ВІДГУК

офіційного опонента 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

за спеціальністю 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

1. Актуальність дисертаційного дослідження

Якість електричної енергії є одним із визначальних чинників надійності функціонування сучасних електротехнічних комплексів. Особливої уваги потребують короткочасні зниження діючого значення напруги — провали напруги, які, незважаючи на відносно невелику тривалість, можуть викликати спрацювання захисних пристроїв, порушення роботи електроприводів, зупинку технологічного обладнання та інші небажані наслідки.

Для підприємств теплопостачання ця проблема має додатковий аспект. Значна частина технологічного обладнання таких підприємств представлена насосними агрегатами та асинхронними електродвигунами, для яких стабільність напруги живлення безпосередньо пов’язана з можливістю підтримання необхідних технологічних режимів.

Актуальність дослідження Кауркіна Є. О. визначається тим, що автор розглядає проблему не лише з позицій реєстрації вже наявних провалів напруги, а намагається перейти до **їх попереднього виявлення та впливу на умови, що сприяють їх виникненню**.

У дисертації встановлено наявність провалів напруги в електричних мережах теплопостачального підприємства. Для досліджуваного об’єкта характерними є провали глибиною 10–45 % від номінальної напруги та тривалістю 40–200 мс, причому їх частота зростає в осінньо-зимовий період.

Отже, вибрана тема є актуальною як з наукової, так і з прикладної точки зору.

2. Загальна характеристика роботи

Дисертація виконана за спеціальністю 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка.

Тема роботи – **«Методи і засоби зменшення впливу провалів напруг на технічні комплекси підприємств теплопостачання»**. Об’єктом дослідження визначено провали напруги в електричній системі та їх вплив на електротехнічне обладнання підприємства теплопостачання, а предметом — способи виявлення, аналізу та контролю провалів напруги в електричній мережі такого підприємства.

Мета роботи сформульована як підвищення якості електричної енергії шляхом зменшення провалів напруги через зниження понаднормативного електроспоживання на основі точного регулювання рівня теплопостачання.

Структура дисертації відповідає поставленій меті. Перший розділ присвячений аналізу провалів напруги та їх впливу на електроспоживаюче обладнання; другий – причинам виникнення та заходам зменшення їх впливу; третій містить основну методичну частину із застосуванням сингулярно-спектрального аналізу; четвертий присвячений економічному оцінюванню запропонованого рішення.

Така побудова дає можливість послідовно перейти від встановлення проблеми до розроблення методу її розв’язання та оцінювання практичної доцільності.

3. Аналіз основних положень дисертації

Розділ 1

Перший розділ містить аналіз показників якості електричної енергії, визначення та класифікацію провалів напруги, огляд методів їх виявлення, а також оцінювання впливу провалів на електротехнічне обладнання.

До позитивних аспектів належить розгляд різних методів виявлення провалів, зокрема FFT, PLL, SPLL та методів, заснованих на аналізі пікового значення напруги. Автор не лише перелічує відповідні методи, а звертає увагу на відмінності між ними за швидкодією, точністю та можливістю реалізації в реальному часі.

Важливим є проведення експериментального дослідження безпосередньо в мережі теплопостачального підприємства. Отримані дані підтверджують, що проблема провалів напруги не є суто теоретичною.

Розділ 2

Другий розділ присвячено причинам виникнення провалів напруги та аналізу технічних заходів щодо зменшення їх впливу.

Позитивним є те, що автор розглядає проблему на різних рівнях: від причин виникнення провалу в електричній мережі до його впливу на кінцеве обладнання.

Особливий інтерес становить перехід від традиційного підходу, за якого негативні наслідки провалів компенсуються технічними пристроями, до підходу, спрямованого на **зменшення ймовірності виникнення несприятливого режиму**.

Розділ 3

Цей розділ є центральним з погляду наукового внеску здобувача.

Автор використовує сингулярно-спектральний аналіз для оброблення взаємопов’язаних часових рядів теплової та електричної енергії. Запропонований підхід дозволяє розглядати зміну електроспоживання не як ізольований процес, а у взаємозв’язку з режимом теплопостачання.

Структура третього розділу передбачає:

– розгляд математичних методів моніторингу технічних систем;

– розроблення методу виявлення провалів напруги із застосуванням SSA;

– перевірку достовірності методу визначення «розладнання»;

– оброблення реальних даних електроспоживання запропонованим методом.

Особливо позитивно оцінюю наявність окремих тестових прикладів у додатках, де перевіряється здатність методу виділяти структурні компоненти часових рядів.

Це підвищує переконливість методичної частини роботи.

Розділ 4

Четвертий розділ присвячено економічному аналізу запропонованого методу. У ньому розглядаються методика розрахунку економічних збитків від неякісної електричної енергії та питання беззбитковості запропонованого рішення.

Наявність такого розділу є позитивною рисою дисертації, оскільки запропонований метод оцінюється не лише за технічними характеристиками.

4. Наукова новизна

Наукова новизна роботи, на мою думку, полягає передусім у формуванні **нового підходу до виявлення та попередження провалів напруги через аналіз взаємопов’язаних енергетичних процесів**.

Автором заявлено такі основні результати:

1 уперше показано взаємопов’язаність якісних показників споживання теплової та електричної енергії, що дозволяє використовувати показники якості електричної енергії як додаткове джерело інформації для моніторингу режимів споживання взаємопов’язаних енергетичних ресурсів;

2 уперше розроблено метод виявлення провалів напруги в електричній мережі теплопостачального підприємства на основі сингулярно-спектрального аналізу взаємопов’язаних потоків теплової та електричної енергії;

3 уперше розроблено спосіб виявлення провалів напруги із зворотним зв’язком за цільовим параметром та процедурою підготовки даних.

Сукупність цих результатів формує завершену методологічну конструкцію: **отримання інформації → виявлення зміни режиму → встановлення її характеру → формування керуючого впливу**.

Саме ця послідовність є, на мою думку, найбільш істотним науковим результатом роботи.

5. Обґрунтованість і достовірність

Достовірність основних результатів забезпечується використанням комплексу взаємодоповнюючих методів: аналізу показників якості електричної енергії, математичного моделювання, аналізу часових рядів, сингулярно-спектрального аналізу та експериментальної перевірки.

Важливим є використання реальних даних електричної мережі підприємства теплопостачання. За результатами вимірювань було зафіксовано конкретні випадки провалів напруги, що дозволило перейти від загального аналізу проблеми до дослідження фактичного режиму роботи об’єкта.

Додатковим аргументом на користь достовірності є перевірка запропонованого методу на тестових часових рядах із відомими структурними складовими.

Таким чином, основні результати мають достатню теоретичну та експериментальну основу.

6. Практичне значення

Практична спрямованість дисертації є однією з її суттєвих переваг.

Автором зазначено, що практичне значення полягає у:

– зменшенні появи провалів напруги завдяки застосуванню розробленого методу та точному регулюванню системи керування теплопостачанням;

– отриманні технічних рішень щодо використання запропонованого методу;

– підвищенні енергоефективності електроспоживання на основі взаємопов’язаного енергопостачання.

Особливо важливо, що результати не залишилися на рівні теоретичної пропозиції. Вони використані на КП «Харківські теплові мережі», що підтверджено актами впровадження від **01.05.2025, 11.07.2025 та 07.12.2025**.

Це свідчить про можливість практичного використання отриманих результатів у реальних умовах експлуатації.

7. Публікації та особистий внесок здобувача

Основні результати дисертації оприлюднені у наукових працях здобувача.

Зокрема, серед публікацій за темою роботи є стаття **«Низька якість електричної енергії у мережі живлення насосних станцій теплопостачаючого підприємства»**, опублікована у фаховому виданні категорії Б, а також спільна стаття **«Використання сингулярного аналізу для визначення часу і величини надспоживання електричної енергії»** у журналі «Системні дослідження в енергетиці», також фаховому виданні категорії Б.

Зі змісту відомостей про особистий внесок випливає, що здобувач брав участь у постановці задач, зборі та математичному опрацюванні даних, розробленні методики застосування сингулярного розкладання, аналізі результатів і формуванні висновків.

Це дозволяє вважати внесок здобувача до отриманих результатів достатнім.

8. Зауваження та питання для наукової дискусії

Поряд із позитивною оцінкою роботи вважаю за необхідне висловити декілька зауважень.

1. У дисертації провали напруги розглядаються як явище, на частоту появи якого можна впливати через регулювання пов’язаного

енергоспоживання. Водночас провали можуть виникати внаслідок аварій, коротких замикань, пусків потужних двигунів та інших причин. Бажано було б чіткіше визначити **межі застосовності запропонованого способу** та частку провалів, на яку він потенційно може впливати.

2. Сингулярно-спектральний аналіз є чутливим до вибору параметрів часового вікна та кількості компонент реконструкції. Доцільним було б ширше представити обґрунтування вибору цих параметрів і оцінити стійкість результатів при їх зміні.

3. У роботі використано взаємопов’язані часові ряди теплової та електричної енергії. При цьому на електроспоживання можуть одночасно впливати температура зовнішнього повітря, технологічний графік роботи підприємства, режим насосного обладнання та інші фактори. Бажано було б оцінити вплив таких факторів на результати ідентифікації режимів.

4. Для практичного застосування методу важливим є часовий інтервал між моментом виявлення несприятливого режиму та формуванням керуючої дії. У дисертації це питання можна було б висвітлити детальніше з урахуванням інерційності системи теплопостачання.

5. Економічний ефект від впровадження запропонованого методу залежить від вартості електричної і теплової енергії, тривалості опалювального сезону та структури навантаження. Доцільним доповненням був би аналіз чутливості економічного результату до зміни зазначених параметрів.

6. У тексті роботи трапляються окремі термінологічні та редакційні неточності, зокрема щодо формулювань, пов’язаних із «виявленням провалу» та «виявленням умов, що сприяють його виникненню». Більш чітке розмежування цих понять зробило б виклад методики однозначнішим.

Зазначені зауваження мають переважно характер рекомендацій щодо розвитку дослідження і не ставлять під сумнів основні результати дисертації.

9. Загальна оцінка роботи

Дисертація Кауркіна Євгена Олексійовича є цілісним дослідженням, у якому поєднано аналіз якості електричної енергії, дослідження провалів напруги, математичне опрацювання часових рядів та розроблення способу керування взаємопов’язаними енергетичними процесами.

Суттєвою перевагою роботи є орієнтація на **попередження несприятливого електричного режиму**, а не лише на компенсацію його наслідків. У цьому полягає відмінність запропонованого підходу від багатьох традиційних технічних рішень, спрямованих переважно на підвищення стійкості обладнання до вже виниклих порушень якості електричної енергії.

Науковий інтерес становить використання показників взаємопов’язаних потоків теплової та електричної енергії для ідентифікації режимних змін. Застосування SSA дозволяє перейти від простого реєстрування подій до аналізу структури часових даних.

Практичну цінність результатів підтверджує їх використання на КП «Харківські теплові мережі».

10. Висновок офіційного опонента

Дисертаційна робота **Кауркіна Євгена Олексійовича «Методи і засоби зменшення впливу провалів напруг на технічні комплекси підприємств теплопостачання»** є завершеним самостійним науковим дослідженням, у якому вирішено актуальне науково-практичне завдання підвищення якості електричної енергії та надійності функціонування технічних комплексів підприємств теплопостачання шляхом виявлення та зменшення негативного впливу провалів напруги.

У роботі отримано результати, що характеризуються науковою новизною, зокрема щодо використання взаємопов’язаних показників теплового та електричного споживання, застосування сингулярно-спектрального аналізу для виявлення режимних змін та формування способу керування зворотним зв’язком за цільовим параметром.

Достовірність отриманих результатів підтверджується теоретичним аналізом, математичним моделюванням, обробленням експериментальних даних, перевіркою запропонованого методу на тестових прикладах та його практичною апробацією.

Практичне значення результатів підтверджено впровадженням на КП «Харківські теплові мережі», що засвідчено відповідними актами.

Вважаю, що дисертаційна робота **«Методи і засоби зменшення впливу провалів напруг на технічні комплекси підприємств теплопостачання»** за актуальністю тематики, науковою новизною, обґрунтованістю положень, достовірністю результатів та практичним значенням відповідає вимогам, що висуваються до дисертацій на здобуття ступеня доктора філософії.

Кауркін Євген Олексійович заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка.

Офіційний опонент:
Доктор технічних наук,
професор кафедри програмної інженерії
та інтелектуальних технологій управління
Національного технічного університету
«Харківський політехнічний інститут»

_____ Катерина ЯГУП