

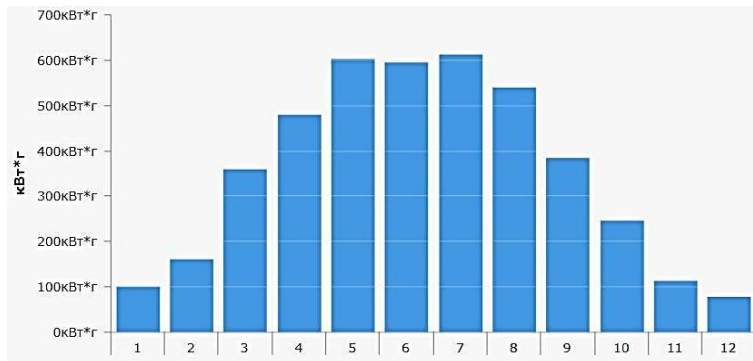


Рисунок 1. Виробіток електроенергії автономною сонячною електростанцією потужності 4,4 кВт за місяцями

Кожний новий об'єкт відновлюваної енергетики та будь яка нова система накопичення енергії є запорукою забезпечення декарбонізації й енергетичної незалежності економіки і надійною основою незалежності держави як такої.

Література

1. В.П. Коваль, П.М. Зінь. Підвищення енергоефективності низьконапірних мікроГЕС невеликої потужності з трубними осьовими гідротурбінами / *Актуальні задачі сучасних технологій: зб. тез доповідей XIII Міжнар. наук.-техн. конф. молодих учених та студентів* (Тернопіль, 11–12 грудня 2024 р.). М-во освіти і науки України, Терн. націон. техн. ун-т ім. І. Пулюя [та ін.]: ФОП Паляниця В.А., 2024. – С. 285, 286.
2. П.М. Зінь. Гідроенергетичний потенціал Тернопільської області. *Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції «Фундаментальні та прикладні проблеми сучасних технологій», присвяченої 180-річчю з дня народження Івана Пулюя та 65-річчю з дня заснування Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя, 28–29 травня 2025 року.* – Тернопіль: ТНТУ, 2025. – С. 29, 30.

УДК 621.855

О. С. Кондратюк, докт. техн. наук, проф. М. Г. Тарасенко, к. т. н., доцентка К. М. Козак
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ВПЛИВ НЕСИМЕТРИЧНОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА ЯКІСТЬ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ В МЕРЕЖАХ 0,4 КВ ТА СУЧАСНІ МЕТОДИ ЇЇ ЗМЕНШЕННЯ

O. S. Kondratiuk, Dr., Prof. M. G. Tarasenko, Ph.D., Assoc. K. M. Kozak
INFLUENCE OF UNSYMMETRICAL LOAD ON THE QUALITY OF ELECTRICITY IN 0.4 KV NETWORKS AND MODERN METHODS OF ITS REDUCTION

Найбільшим джерелом споживання електричної енергії в сучасному світі є електричні двигуни. Для їх стабільної та ефективної роботи важливим є симетричне навантаження на загальну мережу. У розподільчих електричних мережах низької напруги (0,4 кВ) спостерігається зростання рівня фазної асиметрії, зумовлене нерівномірним підключенням споживачів, а також неконтрольованим рівнем споживання ними енергії. Це явище негативно впливає на показники якості

електроенергії, спричиняє додаткові втрати потужності та знижує надійність роботи електрообладнання. Забезпечення симетрії фаз є одним із пріоритетних напрямів розвитку Smart Grid-систем в Україні.

Метою роботи є аналіз впливу несиметричного навантаження на показники якості електроенергії у розподільчих мережах 0.4 кВ та визначити ефективні технічні підходи до компенсації фазної асиметрії, включаючи дослідження нового методу — балансування навантаження на основі подачі додаткової генерації у фазу з найбільшим споживанням.

Наприклад, Pinthurat W. проводить детальний огляд сучасних технологій та методів компенсації незбалансованих режимів (асиметрії фаз / нерівномірності навантажень) у низьковольтних розподільчих мережах із включеною генерацією ВДЕ, розглядає причини виникнення незбалансованості, технологічні рішення (активні компенсатори, інвертори, схеми керування), а також перспективи інтеграції таких рішень у мережі низької . Серед українських науковців варто відзначити: М. М. Черемісіна та І. В. Мелконову, які вивчали розвиток Smart Grid-технологій і питання інтеграції ВДЕ; А. В. Рудика який розглядав асиметрію напруги в системах електропостачання; Д. М. Савчука, що аналізував вплив несиметрії на ефективність енергоспоживання. Ці роботи підтверджують актуальність проблеми для українських мереж 0,4 кВ та необхідність створення інтелектуальних систем регулювання симетрії фаз.

Отже, сучасні низьковольтні розподільчі мережі характеризуються підвищеною схильністю до виникнення асиметрії фазних навантажень, що спричиняє збільшення втрат потужності, зниження напруги та погіршення якості електроенергії. За результатами узагальнення світового досвіду найефективнішими підходами до компенсації таких незбалансованих режимів є:

- активні силові компенсатори (D-STATCOM, SAPF), здатні динамічно регулювати струми по кожній фазі;
- енергетичні накопичувачі (BESS) у поєднанні з трифазними інверторами, що забезпечують гнучке балансування активної та реактивної потужності;
- розподілені системи керування Smart Grid із прогнозними алгоритмами та швидкодіючими регуляторами на рівні мікромереж.

До вище перерахованих методів регулювання може додатись перспективний напрям, який потребує детального дослідження — зменшення асиметрії фазного навантаження шляхом подачі додаткової генерації саме у фазу, яка в конкретний момент часу має найбільше споживачів. Алгоритм передбачає:

- оперативні вимірювання фазних напруг і струмів;
- визначення перевантаженої фази;
- динамічну подачу активної потужності саме у цю фазу;
- перерозподіл генерації між фазами у процесі вирівнювання.

Такий підхід дозволяє використовувати розподілену генерацію не лише як джерело енергії, а й як активний регулятор фазної симетрії в реальному часі, що зменшує зворотну складову струмів, втрати потужності у трансформаторі та лініях, а також покращує рівномірність напруг.

Впровадження активних компенсаторів, BESS-рішень та інтелектуальних систем керування довело свою ефективність. В умовах розвитку відновлюваних джерел енергії запропонований підхід — динамічна генерація у перевантажену фазу — є перспективним напрямом впровадження цього ресурсу в Smart Grid-системи. і потребує подальших досліджень шляхом математичного моделювання та експериментальної перевірки на мікромережах.

Література

1. Awad H., Bollen M. H. J., Yildirim B. (2020). Title: Power Quality in Future Electrical Power Systems: From Smart Grids to Microgrids.
2. Journal: Energies, 13(9): 2246. – DOI: 10.3390/en13092246.
3. Kumar S., Mishra S., Singh B. (2021) Advanced Power Quality Improvement Techniques for Low-Voltage Smart Distribution Systems.
4. Journal: Renewable and Sustainable Energy Reviews, 149: 111369
5. Черемісін М. М., Черкашина В. В., Омеляненко О. В. Основні напрямки розвитку та впровадження інформаційних технологій на базі платформи Smart Grid // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. Технічні науки. – Харків : ХНТУСГ, 2019. – Вип. 203. – С. 8–11.
6. Мелконова І. В., Романченко Ю. А. Аналіз стану та перспективи впровадження Smart Grid в енергетиці України // Сучасні електромеханічні та інформаційні системи : монографія / за заг. ред. І. В. Панасюка. – Київ : КНУТД, 2021. – С. 39–43.
7. Pinthurat W. Techniques for Compensation of Unbalanced Conditions in LV Distribution Networks with Integrated Renewable Generation: An Overview // Electric Power Systems Research. – Vol. 213, 2023. – Art. 108900. – DOI: 10.1016/j.epsr.2022.108900.

УДК 621.311.25

Н.С. Лясковець, Я.М. Осадца, к.т.н., доцент

(Тернопільський національний технічний університет імені І. Пулюя, Україна)

ОСНОВНІ АСПЕКТИ ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНОЇ ОЦІНКИ ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ НАКОПИЧЕННЯ ЕНЕРГІЇ

N.S. Liaskovets, Ya.M. Osadtsa, Ph.D., Assoc. Prof.

KEY ASPECTS OF THE TECHNO-ECONOMIC EVALUATION OF ENERGY STORAGE SYSTEM IMPLEMENTATION

В умовах децентралізації енергетичних ринків і стрімкого зростання частки відновлюваних джерел енергії (ВДЕ), роль систем накопичення енергії (СНЕ) набуває критично важливого значення для забезпечення гнучкості та балансування з метою вирішення глобальних проблем нестабільності в електроенергетичних системах. Основними рушіями впровадження проєктів СНЕ є значний попит на забезпечення резервів відновлення та підтримки частоти, оптимізація роботи об'єктів ВДЕ та їх інтеграція в енергетичну систему, нерівномірність попиту та пропозиції на ринку електроенергії. При цьому, при реалізації проєктів, особливої ваги набуває проведення ґрунтовної техніко-економічної оцінки СНЕ з метою визначення ефективності та доцільності їх впровадження в енергетичну систему.

Техніко-економічна оцінка передбачає здійснення заходів комплексного аналізу, які включають проведення загальної оцінки технічних характеристик (потужності, ємності, ККД, життєвого циклу) та економічних показників (вартість придбання та експлуатації, термін окупності, прибуток), а також враховує ринкові умови, регуляторне середовище, вплив на енергетичну систему, тощо.

При проведенні технічної оцінки систем накопичення енергії особливої уваги потребує вибір параметрів накопичувача у відповідності до поставленого технічного завдання які включають в себе:

– потужність (кВт/МВт) – максимальна потужність, яку може віддавати або приймати накопичувач;