

УДК 621.311

Шрам О.А.¹, Свергун А.В.²¹ канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»² асп. НУ «Запорізька політехніка»

ЯКІСТЬ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ В УМОВАХ ЗРОСТАННЯ ЧАСТКИ НЕЛІНІЙНИХ НАВАНТАЖЕНЬ

Якість електричної енергії у внутрішніх розподільчих мережах промислових споживачів визначається сукупністю параметрів, що регламентуються національними та міжнародними стандартами, зокрема ДСТУ EN 50160:2023, ДСТУ 13109-97 та ІЕС 61000 [1, 2, 4], які встановлюють допустимі значення напруги, частоти, симетрії фаз, гармонічних складових, тривалості провалів та перенапруг.

Порушення цих норм призводить не лише до зниження ефективності енергоспоживання, а й до збоїв у роботі технологічного обладнання, втрати точності керуючих сигналів, передчасного зносу силових вузлів і зростання витрат на технічне обслуговування мережі [5]. Найбільш поширеним джерелом погіршення показників якості є споживачі з імпульсним або перетворювальним навантаженням, зокрема частотно-регульовані приводи, інвертори, керовані випрямлячі та пристрої ШІМ, які продукують струми з високим рівнем гармонічних складових і інтергармонік [3, 5].

Наявність гармонік змінює форму напруги в точках загального приєднання, підвищує струми у нульових проводах, збільшує втрати енергії, спричиняє локальні перегріву трансформаторів, кабелів, компенсуючих установок. Особливо небезпечними є ситуації, коли частота однієї з гармонік збігається з резонансною частотою ланцюга, що призводить до небезпечного підсилення напруги або струму на певних ділянках мережі [6].

Стан якості електроенергії в таких умовах характеризується перевищенням допустимих значень коефіцієнта спотворення (THD), що знижує електромагнітну сумісність і підвищує вірогідність відмов систем релейного захисту, телемеханіки, контролю та автоматики [7]. Крім того, спотворення форми сигналу ускладнює функціонування систем синхронізації, порушує режим роботи пристроїв вимірювання, збільшує похибки обліку електроенергії, знижуючи загальну керованість енергосистеми [8].

Аналіз варіантів архітектури живлення на прикладі асинхронного електропривода з частотним регулюванням демонструє, що централізоване перетворення (загальний випрямляч і рознесені інвертори) дозволяє знизити рівень гармонік у мережі порівняно з варіантом індивідуальних ЧРП [3]. Це підтверджується результатами імітаційного моделювання, де зменшення

гармонічного навантаження дозволяє наблизити параметри до нормативних меж без додаткової фільтрації.

Якість електричної енергії у промислових умовах набуває не лише технічного, але й економічного значення, оскільки її порушення прямо впливає на стабільність технологічних процесів, витрати на енергоресурси, термін служби обладнання і загальну надійність виробництва. Тому системний підхід до моніторингу, оцінки та регулювання показників якості є невід'ємною складовою сучасної енергетичної політики на рівні підприємства.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. ДСТУ EN 50160:2023. Характеристики напруги в електричних мережах загального призначення. — [Офіційний переклад ІЕС 50160:2022].
2. ДСТУ 13109:2011. Електрична енергія. Сумісність технічних засобів електромагнітна. Норми якості електричної енергії в системах електропостачання загального призначення.
3. Качан Ю.Г., Шрам А.В., Сверхун А.М. Можливості зменшення впливу ЧРП на якість електроенергії в мережах підприємств та вартості його використання // Електротехніка і електроенергетика. — 2022. — № 3. — С. 32–38.
4. IEC 61000-4-30:2015. Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-30: Testing and measurement techniques – Power quality measurement methods. — Geneva: IEC, 2015.
5. Жук Д. О., Жук О. К., Козлов М. О. Дослідження впливу частотно-регульованих електроприводів у складі пропульсивних комплексів на якість електроенергії та електромагнітну сумісність в суднових електроенергетичних системах // Інновації в суднобудуванні та океанотехніці : матеріали XV Міжнародної науково-технічної конференції, 26–27 вересня 2024 р. — Миколаїв : НУК ім. адмірала Макарова, 2024. — С. 482–487.
6. Bade T. G., Roudet J., Guichon J. M., Kuo-Peng P., Sartori C. A. Analysis of the resonance phenomenon in unmatched power cables with the resonance surface response // Electric Power Systems Research. — 2021. — Vol. 200. — Art. 107466.
7. Tin H., Abu-Siada A., Masoum M. S. Impact of harmonics on the performance of over-current relays // AUPEC 2011 Proceedings. — Brisbane, QLD, Australia, 2011. — С. 1–4.
8. Hossam-Eldin A. A., Hasan R. M. Study of the effect of harmonics on measurements of the energy meters // Eleventh Int. Middle East Power Systems Conf. — El-Minia, Egypt, 2006. — С. 547–550.