

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

ДИПЛОМНА РОБОТА

на тему:

«ДОСЛІДЖЕННЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ПРОЦЕСІВ РОЗПОДІЛУ ЕНЕРГІЇ В СИСТЕМАХ З ЛОКАЛЬНИМИ ДЖЕРЕЛАМИ ГЕНЕРУВАННЯ ТА АКУМУЛЮВАННЯ»

Виконав:

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

КОЛЕСНИК Геннадій Вікторович

Керівник професор

МИХАЙЛОВА Людмила Миколаївна

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.....	9
1 АНАЛІЗ ПОТОЧНОГО СТАНУ ЕНЕРГЕТИЧНОГО СЕКТОРУ УКРАЇНИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЙОГО РОЗВИТКУ	11
1.1 Історія еволюції енергетики.....	11
1.2 Аналіз стану паливного-енергетичного комплексу України.....	12
1.3 Установки які працюють на традиційних джерелах енергії.....	15
1.3.1 Газотурбінна установка.....	15
1.3.2 Парогазова установка	16
1.3.3 Дизельна електростанція	17
1.4 Аналіз факторів як впливають на енергетичний стан держави.....	19
1.5 Шляхи економії паливно-енергетичних ресурсів.....	21
1.6 Детальна характеристика відновлюваних джерел енергії та перспективи їх використання в Україні.....	23
1.6.1 Енергія сонця.....	23
1.6.2 Енергія вітру.....	28
1.6.3 Енергія біомаси	32
1.6.4 Енергія водних ресурсів.....	34
1.7 Локальні джерела генерування в системах розподіленого та централізованого енергоспоживання	37
Висновки до першого розділу	40
2 КОМБІНОВАНА СИСТЕМА ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ТА ЇЇ ОСНОВНІ КОМПОНЕНТИ.....	43
2.1 Характеристика комбінованої системи електропостачання	43
2.2 Акумулявання енергії різними типами накопичувачів	44
2.2.1 Електрохімічні накопичувачі.....	44
2.2.2 Стиснене повітря.....	48
2.2.3 Супермаховик	49
2.2.4 Гідроенергія.....	51
2.3 Призначення контролера.....	52

	3
2.4 Використання інверторів.....	55
2.4.1 Ведені мережею інвертори	55
2.4.2 Автономні інвертори	56
2.4.3 Інвертори струму та напруги	58
Висновки до другого розділу	59
3 ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОЦЕСІВ РОЗПОДІЛУ ЕНЕРГІЇ В СИСТЕМАХ З ЛОКАЛЬНИМИ ДЖЕРЕЛАМИ ГЕНЕРУВАННЯ ТА АКУМУЛЮВАННЯ	60
3.1 Формування цільових функцій й обмежень задачі, методика її розв'язання.....	60
3.2 Урахування багатокритеріальності при вирішенні задачі оптимального розподілу навантажень між джерелами розосередженої генерації.....	71
3.3 Реалізація процедури багатокритеріального розподілу навантаження між джерелами генерування енергії.....	75
3.4 Практичне вирішення оптимізаційної задачі	80
Висновки до третього розділу	83
4 РОЗРОБКА СТАРТАП-ПРОЄКТУ.....	85
4.1 Поняття стартапу	85
4.2 Опис ідеї проекту	86
4.3 Технологічний аудит ідеї проекту.....	92
4.4 Аналіз можливостей запуску стартап-проекту	93
Висновки до четвертого розділу	94
ВИСНОВКИ	95
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	97

ВСТУП

Актуальність теми. На сучасному етапі розвитку електроенергетики, використання відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) та їх інтеграція до загальних мереж електропостачання стає все більш актуальним. Проте, цей процес супроводжується проблемами, пов'язаними з оптимізацією розподілу електроенергії, особливо через нестабільність параметрів ВДЕ. Відзначена стратегія розвитку енергетичної галузі сприяє покращенню енергетичної незалежності країни, підвищенню енергоефективності та зменшенню негативного впливу на довкілля. В магістерській дипломній роботі пропонується варіант, що дозволить максимально ефективно використовувати альтернативні джерела енергії та місцеві ресурси. Основною метою є знаходження рішення, яке не лише вирішить поставлені завдання, а й не порушить роботу сформованої інтегрованої енергетичної системи.

Метою кваліфікаційної роботи є: Для досягнення описаної мети були вирішені наступні завдання:

- Проведено аналіз поточного стану енергетичного сектору та визначено перелік факторів, які впливають на енергетичний стан України.
- Оцінено наявні джерела акумулювання для систем електропостачання.
- Розглянуто перспективність встановлення енергетичних установок, які працюють на основі відновлюваних джерел енергії.
- Розроблено оптимальний розподіл навантаження між окремими джерелами генерування та акумулювання енергії.

Об'єктом дослідження є процес розподілу електричної енергії в системах електропостачання.

Предметом дослідження є оптимізація розподілу електроенергії у системах, де використовуються місцеві джерела енергії та системи акумулювання, враховує різноманітні фактори.

Методи дослідження. Для вирішення визначених завдань у своїй кваліфікаційній роботі я використовував методи багатокритеріальної оптимізації та прийняття рішень. Зокрема, я використав алгоритм розподілу ресурсів, що ґрунтується на методі нелокального пошуку, запропонованому І.М. Гельфандом і М.Л. Цетліним, а також підхід Беллмана-Заде.

Наукова та практична цінність даної роботи виявляється у розробці методики розподілу навантаження між генеруючими джерелами з акумулюванням та централізованою системою електропостачання, що ґрунтується на модифікованому алгоритмі розподілу ресурсів. Під час вирішення цієї задачі було розроблено механізм, який ефективно враховує багатокритеріальність проблеми, обмежену доступність початкової інформації, можливість гнучкого формулювання та зміни пріоритетів цільових функцій і обмежень. Наприклад, цей механізм передбачає застосування лінгвістичних характеристик.

ВИСНОВКИ

1. Проведено аналіз поточного стану енергетичного сектору та визначено фактори, що впливають на енергетичний стан України. Показано, що енергетика є ключовим фактором для соціального та економічного розвитку країни. Розглянуто історію еволюції енергетики та наведено характеристику джерел розподіленої генерації. Доведено, що використання альтернативних джерел енергії може допомогти вирішити проблеми, пов'язані з погіршенням клімату у світі.

2. Розглянуто доцільність встановлення енергетичних установок, що використовують відновлювані джерела енергії. Наведено приклад комбінованої енергетичної установки, яка може допомогти зменшити проблеми енергопостачання децентралізованих ділянок та витрати на паливо для дизельних електростанцій. Проте, відзначено нестабільність виробництва відновлюваних джерел енергії через залежність від погодних умов.

3. Представлено вирішення питання оптимального розподілу навантаження між джерелами генерації та мережею з використанням алгоритму розподілу ресурсів. Розглянуто багатокритеріальну задачу з урахуванням економічних, технологічних та екологічних факторів. Запропоновано використання алгоритму нелокального пошуку та підходу Беллмана-Заде для вирішення цієї задачі.

4. Запропоновано реалізацію програмного забезпечення, яке дозволяє оцінити основні характеристики джерел енергії на основі місцезнаходження споживача. Представлено можливий алгоритм роботи додатку та ілюстрацію його інтерфейсу для відображення оптимальних умов роботи кожного джерела енергії.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Веремійчук Ю.А., Опришко В.П., Притискач І.В., Ярмолюк О.С. Оптимізація функціонування інтегрованих систем енергозабезпечення споживачів. Київ, видавничий дім «КІЙ», 2020. 186 с.
2. Гиросов Э. В. Энергетика человечества в глобальном измерении. *Век глобализации*. 2008. Вып. 2 (2). С. 66—76.
3. Плачкова С. Г. Энергетика: історія, сучасність і майбутнє. *Пізнання й досвід – шлях до сучасної енергетики* : електрон. наук. пізнавальне видання. 2011. URL: <http://energetika.in.ua/>
4. Копішинська К. О., Широкова І. С. Сучасний стан та перспективи інноваційного розвитку атомної енергетики України. *Економічний вісник Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"*. 2019. Вып. 16. С. 350-359. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/evntukpi_2019_16_37.
5. Інформаційна довідка про основні показники розвитку галузей паливно-енергетичного комплексу України. Міністерство енергетики України : офіц. веб-сайт. URL: http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/publish/newscategory?cat_id=35081 .
6. Цілі сталого розвитку: Україна. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України: офіц. веб-сайт. URL: https://menr.gov.ua/files/docs/Національна%20доповідь%20ЦСР%20України_липень%202017%20ukr.pdf .
7. Про схвалення стратегії поводження з радіоактивними відходами : Закон України від 19.08.2009 р. №990-р. *Урядовий кур'єр*. 2009. 9 верес. С. 14-16.
8. Державне управління у сфері поводження з радіоактивними відходами на стадії їх зберігання і захоронення. *Державне агентство України з управління зоною відчуження*: офіц. веб-сайт. URL:

<http://dazv.gov.ua/povodzhennia-z-rav/derzhavne-upravlinnya-u-sferi-povodzhennia-zradioaktivnimi-vidkhodami-na-stadiji-jikh-zberigannya-i-zakhoronennia.html> .

9. Про енергозбереження : Закон України від 01.07.1994 р. №75/94-ВР. *Законодавство України* : база даних. Верховна Рада України. Дата оновлення: 20.09.2019 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/74/94-%D0%B2%D1%80#Text> .

10. Міжнародне агентство з відновлюваних джерел енергії (IRENA). *International Renewable Energy Agency*: офіц. веб-сайт. URL <https://www.irena.org/> .

11. Про альтернативні джерела енергії : Закон України від 25.09.2008 р. №601-VI. *Законодавство України* : база даних. Верховна Рада України. Дата оновлення: 21.07.2020 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/555-15#Text> .

12. Шидловський А.К. Енергоефективність і відновлювальні джерела енергії. Київ: Українські енциклопедичні знання, 2007. 560 с.

13. Кудря, С. О. Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії : курс лекцій. м. Київ. 2011 URL: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/931> .

14. Вітроенергетика. *Державне агентство з енергоефективності та енергозбереження України*: офіц. веб-сайт. URL: <https://sae.gov.ua/uk/ae/windenergy> .

15. Про біоенергетику. *Біоенергетична асоціація України* : офіц. веб-сайт. URL: <https://uabio.org/> .

16. Стратегія розвитку біоенергетики в Україні. *Біоенергетична асоціація України*: <https://uabio.org/bioenergy-transition-in-ukraine/> .

17. Про ринок електричної енергії : Закон України від 09.11.2017 р. №2198-VIII *Законодавство України* : база даних / Верхов. Рада України.. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2019-19#Text>

18. Електрична енергія з біомаси та ТЕЦ. *Біоенергетична асоціація України*: <https://uabio.org/biopower-and-chp/> .

19. Болюх В. Ф., Данько В. Г. Основи електроніки та мікропроцесорної техніки. Харків: Національний технічний університет «ХПІ», 2011. 257 с.

20. Мхитарян Н.М., Кудря С.О., Яценко Л.В. Комплексное использование энергии возобновляемых источников. Альтернативная энергетика и экология. Київ, 2013. № 17. С. 15–22.

21. Дилигенский Н.В., Дымова Л.Г., Севастьянов П.В. Нечеткое моделирование и многокритериальная оптимизация производственных систем в условиях неопределенности: технология, экономика, экология. Москва : Машиностроение, 2004. 397 с.

22. Вернер Д., Хесс Т., Шенгер П. Локальная виртуальная электростанция. Экспериментальные исследования принципов работы микрогенерационной установки. Промышленная энергетика. 2014. № 8. С. 12–17.

23. Крисанова І.М. Оптимизация развития электроэнергетических систем методами теории нечетных множеств: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.14.01 «Енергетичні системи та комплекси», 05.13.16 «Застосування обчислювальної техніки та математичних методів у наукових дослідженнях (енергетика). Київ, 1993. 18 с.

24. Экстремум. *Вікіпедія. Вільна енциклопедія.* URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%95%D0%BA%D1%81%D1%82%D1%80%D0%B5%D0%BC%D1%83%D0%BC>. .

25. Стартап. *Вікіпедія. Вільна енциклопедія.* URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Стартап> .

26. Маляренко В. А. Энергетика і навколишнє середовище. Харків: САГА, 2008. 364 с.

27. Кудря С.О., Головка В.М. Основы конструювання енергоустановок з відновлюваними джерелами енергії. Київ, 2009. 201 с.

28. Дзядикевич Ю.В. Енергетична безпека України та її складові. Інноваційна економіка. 2014. № 6. С. 5-13.

29. Красовский А. А. Справочник по теории автоматического управления. Київ: Наука, 1987. 712 с.

30. Праховник А. В. Малая энергетика: распределенная генерация в системах энергоснабжения. Київ: Освіта України, 2007. 464 с.