

Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
Навчально-науковий інститут заочної і дистанційної освіти
Факультет енергетики та інформаційних технологій
Кафедра електротехніки, електромеханіки і електротехнологій

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на тему:
**ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ
ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ НА ЕЛЕКТРИЧНУ МЕРЕЖУ**

Виконав:

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

_____ **Ігор ПЕТРУНЯК**

Керівник: канд. техн. наук, доцент

_____ **Юрій ПАНЦИР**

Оцінка захисту:

Національна шкала _____
Кількість балів _____ Шкала ECTS _____

Допускається до захисту:

«_____» _____ 2024 р.

Гарант освітньої програми

«Електроенергетика,

електротехніка та електромеханіка»

спеціальності 141 «Електроенергетика,

електротехніка та електромеханіка»

кандидат технічних наук, доцент _____ **Павло ПОТАПСЬКИЙ**

м. Кам'янець-Подільський, 2024р.

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота складається з пояснювальної записки та графічної частини. Пояснювальна записка виконана на 109 сторінках формату А4, яка включає в себе рисунки, таблиці, та джерел використаної літератури.

В кваліфікаційній роботі розглянуто проблеми функціонування електричних мереж з відновлюваними джерелами енергії, та вплив джерел на надійність електричних мереж. Проведено аналіз методів оцінювання надійності в умовах зростання відновлюваної енергетики. Виконано аналіз показників балансової надійності з врахуванням відновлюваних джерел електроенергії. Проведено розробку методу оцінювання впливу відновлюваних джерел електроенергії на режим електричних мереж.

Актуальність теми. В останні десятиліття у світі спостерігається стійке зацікавлення проблемами використання ВДЕ , особливо у контексті їх роботи в електричних мережах енергосистем. Небаланс електричного навантаження є характерною проблемою будь-якої країни. Необхідність покриття нерівномірного навантаження тісно пов'язана з погіршення якості електроенергії, зі зниженням надійності та економічності функціонування енергосистеми.

Актуальність роботи пов'язана з широким розповсюдженням джерел розподіленої генерації, а також тим фактором, що електричні мережі проектувалися для умов централізованого електропостачання, а розбудова в них ВДЕ породжує нові нехарактерні для минулого періоду проблеми і задачі. В першу чергу, впливає нестабільність генерування ВДЕ через природну залежність від стану навколишнього середовища.

Мета і задачі дослідження. Метою даної кваліфікаційної роботи є аналіз балансової надійності електричних мереж у разі підключення до них відновлюваних джерел енергії.

Об'єкт дослідження. Розподільні електричні мережі з генерацією від альтернативних джерел енергії.

Предмет дослідження. Вплив відновлюваних джерел енергії на режимі функціонування розподільчих електричних мереж.

Методи дослідження. Основою роботи є моделювання режимів функціонування розподільчої мережі з генераційними джерелами на базі відновлюваних джерел енергії. Оброблення результатів дослідження здійснювалося із використанням програмного забезпечення DigSilent Power Factory.

Наукова новизна одержаних результатів. Запропоновано застосування моделі сталого енергетичного розвитку із використанням нетрадиційних та відновлюваних джерел енергії (НВДЕ), що передбачає мінімізацію негативного впливу на навколишнє середовище, а також демонополізацію не лише виробництва, але й постачання та споживання енергії.

Публікації. Ігор ПЕТРУНЯК / ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ РОБОТИ РОЗПОДІЛЬНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ // IV Всеукраїнська студентська науково-практична конференція «Ефективне використання енергії: стан і перспективи» (09 листопада 2024 року) / Заклад вищої освіти «Подільський державний університет». Кам'янець – Подільський. 2024.

Ключові слова: ВІДНОВЛЮВАЛЬНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ, SMART GRID, ПОТОКИ ПОТУЖНОСТІ, ВТРАТИ ПОТУЖНОСТІ.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ	7
ВСТУП	8
1. СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ВІДНОВЛЮВАНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ В УКРАЇНІ ТА СВІТІ.....	9
1.1. Потенціал розвитку відновлюваних джерел енергії в Україні	9
1.2 Використання відновлюваних джерел енергії в Україні	11
1.3 Інтеграція відновлюваних джерел енергії до Об'єднаної енергосистеми України	13
1.4 Аналіз зміни структури генеруючих потужностей в Україні.....	20
1.5 Розвиток розподіленої генерації у світі	30
Висновки до розділу 1	45
2. АНАЛІЗ ВПЛИВУ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ НА БАЛАНСОВУ НАДІЙНІСТЬ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНОЇ СИСТЕМИ.....	46
2.1 Загальні методи оцінки надійності електроенергетичних систем	46
2.2 Базові показники оцінки балансової надійності електроенергетичних систем при інтеграції відновлюваних джерел енергії.....	47
2.3 Алгоритм розрахунку показників балансової надійності.....	52
2.4 Визначення базових показників надійності електроенергетичної системи	57
2.5 Обґрунтування методу оцінювання надійності	60
Висновки до розділу 2	69
3. МОДЕЛЮВАННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ РОЗПОДІЛЬНИХ МЕРЕЖ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ.....	70
3.1 Вихідні данні району електричних мереж	70
3.2 Аналіз режиму літнього мінімуму навантаження	73
3.3 Аналіз післяаварійних режимів за умови літнього мінімуму навантаження.....	79
3.4 Аналіз режиму за умови літнього максимуму навантаження та реконфігурація схеми мережі з точки зору мінімізації втрат потужності	80
Висновки до розділу 3	86

4. ОБҐРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ	87
4.1. Опис ідеї роботи	87
4.2. Технологічний аудит ідеї роботи	89
4.3. Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту	89
Висновки до розділу 4	92
5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	93
5.1. Технічні характеристики і вибір місць розташування нового енергетичного устаткування	93
5.2. Дослідження та аналіз умов праці на робочих місцях електротехнічних працівників	95
5.3. Визначення та оцінка шкідливих і небезпечних виробничих чинників	98
5.4. Вибір технічних та організаційних заходів з безпеки праці	98
5.5. Вибір та розрахунок технічних засобів і заходів безпеки до електроустановок	99
5.6. Розрахунок захисного заземлення електроустановок напругою до 1 000 В з глухозаземленою нейтраллю	102
5.7. Надзвичайні ситуації	103
Висновки до розділу 5	104
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	105
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ.....	106

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Розвиток відновлюваних джерел енергії в Україні. Звіт підготовлено в рамках проекту «Секретаріат та Експертний хаб з енергоефективності», що впроваджується Програмою розвитку ООН в Україні за підтримки Уряду Республіки Словачія та сприяння Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства в Україні. 2017 р.

2. Кудря С.О. Атлас енергетичного потенціалу відновлюваних джерел енергії України / С.О. Кудря, Л.В. Яценко, Г.П. Душина та інші // К: Інститут відновлюваної енергетики НАН України, 2008. – 60 с.

3. Кудря С.О. Атлас енергетичного потенціалу відновлюваних джерел енергії України / С.О. Кудря, Л.В. Яценко, Г.П. Душина та ін. // К: Інститут відновлюваної енергетики НАН України, 2019 (Проект).

4. Національний план дій з відновлюваної енергетики на період до 2020: редакція від 01.10.2014. / Кабінету Міністрів України [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/902-2014%D1%80>

5. Енергетична стратегія України на період до 2030 р. / Міністерство енергетики та вугільної промисловості України [Електронний ресурс]. Режим доступу:

<http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/uk/doccatalog/list?currDir=50358>

6. Закон про електроенергетику: редакція від 01.01.2019. / Верховної Ради України [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/575/97-%D0%B2%D1%80>.

7. Дячук О. Перехід України на відновлювану енергетику до 2050 року / О. Дячук, М. Чепелев, Р. Подолець та ін. // К: Вид-во ТОВ «АРТ КНИГА», 2017. – 88 с.

8. Кириленко О.В., Павловський В.В., Лук'яненко Л.М. Технічні аспекти впровадження джерел розподіленої генерації в електричних мережах // Технічна електродинаміка. — 2011. — № 1. — С. 46—53.

9. Лежнюк П.Д., Кулик В.В., Ковальчук О.А., Хоменко В.О. Розосереджені джерела електроенергії в електричних мережах // Вісник Чернігівського державного технологічного університету. – 2011. – № 1. – С. 104–108.
10. Cutsem V. Voltage Stability of Electric Power Systems. – Kluwer Academic Publishers Group, Boston, 1998. – 379 p.
11. J. P. Lopes, et al., "Defining control strategies for microgrids islanded operation," Power Systems, IEEE Transactions on, vol. 21, pp. 916-924, 2006.
12. Кириленко О.В., Праховник А.В. Енергетика сталого розвитку: виклики та шляхи побудови // Праці Інституту електродинаміки. Спеціальний випуск. – 2010. – С. 10-16.
13. Жильцов А. В., Гай О.В., Бодунов В.М. Алгоритм встановлення джерел розподіленої генерації в електричних мережах // Збірник наукових праць Інституту проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова НАН України. – 2011. – Вип. 59.
14. Тугай Ю.І., Козирський В.В., Гай О.В., Бодунов В.М. Інтеграція поновлюваних джерел енергії в розподільні електричні мережі сільських регіонів // Технічна електродинаміка. – 2011. – №5. – С.63–67.
15. Mahat P. Control and Operation of Islanded Distribution System. – Aalborg: Aalborg University, 2010. – 174 p.
16. Черноусенко О.Ю. Вплив роботи енергоблоків ТЕС в маневровому режимі на надійність та аварійність енергетичного обладнання / О.Ю. Черноусенко, В.А. Пешко // Вісник НТУ «ХПІ». – 2016. – № 8(1180). – С. 100-106.
17. Capacity Value of PV and Wind Generation in the NV Energy System S. Lu R. Diao N. Samaan P. Etingov Pacific Northwest National Laboratory Richland, Washington, - September 2012.

18. Billinton R. Reliability Assessment of Electric Power Systems Using Monte Carlo Methods / R. Billinton – Springer Science+Business Media, LLC.1994. – 361 p

19. Кузнєцов М.П. Особливості стохастичної оптимізації гібридних енергосистем на базі ВДЕ / М.П. Кузнєцов, О.В. Лисенко, О.А. Мельник // Відновлювана енергетика. – 2018. – № 2. – С. 6-15.

20. Victor O. Okinda, A review of techniques in optimal sizing of hybrid renewable energy systems. / O. Okinda Victor, A. Odero Nichodemus // IJRET: International Journal of Research in Engineering and Technology. – 2015. – №11. P.153-163

21. Reliability Standard Methodology. Annex C. Department of Energy&Climate Change [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/223653/emr_consultation_annex_c.pdf.

22. Interim Report of the Sector Inquiry on Capacity Mechanisms, Report from the Commission, Brussels [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://ec.europa.eu/competition/sectors/energy/capacity_mechanism_report_en.pdf.

23. Про підготовку обладнання електростанцій і теплових мереж до надійної та ефективної роботи у 2017 році та в осінньо-зимовий період 2017/2018 року. Наказ 31.10.2016 № 684 [Електронний ресурс].

24. Максимальні та мінімальні навантаження енергоблоків ТЕС, блочних ТЕЦ, ТЕЦ і промстанцій на осінньо-зимовий період 2013/2014 рр.

Інформація	ДП	«НЕК	«Укренерго».
------------	----	------	--------------

25. Онлайн-карти енергетичного сектору [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://map.ua-energy.org/categories/elektroenerhiia/tes#>

26. Єдиний державний веб-портал відкритих даних [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://data.gov.ua/dataset/31199018-e15e-4e87-bf5e-2a4293151f5c>

27. Дослідження впливу режимів генерації вітроелектричних станцій значної потужності з агрегатами нового покоління на роботу окремих електроенергетичних систем та ОЕС України в цілому на перспективу до 2020 року / В.О. Нейман [та ін.], ДПВ НДІ «Укренергомережпроект» – Х. 2007. 41 с. № 16461 ТМ-Т1.

28. Renewables.ninja [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.renewables.ninja/>

29. Korpikiewicz J. The Optimal Choice of Electrochemical Energy Storage Parameters / J. Korpikiewicz // Acta Energetica. – 2016. – № 1/26. Р. 56–62.

30. Козирський В.В., Гай О.В. Методи та моделі розрахунку надійності систем електропостачання: монографія. – К.: Гнозис, 2013. -563 с.

31. Правила улаштування електроустановок : [арх. 15 березня 2020] / Міненерговугілля України. — Київ : [б. в.], 2017. — 617 с.

32. ДСТУ 3569-97 Енергозбереження нетрадиційні та поновлювані джерела енергії. Основні положення (ГОСТ 30514-97). Режим доступу: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=25862. – Назва з екрана.

33. Методичні рекомендації щодо виконання та оформлення кваліфікаційної роботи магістра / Т.Д.Гуцол, Л.М.Михайлова, І.Д.Гарасимчук, В.М.Дубік, О.В.Ткач, П.В.Потапський. (За загальною редакцією Михайлової Л. М.) – ПДАТУ, 2019. – 30 с.

34. Основи безпечної експлуатації електроустановок: Підручник / С. В. Панченко, О. І. Акімов, М. М. Бабаєв та ін. – Харків: УкрДУЗТ, 2021. – 149 с.

35. Система дистанційного навчання Moodle 2.7. – «ЗВО «ПДУ»». Режим доступу: <http://pdatu.net.ua/>. – Назва з екрана.