

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Томашевського Юрія Васильовича

«Методи та засоби аналізу втрат електроенергії в розподільних електрических мережах з використанням пристрій Smart Metering», подану на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.14.02 – електричні станції, мережі і системи

Актуальність теми дисертаційної роботи

Зміни у структурі та параметрах електроспоживання, а також інтенсивне впровадження в розподільних мережах розосереджених джерел енергії (РДЕ) зумовлюють необхідність вирішення низки важливих питань у галузі ефективності та надійності електропостачання. Ключовими завданнями, для їх вирішення є вдосконалення моделювання, аналізу та планування режимів роботи мереж, зокрема, підвищення їх спостережності з використанням пристрій Smart Metering та розвитку інформаційної інфраструктури мереж.

Дисертаційна робота Томашевського Ю.В. присвячена вирішенню питань використання інформаційних систем розподільних електрических мереж для аналізу їх енергоефективності. Вирішення цих питань дасть змогу обґрунтовано розвивати інформаційну структуру розподільних ЕМ із застосуванням технології Smart Metering та визначати послідовність впровадження засобів обліку в умовах обмеженого фінансування, тому актуальність теми дослідження не викликає сумніву.

Дисертація виконана в плані наукових досліджень, проваджених кафедрою електрических станцій та систем Вінницького національного технічного університету за держбюджетними темами: «Інтелектуалізація електроенергетичних систем з відновлюваними джерелами енергії на основі принципу Гамільтона-Остроградського» (№ держреєстрації 0113U003138) та «Інтегрування нетрадиційних та відновлюваних джерел енергії в електричні мережі для підвищення їх енергоефективності з використанням SMART GRID технологій» (№ держреєстрації 0118U000206).

Мета дисертаційної роботи полягає у підвищенні достовірності розрахунку втрат електроенергії в розподільних електрических мережах шляхом вдосконалення методів та засобів їх інформаційного забезпечення. В якості теоретичних зasad для проведення досліджень визначено теорію оцінки стану

електричної мережі на основі методу зважених найменших квадратів та методи багатофакторного аналізу.

Ступінь обґрунтованості отриманих у дисертації наукових положень, висновків і рекомендацій

Дисертаційна робота Томашевського Ю.В. виконана на достатньо високому науковому рівні. Ступінь обґрунтованості отриманих у дисертації наукових положень і висновків є достатнім та підтверджується проведенням комплексних досліджень із застосуванням відомих теоретичних та експериментальних методів, збігом результатів теоретичних досліджень з результатами математичного моделювання та експериментальних досліджень. За основу дослідження автором обрано досягнення та здобутки вітчизняних і зарубіжних вчених в теорії моделювання, лінійного та нелінійного програмування, теорії надійності, теорії автоматичного керування. Висновки і рекомендації є об'єктивними завдяки коректному використанню математичного апарату та результатів експериментальних досліджень.

Достовірність результатів дослідження

Достовірність наукових результатів, висновків і рекомендацій підтверджується проходженням апробації основних положень дисертаційного дослідження Томашевського Ю.В. на всеукраїнських та міжнародних науково-технічних конференціях.

Аналіз дисертаційної роботи дозволяє зробити висновок, що її автор провів грунтовне вивчення та узагальнення літературних джерел, дослідив особливості оцінки стану мереж та якості вимірювань, шляхи та методи підвищення спостережності розподільних електрических мереж, методи визначення оптимального місця встановлення приладів вимірювання Smart Metering.

В роботі використано сучасні методи вивчення явищ і процесів, такі як: статистичні методи оброблення інформації використано для аналізу результатів розрахунків, метод зважених найменших квадратів для оцінки стану розподільної електричної мережі. Матрична алгебра, теорія графів, декомпозиція та об'єктно-орієнтований аналіз для структурування втрат електроенергії в розподільних електрических мережах. Для визначення оптимальної послідовності впровадження приладів Smart Metering застосовано нечіткий багатокритеріальний аналіз, теорію ігор та аналіз чутливості.

Дисертаційна робота Томашевського Ю.В. є особистим здобутком автора й містить переконливі наукові положення та висновки.

Наукова новизна отриманих результатів

Наукові положення, висновки та рекомендації в дисертаційній роботі Томашевського Ю.В. мають достатній рівень новизни.

1. Вперше запропоновано метод зворотного перетворення зафікованих обсягів спожитої електроенергії у псевдовимірювання графіків електричних навантажень споживачів з використанням типових графіків навантаження та генерування відновлюваних джерел енергії, а також оцінки стану електричних мереж. Це дає змогу використовувати дані систем обліку електроенергії для доповнення вектору стану електричних мереж інформацією про зміни потужності у неспостережних вузлах, що відкриває нові можливості для моделювання режимів розподільних мереж 10(6) кВ та планування заходів з підвищення їх енергоефективності.

2. Вперше запропоновано метод формування типових графіків втрат електроенергії в розподільних електрических мережах 10(6) кВ на основі результатів оцінки стану мереж та матриці коефіцієнтів розподілу втрат, що дозволить виокремлювати у структурі балансу електроенергії значення втрат для кожного об'єкта обліку та створити передумови для адресного внесення вартості розподілу електроенергії до тарифу для кінцевого споживача.

3. Вдосконалено метод оптимізації розміщення та послідовності впровадження засобів обліку електроенергії Smart Metering у розподільних мережах 10(6) кВ, що проявляється у поєднанні математичного апарату аналізу чутливості й багатокритеріального аналізу та, на відміну від відомих, сприяє зменшенню кількості обчислень завдяки врахуванню технічних можливостей мереж, а також чутливості параметрів режиму мереж до місця встановлення засобів Smart Metering.

Теоретична та практична значимість результатів дисертаційного дослідження

Практична цінність роботи полягає в тому, що проведені в роботі дослідження дали змогу підвищити достовірність результатів аналізу втрат електроенергії в розподільних електрических мережах шляхом вдосконалення

методів та засобів їх інформаційного забезпечення. Використання розроблених методів та алгоритмів для пофідерного формування структури балансу електроенергії з урахуванням змін схеми та параметрів розподільних мереж протягом звітного періоду, а також для формування інформаційної інфраструктури створить передумови для адресного внесення вартості розподілу електроенергії до тарифів кінцевого споживача та підвищити адекватність моделювання режимів розподільних мереж 10(6) кВ.

Теоретична значимість дослідження проявляється в тому, що отримані результати можна розглядати, як внесок у розвиток сучасної методології проектування інформаційних систем розподільних електрических мереж.

Одержані наукові результати впроваджені в АТ "Вінницяобленерго" та у ТОВ «Енергоінвест» з метою підвищення точності розрахункових втрат електроенергії, що сприяє уточненню структури балансу електроенергії. Результати впроваджено у навчальному процесі Вінницького національного технічного університету для студентів спеціальності 141 – електроенергетика, електротехніка та електромеханіка.

Оцінка змісту дисертації та її завершеності

Дисертаційна робота написана грамотно, державною мовою, на високому стилістичному рівні. Структура роботи є цілісною та взаємопов'язаною. Стиль викладення результатів теоретичних і практичних досліджень, наукових положень, висновків і рекомендацій забезпечує доступність їх сприйняття та використання.

Дисертація складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Загальний обсяг дисертаційної роботи становить 155 сторінок. Список використаних джерел налічує 105 найменувань. Основний зміст дисертації викладено на 122 сторінках.

У першому розділі «*Особливості функціонування інформаційних систем розподільних електрических мереж*» проаналізовано методи відновлення та синхронізації інформації щодо вимірюваних режимних параметрів приладами Smart Metering, а також методи визначення оптимального місця встановлення приладів вимірювання Smart Metering. Відповідно до проведеного аналізу визначено шляхи та методи підвищення спостережності розподільних ЕМ. Досліджено питання адекватності структури балансу електроенергії

роздільних ЕМ. Уточнено задачі наукового дослідження, розв'язання яких дістать змогу обґрунтовано розвивати інформаційну структуру розподільних ЕМ із застосуванням технології Smart Metering та визначати послідовність впровадження засобів обліку в умовах обмеженого фінансування.

У другому розділі «*Оцінка стану розподільних електрических мереж з використанням Smart Metering*» досліджено математичну модель та методи оцінки стану (ОС) розподільної ЕМ за різної повноти вхідних даних, запропоновано метод підвищення спостережності розподільних ЕМ з використанням пристрій Smart Metering та типових графіків електрических навантажень. Запропоновано спосіб врахування надходження електроенергії з ВДЕ у вигляді типових графіків генерування. Для розв'язання задачі визначення оптимальної послідовності впровадження засобів обліку електроенергії Smart Metering запропоновано метод на основі математичного апарату чутливості та багатокритеріального аналізу. Запропоновано метод визначення типових графіків втрат електроенергії у розподільних ЕМ.

У третьому розділі «*Структура інформаційної системи аналізу втрат електроенергії у розподільних мережах та алгоритми її функціонування*» запропоновано базові алгоритми оцінки стану розподільних ЕМ з використанням пристрій Smart Metering та псевдовимірювань. В розділі наведено алгоритми використання типових графіків електрических навантажень та генерування ВДЕ для підвищення спостережності розподільної ЕМ, а також алгоритми визначення типових графіків втрат потужності на базі розроблених методів. Також у розділі наведено алгоритми визначення оптимальної послідовності впровадження засобів обліку електроенергії Smart Metering із застосуванням математичного апарату аналізу чутливості та багатокритеріального аналізу.

У четвертому розділі «*Практичні аспекти підвищення достовірності результатів аналізу втрат електроенергії у розподільних електрических мережах з використанням пристрій Smart Metering та псевдовимірювань*» показано ефективність використання розроблених методів та алгоритмів шляхом порівняння результатів натурних та обчислювальних експериментів на прикладі фрагменту міських мереж 10 кВ м. Вінниця (фідер Ф-165 підстанції 110/10 кВ «Західна»). Вказаний фрагмент мережі було обрано з міркувань

доступності для проведення натурного експерименту, наявності різноманітних споживачів, кабельних вставок, різноманітного трансформаторного обладнання.

Натурний експеримент показав, що використання псевдовимірювальних навантаження для вказаних вузлів призводить до зростання відносної похибки оцінювання осереднених потужностей до 4-5 %, що є допустимим. З використанням вказаного фрагменту також показано, що використання оцінки стану ЕМ дає змогу визначати типові графіки втрат потужності для кожної ТП фіdera в умовах критичної спостережності ЕМ з прийнятною точністю. Користуючись алгоритмом визначення оптимальної послідовності впровадження засобів обліку електроенергії Smart Metering із застосуванням математичного апарату аналізу чутливості визначено черговість встановлення засобів Smart Metering для досліджуваної електромережі.

Автореферат повною мірою передає зміст дисертації і не містить положень та висновків, які відсутні в дисертації. Оформлення дисертаційної роботи та автореферату відповідає вимогам чинних стандартів.

Повнота викладення основних наукових результатів дисертаційної роботи в надрукованих автором фахових публікаціях та інших наукових працях

Основні результати досліджень автора за темою дисертації викладено в 11 наукових працях, з них у наукових фахових виданнях – 5 праць, дві статті надруковані у виданні, що індексується у наукометричній базі SCOPUS. Публікації за тематикою дисертації підтверджують оприлюднення всіх отриманих результатів. В авторефераті та публікаціях у фахових виданнях зміст дисертаційної роботи розкрито повністю.

Зauważення до дисертаційної роботи

Відзначаючи актуальність обраної здобувачем теми, наукову новизну результатів дисертаційного дослідження, їх достовірність та повноту викладення в опублікованих працях, слід вказати і на наявність наступних дискусійних положень та недоліків. Суть основних з них:

1. В розділі 2 забагато уваги приділяється постановці задачі оцінки стану електричної мережі (стор. 54-64). Оскільки це не є основним завданням дослідження, то можна було обйтися посиланнями на першоджерела.

2. В роботі зазначено, що додатковим джерелом інформації про споживання електроенергії є білінгові системи енергопостачальних організацій

та збережена у них інформація про споживання точок продажу за обліковий період. Однак, інформація у білінговій системі накопичується не синхронно з різними інтервалами внесення інформації за період що орієнтовно наближений до 30 добового інтервалу. Тому на похибку запропонованого способу зворотного інтегрування буде накладатись похибка агрегації інформації.

3. У п. 2.3.3 наведено характеристику критеріїв аналізу визначення оптимальної послідовності впровадження засобів обліку електроенергії Smart Metering. Серед критеріїв аналізу вказана відносна кількість встановлених каналів зв'язку, однак інформації про необхідну пропускну здатність та готовність передачі інформації увага не приділяється.

4. У п. 2.3.1 запропоновано метод аналізу чутливості впровадження засобів обліку електроенергії Smart Metering за режимними параметрами з використанням вектору чутливості (2.21). Для визначення (2.21) використовується матриці коефіцієнтів струмозподілу (2.19) яка враховує топологію мережі. Однак, електропостачання розподільними електричними мережами передбачає перемикання у схемі у випадку аварійних ситуацій та ремонтних робіт. Таким чином, постановка задачі (2.21) буде змінюватися під час її розв'язання. Тому виникає питання, чи забезпечується достатня точність структурування втрат електроенергії.

5. У п. 2.3.3 запропоновано використання принципу мінімакса для ранжування впливовості критеріїв, що досить важко реалізувати при наявності множини ситуацій рівноваги та великої кількості точок обліку.

6. Наведена на стор. 98 структурна схема АСКОЕ в електричних мережах є дуже спрощеною, а її опис дуже поверхневим. Немає жодних вказівок щодо організації обміну даними між ієрархічними рівнями АСКОЕ, синхронізацією передачі інформації, її дискретизацією та пропускною здатністю каналів зв'язку.

7. Зустрічаються однакові позначення для різних фізичних величин, як то W - матриця очікуваних (оцінених) середньоквадратичних відхилень окремих вимірювань та інформація із білінгової системи про спожиту електроенергію, або різні позначення для одинакових математичних перетворень, як то $M(P)$ – математичне очікування електроспоживання та $E(e_i)=0$ – математичне очікування значення всіх похибок.

Однак вказані вище зауваження не піддають сумніву наукову та практичну цінність виконаних досліджень.

Загальний висновок

Дисертаційна робота Томашевського Юрія Васильовича на тему: «*Методи та засоби аналізу втрат електроенергії в розподільних електрических мережах з використанням пристройів Smart Metering*» є завершеною працею, в якій отримані нові науково обґрунтовані результати. Робота відповідає вимогам, які встановлені у п.п. 9, 11, 12 «Порядку присудження наукових ступенів», а її автор Томашевський Юрій Васильович заслуговує на присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.14.02 – електричні станції, мережі і системи.

Офіційний опонент:

професор кафедри автоматизації,
електротехнічних та комп'ютерно-інтегрованих технологій,
Національного університету
водного господарства та природокористування,
доктор технічних наук, професор

С. В. Васильець

