантаженні і значенні THD рівному TDD, вплив на мережу буде значним. TDD оцінює співвідношення гармонічних струмів між кінцевим споживачем та джерелом живлення.
3. У дисертаційній роботі зазначається важливість застосування статистичного контролю, який дає можливість при мінімальних витратах забезпечити оптимальний рівень контролю. Йде мова про необхідність оптимізації плану контролю в кожному конкретному випадку. На мою думку, в подальшому варто врахувати вимоги стандарту IEEE 519-2014, який рекомендує для моніторингу одно- і семиденні періоди і при цьому встановлює граничні значення для 95 і 99 процентиль при короткочасних (3сек.) і 10- хвилинних вимірюваннях.
4. Доцільно було б провести порівняння розробленого пристрою із зарубіжними аналогами, наприклад Power Monitoring System PM800 фірми Schneider Electric.
5. На сторінці 166 відсутній заголовок «Додаток В».

Вказані зауваження не є принциповими і не впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи.

Загальний висновок

Дисертаційна робота Степури Олександра Васильовича «Виявлення та оцінювання джерел спотворень якості електроенергії в розподільчих електричних мережах» є завершеною самостійною науковою роботою, в якій отримано нові науково обгрунтовані розробки в галузі електроенергетики, що забезпечують розв'язання значної прикладної проблеми з виявлення джерел спотворень якості електроенергії в розподільчих електричних мережах.

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”, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р. №567 (зі змінами, затвердженими постановою Кабінету Міністрів України від 19 серпня 2015 р., №656), які висуваються до робіт на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук, а її автор, Степура Олександр Васильович, заслуговує на присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.14.02 - електричні станції, мережі і системи.

Офіційний опонент, доцент кафедри електроенергетики, електротехніки і електромеханіки Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу, кандидат технічних наук, доцент

О.В. Соломчак

