

Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»  
Факультет енергетики та інформаційних технологій  
Кафедра енергозберігаючих технологій та енергетичного менеджменту

## ДИПЛОМНА РОБОТА

на тему:

# ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ГЕНЕРАЦІЇ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ НА ФОРМУВАННЯ БАЛАНСІВ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ

**Виконав:**

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

\_\_\_\_\_ **Євгеній КОРДУНЯНУ**

Керівник: канд. економічних наук, доцент

\_\_\_\_\_ **Андрій ПЕЧЕНЮК**

**Оцінка захисту:**

Національна шкала \_\_\_\_\_

Кількість балів \_\_\_\_\_ Шкала ECTS \_\_\_\_\_

Допускається до захисту:

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2023 р.

Керівник проектної групи (гарант  
освітньої програми) «Енергетичний  
менеджмент»

спеціальності 141 «Електроенергетика,  
електротехніка та електромеханіка»

доктор сільськогосподарських наук,

кандидат технічних наук, доцент

\_\_\_\_\_ **Олег ТКАЧ**

Кам'янець-Подільський, 2023 р.

## ЗМІСТ

<u>ВСТУП</u>	<u>17</u>
<u>РОЗДІЛ 1 ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕНДЕНЦІЙ РОЗВИТКУ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ В УКРАЇНІ ТА СВІТІ</u>	<u>21</u>
1.1 <u>Аналіз стану генеруючих потужностей ОЕС України та режимів їх роботи</u>	<u>21</u>
1.2 <u>Стан і розвиток сонячної та вітрової енергетики в провідних країнах світу. Статистика розвитку сонячної та вітрової електроенергетики України.</u>	<u>24</u>
1.3 <u>Перспектива побудови відновлюваних джерел енергії на території України</u>	<u>29</u>
1.4 <u>Визначення основних викликів та загрози що пов'язані зі збільшенням частки відновлюваних джерел енергії в покритті загального балансу потужності в ОЕС України</u>	<u>32</u>
<u>Висновки до розділу 1</u>	<u>35</u>
<u>РОЗДІЛ 2 ФУНКЦІОНУВАННЯ ВІТРОВИХ ТА СОНЯЧНИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ, ЇХ ВПЛИВ НА ФОРМУВАННЯ БАЛАНСУ ПОТУЖНОСТІ В ОЕС УКРАЇНИ</u>	<u>36</u>
2.1. <u>Аналіз чинників та параметри, які визначають ефективність використання сонячних та вітрових електростанцій</u>	<u>36</u>
2.2 <u>Аналіз фактичного рівня виробітку ВЕС та СЕС в ОЕС України у період 2022-2023 рр.</u>	<u>41</u>
2.2.1 <u>Визначення середньодобового рівня виробітку ВЕС та СЕС окремо для кожної пори року протягом 2022-2023 рр.</u>	<u>41</u>
2.2.2 <u>Побудова середньодобових профілів виробітку ВЕС та СЕС для кожної пори року протягом 2022-2023 рр.</u>	<u>43</u>
2.2.3 <u>Визначення погодинного коефіцієнту використання встановленої потужності для середньодобового рівня виробітку ВЕС та СЕС окремо для кожної пори року протягом 2022-2023 рр. та усередненого за два роки</u>	<u>44</u>
2.3. <u>Аналіз фактичного рівня споживання в ОЕС України протягом 2022- 2023 рр.</u>	<u>46</u>
2.4 <u>Порівняльний аналіз профілів середньодобового виробництва СЕС та ВЕС з профілями середньодобового споживання в ОЕС України</u>	<u>48</u>
<u>Висновки до розділу 2</u>	<u>50</u>
<u>РОЗДІЛ 3 ОЦІНЮВАННЯ ВПЛИВУ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ НА ФОРМУВАННЯ БАЛАНСІВ ПОТУЖНОСТІ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ СИСТЕМИ УКРАЇНИ НА 2023, 2020 р.</u>	<u>52</u>
3.1 <u>Методика визначення прогнозу електроспоживання ОЕС України</u>	<u>52</u>
3.2 <u>Методика визначення прогнозу необхідного покриття ОЕС України</u>	<u>53</u>
3.3 <u>Методика складання заданого графіку навантаження</u>	<u>55</u>
3.3.1 <u>Загальні положення складання заданого графіку навантаження</u>	<u>55</u>
3.3.2 <u>Вибір складу обладнання та розрахунок заданого графіка навантаження для виробників, які працюють за ціновими заявками</u>	<u>58</u>
3.3.3 <u>Метод відносних приростів для розподілу навантажень між ТЕС</u>	<u>70</u>
3.4 <u>Визначення вхідних параметрів для розробки усереднених балансів потужності на 2023 рік та прогнозних балансів потужності на 2020 рік</u>	<u>73</u>
3.4.1 <u>Проведення кореляційно-регресійного аналізу залежності рівня фактичного споживання 2021-2023 рр. від температури навколишнього середовища, побудова математичних моделей</u>	<u>73</u>
3.4.2 <u>Визначення середнього рівня споживання електричної енергії в ОЕС України на 2023 та прогнозного 2020 роки. Побудова профілів споживання 2023 та 2020 року</u>	<u>78</u>
3.4.3 <u>Розробка усереднених балансів потужності в ОЕС України на 2023</u>	<u>82</u>
3.4.4 <u>Визначення прогнозного рівня генерації СЕС та ВЕС на 2020 р.</u>	<u>85</u>
3.4.5 <u>Визначення прогнозного рівня генерації ТЕС, ТЕЦ, ГЕС, ГАЕС та АЕС на 2020 р.</u>	

3.5 Розробка прогнозних балансів потужності на 2020 р. 88

3.5.1 Розробка прогнозних балансів потужності на 2020 рік в умовах діючої нормативно-правової бази 88

3.5.2 Визначення граничної величини встановленої потужності ВЕС та СЕС, що забезпечить максимально можливу генерацію АЕС в умовах діючої нормативно-правової бази 91

3.5.3 Розробка прогнозних балансів потужності на 2020 р. в умовах відсутності мінімально допустимих складів обладнання ТЕС та їх максимально можливого діапазону робочої потужності 93

3.5.4 Визначення граничної величини встановленої потужності ВЕС та СЕС що забезпечить максимально можливу генерацію АЕС в умовах відсутності мінімально допустимих складів обладнання ТЕС та їх максимально можливого діапазону робочої потужності 96

Висновки до розділу 3 100

4 РОЗРОБЛЕННЯ СТАРТАП-ПРОЕКТУ 101

4.1 Опис ідеї проекту 101

4.2 Технологічний аудит ідеї проекту 103

4.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту 104

4.4 Розроблення ринкової стратегії проекту 105

4.5 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту 106

Висновки до розділу 4 107

ВИСНОВКИ 109

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ 110

ДОДАТОК 117

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Профілі добового виробництва від вітрових та сонячних електростанцій в Україні істотно відрізняються від профілів реального споживання в нашій країні. Наприклад, електроенергія, вироблена сонячними електростанціями, надходить переважно протягом світлового дня і досягає свого максимуму приблизно з 13 до 14 години. У той же час абсолютний пік споживання електроенергії в українській енергосистемі припадає на побутове використання та знаходиться поза рамками світлового дня протягом усього року. У випадку одночасної роботи цих джерел виробництва електроенергії може виникнути потреба у додаткових маневрених потужностях для забезпечення нерівномірності покриття.

2. Згідно з прогнозними добовими балансами потужності, у січні та липні 2020 року генерація від вітрових та сонячних електростанцій (ВЕС та СЕС) перевищувала генерацію газових комбінованих теплоелектростанцій (ГКТЕС), а у квітні та жовтні спостерігалася потреба у розвантаженні атомних електростанцій (АЕС) та ГКТЕС. Наприклад, у квітні потрібно було розвантажити АЕС на 475 МВт, а у жовтні – на 390 МВт. Варто зазначити, що у жовтні відзначалася наявність несумісного режиму, особливо під час нічного провалу, а у квітні – протягом дня.

3. Згідно з чинною нормативно-правовою базою, максимально можлива генерація атомних електростанцій (АЕС) за участю вітрових та сонячних електростанцій (ВЕС та СЕС) у квітні 2020 року складає: ВЕС - 2808,8 МВт, СЕС - 2404,9 МВт, а у жовтні - ВЕС - 2653,8 МВт, СЕС - 3388,7 МВт (без обмежень).

4. Успішне включення в загальний баланс потужностей вимагатиме значного розширення можливостей генеруючих установок об'єднаної енергосистеми (ОЕС) України. Це необхідно як для компенсації коливань потужності вітрових і сонячних електростанцій (ВЕС та СЕС) протягом однієї години в добовому графіку електричних навантажень, так і для компенсації змін їхньої потужності протягом доби. Таким чином, лише за

умови впровадження генеруючих установок з високою маневреністю та швидким запуском, а також застосування керованого управління попитом, включаючи споживачів-регуляторів, системи акумулювання для зменшення коливань виробництва ВЕС і СЕС тощо, необхідність суттєвих обмежень потужностей ВЕС і СЕС у майбутньому буде відсутня, і значна частка виробництва електроенергії АЕС буде збережена.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Звіт з оцінки відповідності (достатності) генеруючих потужностей. Проект Звіт ДП «НЕК Укренерго». с 117.
2. Касич А. О. Чинники розвитку альтернативної енергетики у сучасних умовах / А. О. Касич, Я. О. Литвиненко. // Економіка і суспільство. – 2022. – №12. – С. 93–99.
3. Інформація щодо потужності та обсягів виробництва електроенергії об'єктами відновлюваної електроенергетики, яким встановлено «зелений» тариф (станом на 30.06.2023). Держенергоефективність
4. Перехід України на відновлювану енергетику до 2050 року / О. Дячук, М. Чепелев, Р. Подолець, Г. Трипольська та ін. <https://ua.boell.org/uk/2022/10/24/perehid-ukrayini-na-vidnovlyuvanu-energetiku-do-2050-r>
5. Кабінет Міністрів України (2014), Національний план дій з відновлюваної енергетики на період до 2020 року. Кабінет Міністрів України, м. Київ
6. IRENA (2014b), Global bioenergy supply and demand projections – A working paper for REmap 2030. September 2014. IRENA, Abu Dhabi [http://www.irena.org/remap/IRENA\\_REmap\\_2030\\_Biomass\\_paper\\_2014.pdf](http://www.irena.org/remap/IRENA_REmap_2030_Biomass_paper_2014.pdf)
7. Башинська Ю. І. Організаційно-економічні засади використання потенціалу відновлюваної енергетики в регіоні. Дисертація. Спеціальність 08.00.05. – розвиток продуктивних сил і регіональна економіка. Львів . 2022с. 212.
8. IRENA (2020), REmap 2030 Перспективи розвитку

відновлюваної енергетики в Україні, IRENA, Абу-Дабі

9. Стан і перспективи розвитку технологій «інтелектуальних» електромереж, управління попитом та систем режимного управління в умовах розвитку поновлюваних джерел енергії у зарубіжній енергетичній сфері. Звіт ДП «НЕК Укренерго». с 122.

10. Корольчук А. Ю. Відновлювана енергетика: перспективи України [Електронний ресурс] / А. Ю. Корольчук. – Режим доступу: <http://blog.ubr.ua/politika/idnovluvana-energetika-perspektivi-kraini-6031>

11. Кравченко О. Нормативно-правове регулювання сонячної енергетики в Україні [Електронний ресурс] / О. Кравченко // Юрист і закон. –

№16 від 24.04.2019. – Режим доступу: <http://gc.ua/uk/business-news/normativno-pravove-regulyuvannya-sonyachno%D1%97-energetiki-vukra%D1%97ni>.

12. Renewables Global Status Report 2021 / Released by Frankfurt School UNEP collaborating centre. – P. 32. – Available at: [http://www.ren21.net/wpcontent/uploads/2021/06/GSR\\_2021\\_KeyFindings1.pdf](http://www.ren21.net/wpcontent/uploads/2021/06/GSR_2021_KeyFindings1.pdf)

13. Атлас енергетичного потенціалу нетрадиційних та відновлюваних джерел енергії. – К., 2018. – 54 с.

14. Замулко А.І., Веремійчук Ю.А. Організація обмеження споживачів на роздрібному ринку електричної енергії: правові питання. Енергетика: економіка, технології, екологія. 2023. № 1. С. 23-33

15. AEE-INTEC (2014), Solar heat worldwide, Markets and Contribution to the Energy Supply 2012. Edition 2014. AEE-INTEC, Gleisdorf <http://www.aee-intec.at/0uploads/dateien1016.pdf>

16. Веремійчук Ю.А., Замулко А. І., Норець М.О. Система управління безпекою постачання електроенергії. ХІVІ Міжнародна конференція Контроль і управління в складних системах (КУСС-2023) Вінницький національний технічний університет, Вінниця, 15-17 жовтня 2023 року.

17. Веремійчук Ю.А., Замулко А.І., Шпак Д.В., Управління режимами споживання електричної енергії з використанням агрегації попиту. ХІVІ Міжнародна конференція Контроль і управління в складних системах (КУСС-2023) Вінницький національний технічний університет, Вінниця, 15- 17 жовтня 2023 року.

18. Енергетична стратегія України на період до 2030 року. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [www.cfin.ru/press/management/2001-6/13.pshtml](http://www.cfin.ru/press/management/2001-6/13.pshtml). [www.raoes.ru/ru/reforming/foreign/mo-/England.pdf](http://www.raoes.ru/ru/reforming/foreign/mo-/England.pdf).

19. Енергетика, сучасність і майбутнє. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://energetika.in.ua/ua/> 4. Програма фінансування альтернативної енергетики України (USELF). Посібник для девелоперів. - Київ, 2018. – 244 с.

20. Кудря С. О. Нетрадиційні та відновлювальні джерела енергії: підручник/ С. О. Кудря; МОНМС України, НТУ України «КПІ» – К.: НТУУ «КПІ», 2017 – книга, 492 с.

21. Дудюк Д. Л. Нетрадиційна енергетика: основи теорії та задачі: навчальний посібник/ Д. Л. Дудюк, С. С. Мазепа, Я. М. Гнатишин – Львів: Магнолія 2006, 2019 - книга, 188 с.

22. The impact of renewable energy policy on economic growth and employment in European Union // Employ RES final report, 2009.

23. Assessment and optimization of renewable energy support schemes in the European electricity market // OPTRES final report,

2007.

24. Eurostat New Release «The contribution of renewable energy up to 12,4% of energy consumption in the EU27 in 2010» 18 June 2012, [Електронний ресурс]. – Режим доступу:<http://ec.europa.eu/eurostat> В США альтернативная энергетика стала конкурентоспособной. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [//pronedra.ru/alternative/2014/09/18/alternativnaya-energetika-ssha](http://pronedra.ru/alternative/2014/09/18/alternativnaya-energetika-ssha).

25. Науково-дослідна робота за договором № 06-4/2276-16 від 30.05.2021 р. між Державним підприємством «Національна енергетична компанія «Укренерго» та ТОВ «Карбон Емішн Партнершип» Визначення можливості забезпечення потреб національної економіки та суспільства у електричній енергії та потужності на середньострокову перспективу, з урахуванням стандартів операційної безпеки/науковий керівник Б.А. Костюковський; відповідальний виконавець С.В. Шульженко [та ін.], ТОВ

«Карбон Емішн Партнершип». - К. 2021.

26. Теплопостачання та кондиціонування громадських будинків з використанням поновлювальних джерел енергії [Електронний ресурс]. -

Режим доступу:

<http://visnyk.vntu.edu.ua/index.php/visnyk/article/viewFile/1523/1523>

27. Використання альтернативних джерел опалення допоможе українцям перезимувати в теплі [Електронний ресурс].- Режим доступу:

<http://ecotown.com.ua/news/vykorystannyaalternatyvnykh-sposobiv-opalennya-dopomozhe-ukrayintsyam-perezymuvaty-v-tepli>

28. С.В. Дубровський. Оптимізація навантажень ТЕС за ціновим пріоритетом. –  
Режим доступу: [http://dspace.nbuu.gov.ua/bitstream/handle/123456789/3076/2007\\_15\\_11.pdf](http://dspace.nbuu.gov.ua/bitstream/handle/123456789/3076/2007_15_11.pdf)
29. Закон України “Про ринок електричної енергії”:  
<http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2019-19>
30. Назаренко М. В., Рябченко М. В., Панкевич О. Д.. Перспектививикористання нетрадиційних джерел енергії для опалення будівель. Доступ :  
<https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fbtegp/all-fbtegp-2021/paper/download/75/409>.
31. Мандрик О. М. Аналіз використання потенціалу вітрової і сонячної енергії в карпатському регіоні. Науково-технічний журнал № 1 (13). Екологічна безпека та збалансоване ресурсовикористання 2021 С. 158- 166. ISSN 2415–3184
32. Язвінська Н.В., Барановська А.А.. Особливості ринкового позиціонування продукції для сонячної енергетики України Маркетинг і менеджмент інновацій, 2020, № 2  
<http://mmi.fem.sumdu.edu.ua/>
33. Лук’яненко Л.М., Гончаренко І.С., Аналіз режимів роботи сонячних електричних станцій залежно від зовнішніх факторів. Праці ІЕД НАНУ. 2021. Вип. 45 С. 5-8 ISSN 1727-9895.
34. Звіт «Система державної підтримки генерації електроенергії з відновлюваних джерел енергії. Аналіз законодавчих пропозицій.» DiXi Group.2023. <http://dixigroup.org/>.
35. Енергетична стратегія України на період до 2035 року "Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність" від 18 серпня 2022 р. № 605-р[Електронний ресурс] –

Режим доступу до

ресурсу:<http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/605-2022-%D1%80>

36. Карлберг К. Регрессионный анализ в Microsoft Excel / К. Карлберг. – М.: Диалектика-Вильямс, 2022. – 400 с.

37. Графік споживання ОЕС України [Електронний ресурс] // Державне підприємство "Енергоринок". – Режим доступу до ресурсу:<http://www.er.gov.ua/doc.php?dfg=1>

38. Звіт з оцінки відповідності (достатності) генеруючих потужностей. Проект/ ДП "НЕК "Укренерго"/ – Режим доступу:<https://ua.energy/wp-content/uploads/2022/10/Zvit-z-otsinky-vidpovidnosti-dostatnosti-generuyuchyh-potuzhnostej.pdf>

39. Розроблення стартап-проекту : Методичні рекомендації до виконання розділу магістерських дисертацій для студентів інженерних спеціальностей / За заг. ред. О.А. Гавриша. – Київ : НТУУ «КПІ», 2021. – 28 с

40. Стартап проекти та їх оцінювання: конспект лекцій для студентів за спеціальністю 7.121 «Інженерія програмного забезпечення» факультету інформаційних технологій УжНУ / Розробник: к.т.н. Поліщук В.В. – Ужгород: 2023. – 74 с.

41. Науково-методичні засади розроблення маркетингової стратегії стартап-проектів на промисловому ринку. / Кофанов О.Є., Зозульов О.В / Економічний простір №115, 2021. С 202-211.