

Заклад вищої освіти „Подільський державний університет”
Факультет енергетики та інформаційних технологій
Кафедра електротехніки, електромеханіки і електротехнологій

ДИПЛОМНА РОБОТА

на тему:

«ДОСЛІДЖЕННЯ ТОЧНОСТІ ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ»

Виконав:

здобувач вищої освіти денної форми навчання
освітнього ступеня «Магістр», освітньо-професійної
програми «Енергетичний менеджмент»
спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка
та електромеханіка»

НІКІТЮК Олександр Михайлович

Керівник канд. техн. наук, доцент

ДУМАНСЬКИЙ Олександр Васильович

Оцінка захисту:

Національна шкала _____

Кількість балів _____ Шкала ECTS _____

« ____ » _____ 2023 р.

Допускається до захисту:

« ____ » _____ 2023 р.

Гарант освітньо-професійної програми
«Енергетичний менеджмент» спеціальності
141 «Електроенергетика, електротехніка
та електромеханіка»
докт. с-г. наук, канд. техн. наук, доцент

Олег ТКАЧ

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ МЕТОДІВ ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ.....	10
1.1 Показники якості електроенергії в електричних мережах.	10
1.2. Основні типи спотворень якості електричної енергії	30
1.3.Засоби вимірювання та покращення якості електричної енергії	32
Висновки до розділу 1	57
РОЗДІЛ 2 РОЗРОБКА СПОСОБУ ВИЗНАЧЕННЯ НАЯВНОСТІ СПОТВОРЕНЬ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ.....	58
2.1. Методи визначення параметрів якості електричної енергії	58
2.2 Розробка способу виявлення та ідентифікації спотворень якості електроенергії.....	62
Висновок до розділу 2.	75
РОЗДІЛ 3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ РОЗРОБЛЕНОГО СПОСОБУ ВИЯВЛЕННЯ НАЯВНОСТІ СПОТВОРЕНЬ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ	76
Висновки до розділу 3	81
РОЗДІЛ 4 РОЗРОБКА СТАРТАП ПРОЄКТУ	82
4.1 Опис ідеї проєкту	82
4.2 Пропозиція впровадження інформаційної моделі для контролю показників ЯЕЕ генеруючих ВДЕ.....	83
4.3 Технологічний аудит проєкту.....	88
4.4 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проєкту.....	90
4.5 Розроблення ринкової стратегії проєкту	92
4.6 Розроблення маркетингової програми стартап-проєкту.....	93
Висновки до розділу 4	94
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	95
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	97

ВСТУП

Актуальність теми.

Якість електроенергії має велике значення для технологічних процесів у будь-якому виробництві. Взагалі, низька якість електроенергії означає будь-які відхилення в енергопостачанні, які призводять до порушень у нормальному функціонуванні виробничих процесів або до пошкодження обладнання, трансформаторів та електродвигунів.

За даними зарубіжних досліджень, країни Європи щорічно зазнають втрат у розмірі десятків мільярдів євро від неякісної електричної енергії. На відміну від цього, інформація про втрати від неякісної електричної енергії в Україні наразі відсутня. Це пояснюється тим, що проблему якості електричної енергії систематично вивчають лише науковці, хоча втрати від неякісної електричної енергії мають тенденцію до щорічного зростання (наприклад, в США ці втрати подвоїлися за останні десять років).

Крім того, широке впровадження розподілених джерел енергії як приватними споживачами, так і корпоративним сектором, а також компаніями, що здійснюють генерацію електроенергії, формування віртуальних електростанцій, пов'язане з необхідністю забезпечення динамічного балансу між споживанням та генерацією електроенергії на мікро- та макрорівнях. Це ставить перед нами нові завдання, розв'язання яких не можна здійснити лише за допомогою традиційних підходів, які використовуються для будівництва централізованих електроенергетичних мереж.

Мета цього дослідження полягає у підвищенні ефективності та точності виявлення спотворень якості електроенергії шляхом розробки або модифікації методу їх визначення.

Сформована мета вимагає наступні завдання дослідження:

1. Провести аналіз впливу розподілених джерел енергії на стан якості електропостачання в інтегрованих електричних мережах.
2. Оцінити сучасний стан методів та засобів оцінювання якості

електричної енергії.

3. Визначити характеристичні ознаки вимірювального сигналу для ідентифікації спотворень при оцінюванні якості електропостачання у реальному часі.

Об'єкт дослідження – процес оцінювання якісних характеристик режимів електропостачання в інтегрованих системах.

Предмет дослідження – методи та засоби оцінювання якісних характеристик режимів електропостачання в інтегрованих системах

Методи дослідження. Основу виконаних досліджень склали такі методи:

- Проведення системного аналізу показників якості електричних мереж та визначення факторів, що впливають на ці показники.
- Використання математичного моделювання для вивчення впливу показників якості на електричні мережі з метою формування завдань з підвищення швидкодії та точності вимірювань показників якості електроенергії.

Наукова новизна одержаних результатів.

1. Проведено порівняльний аналіз методів виявлення аномалій в інформаційних сигналах.
2. Вдосконалено модель ідентифікації спотворень в інформаційних сигналах.
3. Розроблено алгоритм для підвищення точності визначення показників якості електроенергії.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Стан сучасної електроенергетичної галузі в Україні вказує на необхідність відповідності жорстким вимогам щодо якості електроенергії для інтеграції з електроенергетичними системами країн ЄС. Це вимагає контролю за показниками якості електроенергії, оскільки їхнє порушення може призвести до значних економічних збитків як для енергетичних компаній, так і для споживачів.

2. Однією з основних проблем контролю за якістю електроенергії в Україні є відсутність засобів автоматичного збору та обробки інформації, що ускладнює швидке виявлення та ідентифікацію спотворень сигналів.

3. Недостатня чіткість інформації щодо спотворень сигналу також призводить до значних витрат, що підкреслює необхідність підвищення точності та швидкості вимірювань показників якості електроенергії.

4. Порівняльний аналіз методів виявлення аномалій в інформаційних сигналах проведено.

5. Модифіковано модель ідентифікації спотворень інформаційних сигналів.

6. Розроблено алгоритм, який покращує точність визначення показників якості електроенергії.

7. Розроблена модель ґрунтується на сучасних математичних методах та технічних засобах для підвищення точності та швидкості визначення спотворень інформаційних сигналів.

8. Це дозволило значно покращити швидкість виявлення спотворень у сигналі та збільшити мобільність проведення моніторингу якості електричної енергії.

9. Отриманий продукт практично не має конкурентів на ринку і викликає попит серед науковців, дослідників, державних енергетичних компаній та інвесторів.

10. Головним бар'єром для впровадження проєкту є складність в його рекламуванні. Конкуруючі проєкти обмежені в інформації та не забезпечують виявлення та ідентифікацію спотворень інформаційних сигналів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Akagi, H. Active harmonic filters / Proceedings of the IEEE, vol. 93, no. 12, December 2005, pp. 2128-2141.
2. Electronics Specialists Conference, 15-19 June 2008, pp. 2300-2305.
Режим доступа: http://www2.ing.puc.cl/power/paperspdf/dixon/61_a.pdf.
3. Parkatti P., Salo M., Tuusa H. Experimental results for a current source shunt active power filter with series capacitor / IEEE Power Electronics Specialists Conference, 15-19 June 2008, pp. 3814-3818.
4. Агунов, А.В. Статический компенсатор неактивных составляющих мощности с полной компенсацией гармонических составляющих тока нагрузки / Электротехника. 2003. - № 2. - С.47-50.
5. Агунов, А.В. Улучшение электромагнитной совместимости в автономных электроэнергетических системах ограниченной мощности методом активной фильтрации напряжения // Электротехника. 2003. — № 6. - С. 52-56.
6. Бесекерский, В.А. Теория систем автоматического управления / В.А. Бесекерский, Е.П. Попов. Изд. 4-е перераб. и доп. СПб.: Изд-во «Профессия», 2004. - 752 с.
7. Бессонов, Л.А. Теоретические основы электротехники. Электромагнитное поле: учебник. 9-е изд., перераб. и доп. — М.: Гардарики, 2001. - 317 с.
8. Вагин, Г.Я. Построение систем электроснабжения промышленных предприятий с учетом электромагнитной совместимости электроприемников // Промышленная энергетика. 2005. - № 2. — С. 3843.
9. ГОСТ 13109-97 Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. — М.: Издательство стандартов, 1998 — 32 с.
10. Григорьев, О. Высшие гармоники в сетях 0,4 кВ // Новости

электротехники. 2002. - №6. - Режим доступа:
<http://www.news.elteh.ru/arh/2003/14.php>

11. Григорьев, О. Высшие гармоники в сетях электроснабжения 0,4 кВ // Новости электротехники. — 2003. № 1. - С. 54-56.

12. Жежеленко, И.В. Высшие гармоники в системах электроснабжения промпредприятий / И.В. Жежеленко. М.: Энергоатомиздат, 2000. - 186 с.

13. Железко, Ю.С. Потери электроэнергии. Реактивная мощность. Качество электроэнергии: Руководство для практических расчетов / Ю.С. Железко. — М.: ЭНАС, 2009. — 456 с.

14. ГОСТ 13109–97. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения [Текст] / Минск: ИПК. Изд-во стандартов, 1998. – 30 с.

15. Dash, P. Frequency Estimation of Distorted Power System Signals Using Extended Complex Kalman Filter [Text] / P. Dash, A. Pradham, G. Pauda // IEEE Trans. on Power Delivery. – 1999. – Vol. 14, № 3. – P. 230–238.

16. Волошко, А. В. Устранение влияния нестабильности частоты сети на точность определения качества электрической энергии [Текст] / А. В. Волошко, О. В. Коцарь // Техническая электродинамика. –1994. – № 4. – С. 73–77.

17. Волошко, А. В. Интерполяция и повышение точности проведения гармонического и спектрального анализа [Текст] / А. В. Волошко // Техническая электродинамика. – 1991. – № 3. – С. 8–13.

18. Большев, П. Н. Таблицы математической статистики [Текст] / П. Н. Большев, Н. В. Смирнов. – М.: Наука, 1983. – 416 с.

19. ГОСТ Р 51317.4.30-2008 (МЭК 61000-4-30:2008) Электромагнітна сумісність (ЕМС) [Текст] / Частина 4-30. Методи випробувань та вимірювань. Методи вимірювання якості електричної енергії, 2008. – 59 с.

20. Стогній Б. С. Інтелектуальні електричні мережі електроенергетичних систем та їхнє технологічне забезпечення [Текст] / Б. С. Стогній, О. В. Кириленко, С. П. Денисюк // Технічна електродинаміка. – 2010. – № 6. – С. 44–50.

21. Шон Ф. Ч. Исследования и оценка эффективности повышения качества электроэнергии при интеграции распределенных генераций с системами электроснабжения на нескольких новых показателях [Текст] // Вестник ИрГТУ. – 2013. – № 7 (78). – С. 149–153.

22. Праховник А. В. Перспективы и пути развития распределенной генерации в Украине [Текст] / А. В. Праховник В. А Попов, Е. С. Ярмолюк и др. // Энергетика: економіка, технології, екологія. – 2012. – № 2. – С. 7–14.

23. Гольденберг Л.М., Матюшкин Б.Д., Поляк М.Н. Цифровая обработка сигналов Радио и связь, 1985

24. Куско, А. Качество электрической энергии [Текст] / А. Куско, М. Томпсон. – М.: Додэка-XXI, 2008. – 336 с.

25. Бекиров Э. А. Анализ качества электрической энергии, генерируемой солнечной электростанцией в энергосистему. [Текст] / Бекиров Э. А., Романовский И. В. // Строительство и техногенная безопасность. – 2011. – Вып. 40. С. 106-115.

26. Кириленко О. В. Технічні аспекти впровадження джерел розподільної генерації в електричних мережах. [Текст] / Кириленко О. В., Павловський В. В., Лук'яненко Л. М. // Технічна електродинаміка. – 2011. – №1. – С. 46–51.

27. Коновал В. С. Дослідження впливу вітрової електростанції на режимі роботи електричної мережі / В. С. Коновал, А. Ю. Кучинський, О. І. Горак. – С. 64-69.

28. Гладь І. В. Проблеми та принципи проектування універсального апаратно-програмного комплексу для енергетичних обстежень електромереж [Текст] / Гладь І. В., Галушак І. Д., Поточний А.І., Маскевич

У. М., Бацала Я. В., Кіянюк О. І. // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – 2008. – № 3(28). – С. 83-87.

29. Вимоги до вітрових та сонячних фотоелектричних електростанцій потужністю більше 150 кВт щодо приєднання до зовнішніх електричних мереж // Жовтень 2011 року. – С. 1- 42.

30. ГОСТ 13109-97. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения».

31. IEC TR 61000-3-7: EMC-limits. Limitation of voltage fluctuations and *flicker* for equipment connected to medium and high voltage power supply systems. (February 2008).