

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

## ДИПЛОМНА РОБОТА

на тему:

**«ОПТИМІЗАЦІЯ РЕЖИМІВ РОБОТИ СИСТЕМ MICROGRID ШЛЯХОМ  
КОМБІНУВАННЯ ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ З ДИЗЕЛЬ-  
ГЕНЕРАТОРАМИ»**

**Виконав:**

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

**ШАМРО Олександр Артурович**

**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**

м. Кам'янець-Подільський, 2023

## ЗМІСТ

Вступ .....	9
Розділ 1 Оптимізація режимів роботи Microgrid з дизель-генераторами на основі динамічної тарифікації за станом .....	11
1.1 Системи Microgrid.....	11
1.2 Тарифікація в енергосистемі України.....	21
1.3 Особливості динамічного ціноутворення в Microgrid, формування електровартісної моделі.....	23
1.4 Дизель генератор.....	27
1.5 Основні характеристики та гідності дизель-генераторів .....	28
1.6 Особливості функціонування ДГ; оцінка технічної і економічної (фінансової) ефективності його роботи .....	29
Висновки 1 .....	32
Розділ 2 Оптимізація режимів роботи локальної гібридної Microgrid з дизель-генераторами .....	33
2.1 Аналіз гібридних систем Microgrid.....	33
2.2 Техніко-економічне обґрунтування вітро дизельної станції.....	36
2.3 Особливості роботи дизель генератора .....	41
2.4 Варіанти побудови фотоелектростанцій .....	48
2.5 Сонячно-дизельні гібридні електростанції .....	51
2.6 Собівартість енергетичного комплексу.....	53
2.7 Паливна економічність.....	54
2.8 Витрата палива дизельного генератора: розрахунок і оптимальний рівень .....	56
2.9. Факторів, що впливають на витрату палива дизель генератора .....	57

2.10	Методики розрахунку витрати палива .....	59
2.11	Витрата палива ДГ в системі .....	62
	Висновки 2 .....	64
	Розділ 3 Аналіз складових для оптимізації показників Microgrid.....	65
3.1	Аналіз складових витрат для оптимізації економічних показників Microgrid .....	65
3.2	Аналіз рівнів неоптимальності за допомогою показника реактивної потужності Фризе .....	69
3.3	Дослідження впливу перехідних процесів на витрати первинного палива .....	78
	Висновки 3 .....	86
	Висновки .....	87
	Список використаних джерел .....	88

## Вступ

**Актуальність теми.** Створення локальної електроенергетичної системи за концепцією Smart Grid вимагає перегляду архітектури системи енергозабезпечення та впровадження нових принципів функціонування на рівні технічних рішень, організаційної взаємодії технологічного рівня та фінансових розрахунків.

Microgrid є концепцією невеликої розподіленої генерації електроенергії, яка сприяє переходу від централізованої системи до використання різноманітних джерел енергії, найбільш підходящих для конкретних природних умов та потреб споживачів. Об'єкти розподіленої генерації (ДРГ) є новими елементами електротехнічної системи, які мають нові динамічні характеристики та можливості керування і вимагають комплексних досліджень в кожному конкретному випадку.

У сучасному світі важливим стає перехід від централізованої до децентралізованої системи електропостачання за допомогою Microgrid, що дозволяє ефективно використовувати розподілені ДРГ, зокрема відновлювані джерела енергії (ВДЕ). Microgrid об'єднує в собі джерела малої генерації, споживачів та системи накопичення енергії, створюючи цілісну керуючу систему електропостачання.

**Метою дипломної роботи є:** Для досягнення поставленої мети з оптимізації режимів роботи гібридних систем Microgrid з дизель-генераторами на основі динамічної тарифікації за станом були вирішені наступні завдання:

1. Розроблено методологію оптимізації режимів роботи систем Microgrid на основі динамічної тарифікації за станом.
2. Проведено аналіз гібридних систем Microgrid з дизель-генератором.
3. Вивчено та проаналізовано особливості динамічної тарифікації.
4. Побудовано моделі Microgrid з урахуванням техніко-економічних показників.
5. Визначено вартість витрат первинного палива та поточних тарифів

на електроенергію Microgrid.

6. Розроблено алгоритм оцінки фінансових та технічних показників ефективності роботи Microgrid в динамічних режимах.

7. Розроблено алгоритм оптимізації системи Microgrid з урахуванням отриманих результатів та аналізу ефективності роботи.

**Об'єктом дослідження** є перехідні та усталені процеси в автономній системі електроживлення.

**Предметом дослідження** є динамічна тарифікація у власній системі електроживлення з урахуванням зміни рівня згенерованої електроенергії під час перехідних процесів.

**Методи дослідження.** В науково-методичній основі виконаних досліджень використовувалися такі методи: системний аналіз, математичне моделювання, алгоритми та методи оцінки нерівномірності споживання електричної енергії, методи оцінки можливості зміни режиму споживання споживачів та груп споживачів, а також методи комп'ютерного моделювання.

## ВИСНОВКИ

Пропонована модель динамічної тарифікації, яка була описана у розділах 2 та 3, дозволяє досліджувати вплив швидкої зміни потужності генератора та споживання електроенергії на економічні показники системи. Результати розрахунків обсягу витрат палива показали, що ці витрати зростають пропорційно збільшенню потужності. Умовно оптимальний режим роботи характеризується меншими витратами порівняно з неоптимальним споживанням.

Розроблений алгоритм розрахунку ціни первинного палива залежно від нерівномірності споживання потужності протягом періоду  $T$  забезпечує адекватну ціну для споживачів та виробників електроенергії у режимі динамічної тарифікації. Цей алгоритм може бути використаний для систем, що включають кілька генераторів.

Розглянуті аспекти визначення витрат на установку, обслуговування і генерацію енергії джерел розподіленої генерації з відновлювальними джерелами дозволяють:

- оцінити витрати для кожного типу генераторів;
- використовувати отримані вирази для динамічної тарифікації;
- проводити оптимізацію економічних та технічних показників роботи Microgrid з метою підвищення ефективності та зменшення витрат, що призводить до зниження тарифів.

Був розроблений алгоритм для розрахунку оптимального розподілу, на основі якого було проведено комп'ютерне моделювання з використанням програм Matlab та Matcad.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Стогній Б.С., Кириленко О.В., Праховник А.В., Денисюк С.П. Інтелектуальні електричні мережі: світовий досвід і перспективи України // Пр. Ін-ту електродинаміки НАН України: 36. наук. Пр.. Спец. Випуск. Ч. 1. К.: ІЕД НАНУ, 2011. С. 5-20.
2. Суходоля О.М. Захист критичної інфраструктури в умовах гібридної війни: проблеми та пріоритети державної політики України. Стратегічні пріоритети. 2016. № 3. С. 62-76.
3. Суходоля О.М. Проблеми визначення сфери регулювання енергетичної безпеки. Стратегічні пріоритети. 2019. № 1. С. 5-17.
4. Керування енергопроцесами в Microgrid на основі оцінки рівня витрат від нерівномірного споживання електроенергії / Денисюк С. П., Романченко О. С. // About the problems of practice, science and ways to solve them, abstracts of XXIV international scientific and practical conference, 2021 – pp. 333-343.
5. Биконя О.С. Організаційно-економічний механізм формування інтелектуальної енергетичної системи України / Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата економічних наук, Київ – 2019.
6. В.Дерзский, В. Скиба. Реформирование рынка в электроэнергетике Украины и ценообразование. - <http://www.energyexpert.com.ua>
7. Кириленко О.В., Блінов І.В., Парус Є.В. «Балансуючий ринок електроенергії в Україні та його математична модель» // Техн. електродинаміка. – 2011. - №2. – С. 36-43.
8. Постанова НКРЕ від 02.04.2001 № 309 про затвердження порядку визначення тарифів на передачу електроенергії місцевими (локальними) електромережами та тарифів на постачання електроенергії для ліцензіатів з постачання електричної енергії за регульованим тарифом.
9. Грищук Ю. С. Мікропроцесорні пристрої: Навчальний посібник.– Харків: НТУ «ХП», 2008.–348с.

10. Ірина Коссе. Прозорість та економічна обґрунтованість тарифів на електроенергію – необхідна умова реформи енергетичного сектору України// Економічні аспекти Європейської інтеграції України крізь призму виконання пріоритетів ПДА: експертний аналіз, рекомендації та публічна дискусія. 2012.

11. Ukrainian market of diesel generators in 2018. May 21, 2019 "Network and Business"; V. Tkachenko; Market research of DGU "Network and Business". <https://generator.ua/masters>

12. [http://www.know-house.ru/avtor/0028/diesel\\_generator\\_fuel.html](http://www.know-house.ru/avtor/0028/diesel_generator_fuel.html)

13. Diesel power plants – the main characteristics. URL: <https://pogliad.ua/news/com-news/profesiyniy-krugozir/dizelni-elektrostantsiyi---osnovni-harakteristiki-374868>.

14. Синєглазов Віктор Михайлович «Перспективи розвитку гібридних енергетичних систем» <https://enerhodzherela.com.ua/analitika/>

15. «Расход топлива дизельного генератора: расчет и оптимальный уровень» [http://www.know-house.ru/avtor/0028/diesel\\_generator\\_fuel.html](http://www.know-house.ru/avtor/0028/diesel_generator_fuel.html)

16. <https://1kwt.com/dizelnaja-elektrostantsija-na-100-kvt-rashod-topliva>

17. Жуйков, В. Я. Енергетичні процеси в електричних колах з ключовими елементами [Текст] / В. Я. Жуйков, С. П. Денисюк. — К.: ТЕКСТ, 2010. — 264с.

18. Тонкаль, В. Е. Баланс энергий в электрических цепях [Текст] / В. Е. Тонкаль, А. В. Новосельцев, С. П. Денисюк. — К.: Наукова думка, 1992. — 312с

19. Denysiuk S. The smart grid concept implementation by expanding the use of demand side management and modern power electronic installations [Текст] / S. Denysiuk, R. Strzelecki, V. Opryshko // Енергетика: економіка, технології, екологія. – 2016. – №4(46).– С.7-17.

20. Дизельна електростанція АД-160. Електронний ресурс: <http://www.msel.com/generator/zalivka/dizelot30/AD160yamz.html> .

21. Артемів Г. А., Горбов В. М. Суднові енергетичні установки: Навчальний посібник – Миколаїв: УДМТУ, 2002. – 356 с.