

УДК 631.37:621.313.13

ФУНКЦІОНУВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ КОМПЛЕКСІВ В РЕЖИМІ
НЕСИНУСОЇДНОСТІ НАПРУГИ

Попова І. О., доцент

irirnapopova54@gmail.comТаврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного,
м. Мелітополь

Актуальність та постановка проблеми. Кожний електроспоживач працює при визначених параметрах електричної мережі електричної енергії: номінальній напрузі, частоті, струмі та інше. Визначення необхідних рівнів якості електроенергії здійснюється на основі ДСТУ EN 50160:2014 (EN 50160:2010, IDT) «Характеристика напруги електропостачання в електричних мережах загальної призначеності» [1]. Показники якості електроенергії визначають ступінь відхилення напруги і частоти мережі в результаті зміни параметрів навантаження і впливу кондуктивних завод. У зв'язку з високим зростанням частки нелінійних навантажень в електричних мережах, зростає ймовірність функціонування електротехнічних комплексів і систем у режимах несинусоїдності напруги [2].

Основні матеріали дослідження. Криві напруги $u(t)$ та $i(t)$ в електричних мережах можуть розглядатися як сукупність періодичних коливань. Якщо нелінійне навантаження працює у тривалому режимі, тоді рівняння для струму або для напруги можна представити рядом Ейлера-Фур'є [3]

$$f(\omega t) = A_0 + \sum_{k=1}^{\infty} A_{km} \sin(k\omega t + \psi_k), \quad (1)$$

де I_0 – постійна складова або нульова гармоніка (практично завжди дорівнює нулю у випадку промислових або побутових мереж), А;

ω – кругова частота напруги мережі, рад/с;

k – порядковий номер гармоніки ($k=1$ – перша (основна) гармоніка, $f=50$ Гц).

Показниками якості електричної енергії є коефіцієнт викривлення синусоїдної кривої струму (напруги)

$$k_B = \frac{I_1}{\sqrt{I_0^2 + I_1^2 + \dots + I_k^2}}, \quad (2)$$

та коефіцієнт вищих гармонік

$$k_{\Gamma} = \frac{\sqrt{I_2^2 + I_3^2 + \dots + I_k^2}}{I_1}. \quad (3)$$

Рівень викривлення напруги вважається допустимим для мереж напругою 0,4 кВ, якщо не перевищує 8 %, в той час, як перевищення цього значення може викликати значні негативні ефекти для чутливого обладнання мережі і навантажень споживачів. Для мереж напругою 35 кВ нормально допустимий рівень $k_{\Gamma} = 4$ %, для мереж напругою 110-220кВ – 2 % [1].

Типовими джерелами несинусоїдності напруги і струму в електричних мережах є силові трансформатори, електричні машини і електроспоживачі, що мають нелінійну вольт-амперну характеристику, електротермічні установки, напівпровідникові перетворювачі, керовані і некеровані випрямлячі, імпульсні джерела живлення, побутові споживачі. Трансформатори працюють у режимі насичення, робоча точка на кривій гістерезиса магнітопроводу знаходиться в зоні переходу кривою у насичення. Відповідно для робочої точки струм намагнічення має пікову форму і високий вміст високих гармонік з важенням 3-ої гармоніки. Для трансформатора 10/0,4 кВ

потужністю 25 кВА характеризується $kB = 76,1 \%$ [4].

Електричні машини характеризуються можливістю функціонувати в зоні, що межує з зоною насичення. Струм 3-ої гармоніки трифазного синхронного генератора при з'єднанні його обмоток статора зіркою може містити до 30 % від рівня струму основної гармоніки. Струми електротермічних установок, що працюють у повторно-короткочасних режимах і аперіодичними кривими струмів взагалі не можуть бути описані рівняннями розкладання в ряд Фур'є на вищі гармоніки. Імпульсні джерела живлення взагалі мають високий рівень гармонічних складових струму живлення.

У складі електрообладнання малої потужності побутового і офісного призначення є малопотужні електродвигуни і трансформатори, що характеризуються ефектами насичення магнітної системи і, відповідно викривлення кривої струму. Коефіцієнт викривлення струму живлення холодильника складає $kB = 6,3 \%$, кондиціонера $kB = 10,5 \%$, НВЧ-печі $kB = 31,9 \%$, пилососу $kB = 25,9 \%$ [4-6].

Несинусоїдність напруги впливає на електрообладнання електромережі. Явними признаками підвищеного рівня несинусоїдності є: зниження ефективності процесів генерації і передачі електроенергії, пришвидшений вихід з ладу запобіжників і батарей конденсаторів, перегрів силових трансформаторів, додаткові вібрації на валу електричних двигунів. Конденсаторні установки найбільш вразливі по відношенню до вислих гармонійних складових напруги від резонансних явищ. Частотний резонанс є причиною хибних спрацювань чутливих мікропроцесорних захистів, поява значних струмів вищих гармонік у конденсаторних батареях зменшує їхню ємність з наступним їх виходом з ладу, викликає підвищене гудіння, виникнення міжвиткових коротких замикань у трансформаторах і електродвигунах викликають підвищений додатковий нагрів ізоляції і зменшення ресурсу їхньої роботи.

В лініях електропередачі вищі гармоніки призводять к додатковим втратам потужності у активному опорі лінії за рахунок впливу поверхневого ефекту. У кабельних мережах гармонічні складові напруги збільшують негативний вплив на діелектричний шар ізоляції з ростом амплітуди напруги, що прискорює старіння ізоляції.

Висновок. Для зменшення впливу гармонічних складових на елементи електричних комплексів необхідно застосовувати превентивні і корегуючі способи.

Список використаних джерел

1. ДСТУ EN 50160:2014 (EN 50160:2010, IDT). Характеристика напруги електропостачання в електричних мережах загальної призначеності. [Чинний від 2014-10-01]. Київ, 2014. 37 с.
2. Жежеленко И. В. Высшие гармоники в системах электроснабжения промпредприятий. Москва: Энергоатомиздат, 2000. 331 с.
3. Попова І. О. Визначення параметрів активно-ємнісного фільтра напруги зворотної послідовності. *Сучасний стан та перспективи розвитку електротехнічних систем*: зб. тез доп. I Всеукр. наук.-практ. Інтернет-конф. пам'яті В. В. Овчарова. Мелітополь, 2020. С. 18-19.
4. Немцев Г. А., Селезнев Е. А., Шестакова Л. А. Влияние высших гармонических составляющих на работу асинхронных двигателей. *Вестник Чувашского университета*. 2014. № 2. С. 46–51.
5. Попова І. О. Аналіз впливу вищих гармонійних складових на роботу електромеханічних перетворювачів. *Сучасний стан та перспективи розвитку електротехнічних систем*: зб. тез доп. III Всеукр. наук.-практ. Інтернет-конф. пам'яті В.В. Овчарова. Мелітополь, 2021. С. 34-35.
6. Попова І. О., Попрядухін В. С. Параметри контролю несиметричних режимів роботи асинхронних двигунів для розробки ефективного захисту. *Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету*. Мелітополь, 2019. Вип. 9, т. 1. DOI: 10.31388/2220-8674-2019-1-41.