

ВІДГУК ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА

на дисертаційну роботу Кожана Дмитра Петровича

«Обґрунтування місць розташування та величин потужностей джерел генерації електричної енергії при територіально розподіленому навантаженні», подану на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.09.03 – Електротехнічні комплекси та системи

1. Актуальність дисертаційної теми та її зв'язок з державними чи галузевими науковими програмами

Джерела генерації електричної енергії (ДГ), приєднані до систем електропостачання (СЕР) з територіально розподіленим навантаженням, набувають все більшого розповсюдження в Україні і світі. В переважній більшості це ДГ на основі відновлюваних джерел енергії, таких як СЕС, ВЕС, міні та мікро ГЕС та ін. Бурхливий розвиток відновлюваної енергетики, впровадженої в СЕР з територіально розподіленим навантаженням напругою 10 (6) – 35 кВ, вимагає перегляду традиційних підходів щодо підвищення ефективності роботи таких мереж. Також досі не існує єдиного рішення задачі оцінювання оптимальних потужностей ДГ та точок їх приєднання до СЕР з територіально розподіленим навантаженням. Саме розв'язанню цих актуальних задач присвячена дисертаційна робота Кожана Дмитра Петровича «Обґрунтування місць розташування та величин потужностей джерел генерації електричної енергії при територіально розподіленому навантаженні».

Слід також відмітити, що результати досліджень є складовою частиною науково-практичних розробок в рамках пріоритетного напрямку розвитку науки і техніки в Україні (енергетика та енергоефективність). Робота виконувалася в рамках держбюджетної наукової теми: «Розробка теорії структурно-параметричного синтезу гібридних систем електроживлення та їх інтеграції до розподільних електричних мереж в сільських регіонах» (номер державної реєстрації 0113U003830)

2. Наукова новизна дослідження і отриманих результатів

Отримані здобувачем результати мають наукову новизну. Вона полягає в тому, що з позиції системного підходу науково обґрунтовано потужності та точки приєднання джерел генерації для підвищення ефективності функціонування системного живлення територіально розподіленого навантаження.

Всі поставлені в роботі задачі вирішені повністю. Здобувачем отримано нові наукові результати, але пункти наукової новизни недостатньо чітко сформульовані. На мою думку, вони мають формулюватися наступним чином:

- **вперше** науково обґрунтовано використання методу вузлових питомих транспортних витрат для знаходження точок приєднання ДГ (за максимальними значеннями вузлових питомих транспортних витрат) та одночасного обчислення потужностей ДГ для підвищення ефективності електропостачання територіально розподіленого навантаження за рахунок мінімізації втрат активної потужності в елементах СЕП.

- **вперше** досліджено специфічні взаємозв'язки між точками приєднання ДГ, потужностями ДГ та навантаженням мережі за рівності модулів та (або) кутів напруги у вузлах генеруючих об'єктів, що дозволило обґрунтувати точки приєднання ДГ за критерієм максимуму значень вузлових питомих транспортних витрат для мінімізації втрат активної потужності.

- **дістали подальший розвиток** методи розрахунку усталених режимів роботи СЕП територіально розподіленого навантаження для розширення їх функціональних можливостей за рахунок модифікації методу Ньютона з розширенням матриці частинних похідних похідними від небалансів вузлових потужностей.

- **дістали подальший розвиток** методи математичного моделювання параметрів режиму СЕП територіально розподіленого навантаження з ДГ в напрямку врахування характеру генерації для оцінки

питомих втрат активної потужності на передачу (транспорт) одиниці активної або реактивної потужності до місця їх споживання, що дозволило обґрунтувати економічно доцільні точки приєднання ДГ в СЕП територіально розподіленого навантаження.

3. Обґрунтованість і достовірність наукових положень і результатів дисертації.

Положення і висновки відносно суті вирішуваних задач достатньо обґрунтовані, бо вони базуються на фундаментальних принципах вищої математики, системного аналізу, теорії графів, теорії математичного моделювання, теорії нелінійного програмування, а також теорії прийняття рішень.

4. Практичне значення результатів дисертації.

Теоретичні положення дисертаційної роботи мають практичну цінність. Вони можуть використовуватися при проектуванні, реконструкції і керуванні режимами роботи СЕП територіально розподіленого навантаження з ДГ. Запропоновані теоретичні положення спрямовані на підвищення ефективності СЕП територіально розподіленого навантаження за рахунок мінімізації втрат активної потужності в елементах СЕП в нормальних ustalених режимах роботи.

Розроблений метод обчислення потужностей ДГ за наявності оперативної інформації щодо навантажень у вузлах та достатнього рівня керованості ДГ може бути використаний для забезпечення мінімізації технологічних витрат електроенергії та оптимізації режиму напруги.

Метод питомих транспортних витрат для знаходження точок приєднання ДГ дозволяє узгодити економічні інтереси операторів систем розподілу та власників ДГ під час прогнозування розвитку СЕП територіально розподіленого навантаження.

Розроблене програмне забезпечення для визначення економічно доцільних місць приєднання та обґрунтування потужностей ДГ впроваджено у Шепетівському РЕМ АТ «Хмельницькобленерго».

Отримані в дисертаційній роботі результати використовуються також в навчальному процесі кафедри електропостачання імені професора В.М. Синькова Національного університету біоресурсів і природокористування України за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» при викладанні дисципліни «Електричні мережі і системи» та при підготовці випускних бакалаврських і магістерських робіт.

5. Загальна оцінка дисертаційної роботи.

Дисертація складається з анотацій, вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Загальний обсяг дисертації становить 197 сторінок. Дисертація містить 32 рисунки, 35 таблиць та 7 додатків. Список використаних джерел налічує 173 найменування.

У вступі обґрунтовано актуальність теми; сформульовано наукове завдання; відзначено зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами; сформульовано мету та завдання дослідження; визначено об'єкт, предмет і методи дослідження; представлено наукову новизну і практичне значення одержаних результатів, особистий внесок здобувача, апробацію результатів дисертації та кількість публікацій.

У першому розділі виконано аналіз літературних джерел щодо СЕП територіально розподіленого навантаження. Українські та світові тенденції впровадження ДГ. Виконано аналіз існуючих підходів та методів вибору точок приєднання та потужностей ДГ, чисельних методів розрахунку усталених режимів. На основі проведеного аналізу окреслено напрямки подальших досліджень.

У другому розділі запропоновано алгоритм модифікованого методу Ньютона для розрахунку усталених режимів роботи СЕП територіально

розподіленого навантаження з вибором складу відомих та шуканих вузлових характеристик. Проведено перевірку достовірності моделювання режимів модифікованим методом Ньютона шляхом обчислювального експерименту із IEEE тестовими схемами.

У третьому розділі розроблено математичну модель для визначення економічно доцільних місць розташування ДГ в СЕП територіально розподіленого навантаження напругою 10 (6) і 35 кВ. Доведено, що економічно доцільним місцям розташування ДГ відповідають максимальні значення даного показника. Обґрунтовано, що рівність кутів і (або) модулів вузлових напруг у місцях приєднання впроваджуваних ДГ та вузлі системного живлення є критерієм мінімізації втрат активної потужності і стабілізації рівнів напруги в СЕП.

У четвертому розділі проведено апробацію розроблених методів вибору точок приєднання та обчислення потужностей ДГ для діючих СЕП територіально розподіленого навантаження (СЕП напругою 10 кВ Городищенського РЕМ Черкаської області; СЕП напругою 35 кВ Києво-Святошинського РЕМ Київської області) а також для IEEE тестових замкнених схем. Наведено опис розробленого програмного продукту. Узагальнено умови отримання ефективних (економічно доцільних) місць розташування ДГ та їх потужності.

У додатках в табличній формі представлено результати розрахунків параметрів режим діючих СЕП за допомогою розробленого програмного комплексу; акти використання результатів дисертаційної роботи та авторські свідоцтва.

Висновки по розділах і по роботі в цілому відповідають змісту дисертації, достатньо обґрунтовані. Достовірність та адекватність розроблених математичних моделей обґрунтована результатами обчислювальних експериментів з IEEE тестовими схемами.

Дисертація Кожана Дмитра Петровича «Обґрунтування місць розташування та величин потужностей джерел генерації електричної

енергії при територіально розподіленому навантаженні» є закінченою науково-дослідницькою роботою, присвяченою розробленню методів визначення оптимальної потужності та місць приєднання джерел генерації в системах електропостачання територіально розподіленого навантаження з метою зменшення втрат активної потужності. Оформлення дисертації відповідає загальноприйнятим нормам.

Зміст дисертації відповідає паспорту спеціальності 05.09.03 електротехнічні комплекси та системи

6. Повнота відображення основних результатів дисертації

Основні результати дослідження достатньо апробовані. Вони доповідалися на 12 наукових конференціях. Основні положення дисертації викладено у 22 наукових працях, з яких монографія, 5 статей у наукових фахових виданнях України, у тому числі включених до міжнародних наукометричних баз даних, стаття у науковому виданні іншої держави, стаття в іншому науковому виданні, 3 авторських свідоцтва та 11 тез наукових доповідей. Аналіз особистого внеску здобувача в опублікованих працях дозволяє стверджувати, що вони в повній мірі розкривають отримані наукові та практичні результати.

Автореферат дисертації відображає основні положення дисертаційної роботи, відповідає її змісту та документу „Вимоги до оформлення дисертації”.

7. Зауваження.

7.1 Метою роботи зазначено «розроблення методів визначення *економічно* доцільних місць розташування...», разом із цим в роботі відсутня будь яка економічна оцінка запропонованих технічних рішень. Потребує пояснень твердження, що мінімізація втрат активної потужності лише для одного режиму максимальних навантажень підвищить «ефективність функціонування системного живлення».

7.2 В якості критерію ефективності доцільно було використати не витрати активної потужності, а технологічні витрати електроенергії, які є інтегральним показником і можуть бути оцінені, в тому числі, як показник економічної ефективності.

7.3 Під час оцінки потенційного впливу нових ДГ на режим напруги потрібно перевіряти не лише режим максимальних, але і режим мінімальних навантажень, в якому є загроза перевищення допустимих рівнів напруги.

7.4 Яким чином пропонується забезпечувати видачу необхідної потужності ДГ в режимі максимуму навантаження, адже «в межах даної роботи під ДГ слід розуміти джерела електричної енергії на основі ВДЕ, такі як СЕС, ВЕС, ГЕС на малих ріках і т. д.» (с.38), тобто в основному це джерела негарантованої потужності.

7.5 Твердження, що точки перетину графіків $S_r(U)$ та $\Delta P(U)$ вказують на «пошукові величини напруги та на величини обґрунтованої видачі джерелами повної потужності» (с.72) виглядає некоректним, оскільки S_r та ΔP - це дві різні фізичні величини, наведені на графіках в різних масштабах і точку перетину можна отримати за будь-якої напруги.

7.6 Потребує пояснення, чому на різних етапах (табл 4.4 на с. 79-80) змінюються числові значення та в деяких випадках знаки похідної $\frac{\partial \pi}{\partial P_i}$, якщо змін в даному відгалуженні не відбувалося (різні відгалуження незалежно приєднані до балансуєчого вузла). Також, чому після впровадження ДГ у вузлі 16 значення похідної $\frac{\partial \pi}{\partial P_i}$ стало навіть більше, ніж було. Подібне спостерігається і на інших розрахункових схемах.

7.7 В тексті дисертації не описано, чи проводиться програмна перевірка коректності введених даних в розроблений програмний продукт, адже при табличному режимі введення вихідної інформації існує ймовірність ввести некоректні значення.

7.8 На с. 120 наведено алгоритм щодо «ефективності впровадження ДГ в радіальних розподільних СЕП». Потребує пояснення призначення п.5 алгоритму.

7.9 Зауваження до оформлення роботи:

- в тексті автореферату та вступі дисертації не вказано про впровадження результатів дослідження на АТ «Хмельницькобленерго» (додаток 3).

- термін «вузлові питомі транспортні витрати» розкривається в підрозділі 3.3 дисертації (с.68), проте в висновках до розділів 1 та 2 він вже присутній.

- в роботі присутні термінологічні неточності: замість терміну «точки приєднання джерел» використано «місця розташування», замість «параметри режимів» використовується термін «характеристики режимів»; по тексту в 4 розділі говориться про ефективність, % (с. 82, 87, 91 та ін.), в той же час у висновках до 4 розділу «ефективність» описується, як якісна, а не кількісна величина;

- підрозділ 4.5 «Ілюстрація імовірності використання...» (с. 120) за змістом доцільно було назвати «Ілюстрація можливості використання...»;

- головне вікно програмно-розрахункового комплексу (Рис. 4.21. на с. 129) не має змістового навантаження.

- частину таблиць додатків Б, В, Д, Е складно сприймати через відсутність одиниць виміру числових величин

Зазначені зауваження не мають принципового характеру та не впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи.

Висновки

Дисертаційна робота Кожана Дмитра Петровича «Обґрунтування місць розташування та величин потужностей джерел генерації електричної енергії при територіально розподіленому навантаженні» розв'язує актуальне наукове завдання розробки математичних моделей і методів для оцінювання оптимальних потужностей ДГ та точок їх приєднання. Вона поєднує високий

теоретичний рівень із практичною цінністю. Дисертаційна робота відповідає основним вимогам п. 9 11 та 12 «Порядку присудження наукових ступенів», а її автор Кожан Дмитро Петрович заслуговує на присудження наукового ступеню кандидата технічних наук за спеціальністю 05.09.03 – електротехнічні комплекси та системи.

Офіційний опонент,
доцент кафедри електричної інженерії та
інформаційно-вимірювальних технологій
Національного університету «Чернігівська
політехніка», канд. техн. наук

В.М. Бодунов
08.09.2021

Бодунов В.М.

Підпис к.т.н., доц. Бодунов В.М.
засвідчено Проректор з НР
08.09.2021р.



Вол №353
Від 09.09.2021р.