

АНАЛІЗ ЗАСОБІВ ТА СПОСОБІВ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ

Линник Р. Ю., здобувач магістратури,
Савойський О. Ю., к.т.н., доцент
Сумський національний аграрний університет, м. Суми

Постановка проблеми. Сучасні електричні мережі зазнають суттєвих змін у структурі та режимах роботи під впливом зростання частки відновлюваних джерел енергії, широкого впровадження силової електроніки, електромобільності та цифрових технологій управління. Ці фактори спричиняють зростання кількості нелінійних та несиметричних навантажень, що погіршує показники якості електричної енергії: викликає підвищення рівня гармонік, флікера, провалів та перенапруг, коливань напруги й асиметрії фаз [1, 2].

Порушення нормативних значень показників якості призводить до зниження енергоефективності обладнання, додаткових втрат електроенергії, прискореного старіння техніки, аварійного відключення чутливих споживачів та збільшення витрат на технічне обслуговування. Попри наявність широкого спектра технічних засобів (фільтрокомпенсуючих установок, активних фільтрів, стабілізаторів, систем керованої компенсації реактивної потужності тощо), їх вибір, ефективність та умови застосування потребують комплексного аналізу.

У цих умовах виникає потреба систематизувати методи та засоби підвищення якості електроенергії, оцінити їх технічну доцільність, економічну ефективність та відповідність вимогам чинних нормативів, що й визначає актуальність дослідження.

Основні матеріали дослідження. У ході дослідження проаналізовано основні чинники, що погіршують показники якості електричної енергії в сучасних низьковольтних і розподільчих мережах. Встановлено, що ключовими джерелами відхилень є нелінійні та імпульсні навантаження, зокрема частотні перетворювачі, джерела безперебійного живлення, світлодіодні драйвери та обладнання з електронними перетворювачами потужності. Значний внесок у формування гармонічних спотворень і флікера здійснюють також генеруючі установки на відновлюваних джерелах енергії, які працюють за допомогою інверторних схем та створюють коливання напруги при зміні сонячної або вітрової потужності.

Проаналізовано технічні засоби, які застосовуються для покращення показників якості електроенергії, та охарактеризовано специфіку їх впливу на електричні мережі. Пасивні фільтри дають можливість зменшити окремі гармоніки, проте потребують точного узгодження параметрів мережі. Активні фільтри працюють динамічно та забезпечують значне зменшення гармонічних спотворень і флікера,

хоча їх встановлення часто пов'язане з високими капітальними витратами. Фільтрокомпенсуючі установки здатні одночасно компенсувати реактивну потужність і знижувати рівень спотворень, однак ефективність їх роботи залежить від стабільності навантаження. Швидкодіючі пристрої типу SVC та STATCOM забезпечують оперативне регулювання напруги й зменшення флікера, що є особливо актуальним для мереж з динамічними технологічними навантаженнями. Регулятори напруги під навантаженням і стабілізатори застосовуються для усунення довготривалих відхилень напруги, тоді як системи зберігання енергії здатні згладжувати коливання, які виникають у мережах із високою часткою інверторних джерел.

Окремо проведено аналіз нормативних документів EN 50160 та IEC 61000-4, що визначають допустимі рівні гармонічних складових, флікера, асиметрії та швидких змін напруги. Порівняння фактичних режимів роботи електричних мереж із нормативними вимогами дало змогу визначити найбільш критичні ситуації, у яких застосування засобів компенсації є технічно та економічно обґрунтованим.

На основі узагальнення технічних характеристик, експлуатаційних умов та економічних аспектів сформовано рекомендації щодо оптимального вибору засобів підвищення якості електроенергії залежно від типу споживачів, режиму роботи мережі та характеру навантаження.

Висновки. Проведений аналіз засобів та способів підвищення якості електроенергії показав, що сучасні електричні мережі зазнають значного впливу нелінійних, імпульсних та інверторних навантажень, а також генеруючих установок на основі ВДЕ, що призводить до погіршення гармонічного складу напруги, флікера та коливань режимів. Дослідження підтвердило, що ефективність покращення параметрів якості електроенергії забезпечується комплексним застосуванням технічних засобів, серед яких фільтри, фільтрокомпенсуючі установки, швидкодіючі системи регулювання напруги та системи накопичення енергії, причому вибір конкретного рішення має ґрунтуватися на особливостях навантаження, режимах роботи мережі та економічній доцільності. Тому системний підхід до управління показниками якості електроенергії, поєднаний із постійним моніторингом та оптимізацією режимів, є ключовою умовою підвищення надійності та енергоефективності електропостачання.

Список використаних джерел

1. Bollen, M. H., Rönnberg, S. K. (2024). Power quality issues in low-voltage networks with high penetration of power electronics. *Electric Power Systems Research*, 226, 110295.
2. Morsi, W., El-Sherbeeney, A., Farahat, M. (2023). Impacts of Renewable Energy Systems on Power Quality: A Comprehensive Review. *IEEE Access*, 11, 98512–98534.