

# АНАЛІЗ ВПЛИВУ СПІВВІДНОШЕННЯ ПОТУЖНОСТІ ДИЗЕЛЬ-ГЕНЕРАТОРА І СОНЯЧНОЇ СТАНЦІЇ НА РІВЕНЬ ГАРМОНІЧНИХ СПОТВОРЕНЬ В ІЗОЛЬОВАНІЙ СИСТЕМІ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

Вінницькій національний технічний університет

## **Анотація**

*В даній роботі розглянуто вплив співвідношення встановленої потужності дизельного генератора до потужності фотоелектричної станції із змінним рівнем генерації на показники якості електричної енергії на шинах споживача за результатами моделювання простої децентралізованої ізольованої мережі у складі дизель-генератора – ФЕС – навантаження.*

*Приклад мережі та результати дослідження, що наводяться, можуть бути застосовані для систем електропостачання підприємств із споживачами, що чутливі до надійності та показників якості електричної енергії.*

**Ключові слова:** коефіцієнт гармонічних спотворень (КГС), децентралізована електромережа, показники якості.

## **Abstract**

*This paper considers the impact of the ratio of the installed capacity of a diesel generator to the capacity of a photovoltaic power plant with a variable generation level on the quality of electricity at the consumer's buses based on the results of modelling a simple decentralised isolated network consisting of a diesel generator - PV power plant - load.*

*The example of the grid and the results of the study can be applied to power supply systems of enterprises with consumers sensitive to the reliability and quality of electricity.*

**Keywords:** total harmonic distortion (THD), decentralized power grid, quality factors.

## **Вступ**

Внаслідок агресії Російської Федерації, яка розпочалася 24 лютого 2022 р., відбуваються регулярні обстріли об'єктів критичної інфраструктури, включаючи об'єкти електропостачання. Станом на квітень 2024 р., значна частина маневрових об'єктів генерації зруйнована, що зумовлює дефіцит електричної енергії в об'єднаній системі України в часи найбільшого споживання (вечірній і ранішній максимуми).

В даних умовах підприємства України, діяльність яких чутлива до надійності електропостачання, все частіше розглядають вирішення питання резервування живлення шляхом встановлення дизельних електрогенераторів, систем накопичення електричної енергії у поєднанні із відновлювальними джерелами електроенергії.

Самим простим, доступним і достатнім рішенням в ситуації, що склалося, є встановлення дизельних генераторів. Дане джерело електропостачання також легко може бути доповнено фотоелектричною станцією (ФЕС) при наявних площах дахів та земельних ділянок із мінімальними економічними вкладенням. Але через свою природу, ФЕС в даній системі є допоміжним джерелом енергії з метою зменшення витрат палива на дизельний генератор.

Встановлення вітрових установок, зазвичай не завжди є технічно можливим. Використання електрохімічних систем накопичення електричної енергії не завжди є доцільною внаслідок їх високої вартості.

*Метою даної роботи є дослідження якості електричної енергії на шинах споживача в децентралізованій мережі електропостачання в залежності від потужності встановленого генератора у поєднанні із фотоелектричною станцією із змінним рівнем генерації.*

# 1. Характеристика параметрів та показників якості електричної енергії елементів децентралізованої мережі

*Дизельні генератори* На якість електричної енергії від дизельного генератора впливає стабільність напруги та частоти, коефіцієнт потужності, швидке відновлення після втрати мережі, а також ефективне управління навантаженням для забезпечення оптимального робочого режиму.

КГС в дизельному генераторі може значно варіюватися в залежності від його конструкції, типу обладнання, яким він живить, та режиму роботи. Зазвичай рівень КГС для дизельного генератора становить від 2% до 6% при повному навантаженні [1].

*Мережеві інвертори для ФЕС* Одним із ключових елементів ФЕС є мережеві інвертори, які використовуються для перетворення постійного струму на змінний і зворотно, зазвичай мають дуже низький рівень КГС – менше 3% або навіть менше у залежності від моделі [1].

## 2. Моделювання

Розглянемо роботу децентралізованої системи електропостачання (рис. 1) у складі дизельного генератора із базовою потужністю 300 кВ·А, фотоелектричної станції 100 кВ·А із змінною інсоляцією та сталим навантаженням 200 кВ·А в умовах від'єднання від мережі.

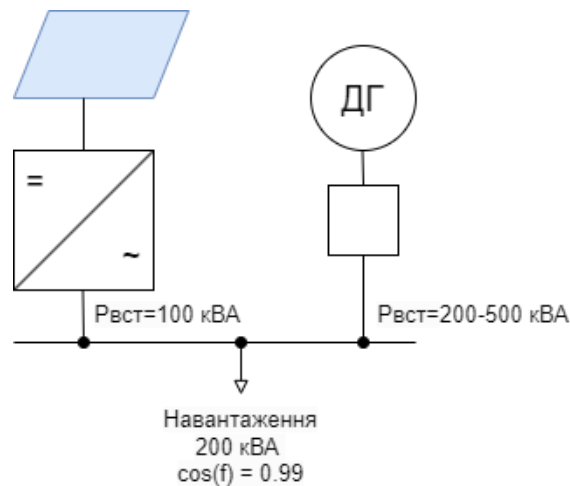


Рис. 1 - Децентралізована системи електропостачання підприємства

Для створення моделі дизельного генератора в середовищі Simulink (MatLab) використовуються блоки синхронної машини [2]. Дослідження проводились із рівнем потужності синхронної машини від 200, до 500 кВ·А із кроком 50 кВ·А.

В якості моделі інвертора ФЕС було створено дворівневу модель мережевого інвертора [3]. На вхід рівня інсоляції даної моделі буде подаватись 25%, 50%, 75%, та 100% номінальної потужності фотоелектричного поля на проміжку часу моделювання 2,5 с з кроком 0,5 с.

Рівень КГС визначається засобами Simulink за допомогою FFT Analyzer. Результати дослідження наведені у таблиці.

Таблиця 1 – Значення рівня КГС у залежності від співвідношення потужності встановленого дизельного генератора до потужності ФЕС

Рівень генерації ФЕС	Г 200 кВА		Г 250 кВА		Г 300 кВА		Г 350 кВА		Г 400 кВА		Г 450 кВА		Г 500 кВА	
	Унав, %	Інав, %	Унав, %	Інав, %	Унав, %	Інав, %	Унав, %	Інав, %	Унав, %	Інав, %	Унав, %	Інав, %	Унав, %	Інав, %
0%	24,02	24,63	14	11,82	10,32	12,85	11,08	12,83	7,46	9,6	10,1	9,29	7,76	7,78
25%	20,01	16,99	9,06	9,74	7,84	6,39	5,39	5,41	5,62	4,83	5,01	5,69	4	5,49
50%	3,45	3,06	5,56	5,94	5	4,47	3,59	3,17	3,59	3,45	2,9	3	2,7	2,61
75%	6,98	8,29	7,26	6,28	5,11	5,24	4,43	4,6	4,2	4,14	4,38	4,44	3,24	3,6
100%	8,71	7,63	5,81	6,24	5,28	5,57	5,74	5,76	4,69	5,26	4,53	4,34	4,3	4,28

## Висновки

Результати моделювання показують вплив співвідношення встановленої потужності дизельного генератора по відношенню до рівня виробітку ФЕС на КГС на споживачах. Із збільшенням встановленої потужності дизель генератора в 2,5 рази, коефіцієнт гармонічних спотворень зменшується на навантаженні в два рази при 100% генерації від ФЕС та в три рази при 25% генерації від ФЕС.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

[1] Dugan, R.C., et al. (2002) Electrical Power Systems Quality. 2nd Edition, McGraw-Hill, New York. pp. 384-388.

[2] Alias Khamis, Mohd Shahrieel Mohd Aras, Hairol Nizam Mohd Shah, Mohd Zamzuri Ab. Rashid, Mohd Khairi Mohd Zambri, Azhar Ahmad, Mohd Akmal Hakim Nor Rahim, Design and Analysis of Diesel Generator with Battery Storage for Microgrid System, International Journal of Advanced Engineering Research and Technology, Volume 5 Issue 3, March 2017, ISSN No.: 2348 – 8190, DOI: 10.4314/jfas.v10i6s.69

[3] Ahmed Rashwan, Alexey Mikhaylov, Mahmoud Hemeida, Gabor Pinter, Dina S. Osheba, Two-stage grid-connected inverter topology with high frequency link transformer for solar PV systems, Energy Reports, Volume 10,2023, Pages 1864-1874, <https://doi.org/10.1016/j.egy.2023.08.037>.

**Володимир Валер'янович Київський** – аспірант кафедри ЕСЕМ ВНТУ, e-mail: [kiev28@gmail.com](mailto:kiev28@gmail.com)

**Volodymyr Kyivskyi** - PhD student at the Department of Electrical Systems of Power and Energy Management of Vinnytsia State Technical University, e-mail: [kiev28@gmail.com](mailto:kiev28@gmail.com)