РЕЦЕНЗІЯ

на дисертаційну роботу Кауркіна Євгена Олексійовича «Методи і засоби зменшення впливу провалів напруг на технічні комплекси підприємств теплопостачання», подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії (Ph.D.) за спеціальністю 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

1. Актуальність та загальна характеристика роботи

Дисертаційна робота Кауркіна Є. О. присвячена вирішенню критично важливої для сучасної енергетики України задачі – захисту електротехнічного обладнання теплопостачальних підприємств від деструктивного впливу провалів напруги. Актуальність теми обумовлена високим ступенем зносу обладнання в енергосистемах України та руйнаціями спричиненими війною, що створює значні труднощі у підтриманні нормативних показників якості електричної енергії. Провали напруги, як раптове зниження діючого її значення нижче 0,9 від номіналу, є однією із основних причин усіх відмов електрообладнання. Особливої ваги це питання набуває для підприємств теплопостачання, де понад 90% навантаження складають асинхронні двигуни насосних агрегатів, робота яких є критичною для життєдіяльності міст, оскільки порушення їхньої роботи веде до збоїв у теплопостачанні міст.

Існуючі методико-технічні засоби не завжди можуть вирішити проблему своєчасного виявлення та запобігання деструктивним діям провалів напруги в мережах теплопостачальних підприємств. Тому, розроблені автором нові методичні підходи щодо ідентифікації і контролю провалів напруги в електричних мережах та вироблення на їх основі відповідних управлінських рішень є актуальними.

2. Ступінь обґрунтованості результатів, їх наукова новизна

Для розв'язання окресленого наукового завдання у дисертації коректно визначено об'єкт, предмет дослідження та його мету. Логічна схема дослідження побудована правильно, вона проста та зрозуміла, що сприяло реалізації поставленої мети.

Належний ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків, рекомендацій, сформульованих у дисертації, використанням широкої

джерельної бази за темою дисертації: список використаної літератури налічує 124 найменування, з них 54 – англійською мовою.

Логіка викладання матеріалу корелюється з предметом дослідження і обраними методами дослідження. Це дозволило здобувачу сформувати підґрунтя з наукових підходів і концепцій, які лягли в основу його наукових досліджень. Висновки дисертаційної роботи цілком обґрунтовані, коректні та випливають з викладеного матеріалу.

Вищесказане дозволяє стверджувати, що отримані здобувачем наукові результати є обґрунтованими та достовірними, а також такими, що мають наукову новизну. а саме:

– вперше показано взаємопов'язаність якісних показників споживання теплової і електричної енергії, що, на відміну від існуючих підходів, дозволяє використовувати показники якості електричної енергії як джерело додаткової інформації для моніторингу режимів споживання взаємопов'язаних енергетичних ресурсів;

– вперше розроблено метод виявлення провалів напруги в електричній мережі теплопостачаючого підприємства шляхом застосування сингулярно-спектрального аналізу по взаємопов'язаних потоках теплової та електричної енергії, що дало змогу зменшити кількість провалів напруги та підвищити ефективність використання електричної енергії;

– вперше розроблено спосіб виявлення провалів напруги із зворотнім зв'язком по цільовому параметру і процедурою підготовки даних під вимоги розробленого методу, що дало змогу визначити необхідні засоби та заходи для його реалізації.

3. Аналіз змісту розділів дисертації

Дисертація складається з вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та 5-х додатків. Загальний обсяг роботи складає 183 сторінок друкованого тексту: 121 сторінок основного тексту; 27 рисунків та 6 таблиць в основному тексті; списку використаних джерел із 124 найменувань.

Розділ 1: Аналітичний огляд показників провалів напруг в електричній мережі та методів оцінки їх впливу на електроспоживаюче обладнання.

У першому розділі здобувачем зроблено огляд визначень провалів напруги, термінів, методів оцінки їх впливу на електроспоживаюче обладнання. Наведена класифікація провалів напруги Асоціації IEEE (Інститут інженерів електротехніки та електроніки), яка визначила сім типів провалів напруги, дано короткий їх опис. Наводяться математичні формули, які описують ці провали напруги. Зроблено огляд методів аналізу та виявлення провалів напруги.

Проаналізовано вплив провалів напруги на електричне обладнання підприємств. Встановлено, що частка відмов обладнання спричинена провалами напруги становить понад 30 %. Показано, що навіть відносно невелике зниження напруги на 20–30 % призводить до зменшення електромагнітного моменту двигуна на 36–50 %. Відзначено, що для теплопостачальних підприємств провали напруги становлять особливу небезпеку, оскільки більшість технологічних процесів, пов'язаних із циркуляцією теплоносія, забезпечується роботою асинхронних двигунів насосного обладнання. Чутливість таких двигунів до провалів напруги значною мірою впливає на надійність функціонування систем теплопостачання. Аналіз експериментальних даних, одного із підрозділів КП «Харківські теплові мережі», підтвердили наявність провалів глибиною 10–45% та тривалістю до 200 мс.

В кінці розділу 1 здобувач робить висновок, що для забезпечення надійної роботи теплопостачальних підприємств необхідний безперервний моніторинг електричної мережі та впровадження відповідних заходів та засобів щодо підвищення стійкості електроспоживаючого обладнання.

Розділ 2: Огляд заходів та засобів зменшення впливу провалів напруги.

В другому розділі зроблено огляд та аналіз: досліджень щодо факторів, які спричиняють виникнення провалів напруги; заходів та технічних засобів по зменшенню впливу провалів напруги. На основі проведеного аналіз здобувач робить висновок, що універсального засобу для компенсації провалів напруги не існує, а використання традиційних стабілізаторів та джерел безперебійного

живлення є недоцільним для насосного обладнання через їх високу вартість та обмежений термін служби. Забезпечення захисту насосів від провалів напруги неможливе без комплексного підходу. Таким рішенням є підвищення якості електричної енергії в мережі підприємства. Для подальших досліджень та повсякденного використання теплопостачальним підприємством рекомендовано застосування технології Dynamic Voltage Restorer, зокрема, пристрою SAGFiGHTER™ UST, який забезпечує швидкодію 200 мікросекунд та витримує 20-кратні пускові струми. Це технічне рішення дозволяє підтримувати стабільну напругу на стороні навантаження навіть під час глибоких провалів у мережі.

Розділ 3: Методичні підходи до зменшення провалів напруги в мережах теплопостачальних підприємств

Цей розділ є науковим ядром дисертації. Здобувач використав відому концептуальну ідею взаємозв'язку потоків теплової та електричної енергії в населених пунктах та впливу понад нормованого споживання електроенергії на виникнення провалів напруги в мережах. Автор висуває ідею, що інформація про якість теплопостачання неявно міститься у добових профілях електроспоживання. Він вважає, що наднормативне споживання електричної енергії є наслідком неякісного теплопостачання.

Зважаючи на зазначене здобувачем розроблено метод виявлення провалів напруги в електричній мережі теплопостачального підприємства та спосіб його застосування шляхом використання сингулярно-спектрального аналізу по взаємопов'язаних потоках теплової і електричної енергії та зворотного зв'язку по цільовому параметру що дало змогу своєчасно ідентифікувати можливі виникнення провали напруги та формувати управлінські рішення для їх подолання шляхом усунення дефіциту теплової енергії.

В цьому розділі визначені вимоги до системи проведення моніторингу двох типів потоків енергії. зроблено огляд математичних методів рішення задач моніторингу технічних систем. Зроблено опис методики сингулярно-

спектрального аналізу. Наведені результати апробації запропонованого методу на тестових прикладах.

Розділ 4. Економічний аналіз запропонованого методу виявлення провалів напруги в електричній мережі

Для проведення економічного аналізу здобувач вибрав статичну розрахункову модель. В якості показника ефективності вибрана точка беззбитковості. Життєвий цикл проекту впровадження запропонованого методу прийнятий 10 років. Витрати включають в себе капітальні та операційні складові. Дохід визначався як частина збитків, яких вдається уникнути за рахунок впровадження проекту. Економічний аналіз проведено на прикладі КП «Харківські теплові мережі». Здобувач в цьому розділі розрахував всі зазначені вище показники. Простий період окупності даного проекту становить 3,6 року. Далі в цьому розділі наведені підготовлені здобувачем рекомендації. щодо зменшення впливу провалів напруги в електричних мережах теплопостачальних підприємств.

Висновки за результатами виконання дисертаційної роботи підкреслюють наукову новизну та практичну цінність проведених досліджень.

4. Повнота наукових положень дослідження у дисертації та публікаціях

У дисертації сформульовані завдання, необхідні положення та повністю розкрито їх зміст відповідно до тематики дослідження. Вони відображені в 12 наукових працях, включаючи 2 статті у виданнях Scopus (Studies in Systems, Decision and Control), 4 статті у фахових виданнях категорії Б та 4 монографії. Апробація наукових досліджень відбулася на 2 міжнародних конференціях.

5. Практичне значення та апробація

Цінність наукових результатів роботи полягає у тому, що в ній запропоновано рішення важливого науково-технічне завдання – зменшення впливу провалів напруги в електричних мережах теплопостачальних

підприємств, шляхом розробки нового методу та способу його використання із застосуванням сингулярно-спектрального аналізу по взаємопов'язаних потоках теплової та електричної енергії. Запропоновано також технічні рішення та рекомендації по використанню зазначеного метода. Результати роботи мають високий ступінь готовності до впровадження. Розроблені методи та засоби аналізу впроваджені в операційну діяльність КП «Харківські теплові мережі», що підтверджено трьома актами від 2025 року.

6. Відсутність (наявність) порушення академічної доброчесності

Перевірка на доброчесність велась без застосування спеціальних засобів, візуально. За результатами розгляду дисертаційної роботи та публікацій автора порушення академічної доброчесності не виявлено.

7. Зауваження та дискусійні моменти

При загальній високій оцінці роботи, варто зазначити наступне:

1. В дисертації, а саме в розділах 1-3 оглядові та довідкові матеріали наведено занадто детально. Вони займають понад 30 % основного тексту, що затрудняє його розумінню.
2. Рекомендації по застосуванню запропонованого методу та способу його використання не структуровані та не виділені в окремий підрозділ.
3. При проведенні економічного аналізу доцільно було б застосувати динамічну модель (із дисконтуванням грошових потоків), все таки життєвий цикл проекту зазначено 10 років і за такий період цінність грошей може суттєво зменшитись.

8. Загальний висновок

Дисертаційна робота Кауркіна Євгена Олексійовича є завершеною кваліфікаційною працею, яка містить нові науково обґрунтовані результати, що вирішують важливу задачу енергетики. Робота повністю відповідає вимогам Порядку присудження ступеня доктора філософії. Автор роботи, Кауркін Євген Олексійович, заслуговує на присвоєння наукового ступеня доктора філософії

(Ph.D.) за спеціальністю 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка.

Рецензент

канд. техн. наук, ст. наук. співр.
Інститут загальної енергетики НАН України Володимир ДЕРІЙ

Підпис к.т.н., ст. наук. співр. Дерія В.О.

ЗАСВІДЧУЮ

Вчений секретар
Інституту загальної енергетики НАН України
канд. техн. наук, ст. наук. співр. Ірина ЛЕЩЕНКО

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ЗАГАЛЬНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ
Ідентифікаційний код 04589627
м. Київ