

## ВПЛИВ ВИЩИХ ГАРМОНІК НА РІЗНІ ВИДИ ЕЛЕКТРОУСТАТКУВАННЯ В РОЗПОДІЛЬНИХ МЕРЕЖАХ ДО 1000В

Вінницький національний технічний університет

### Анотація

В роботі було проведено аналіз впливу вищих гармонік на різні види електроустаткування. Доведено, що використання в електричних мережах до 1000В нелінійних електроприймачів (в першу чергу, з імпульсним характером споживаного струму) викликають спотворення синусоїдальності кривих живлячих напруг, що призводить до значного техніко-економічного збитку.

**Ключові слова:** вищі гармоніки, несинусоїдальність напруг та струмів, якість електроенергії

### Abstract

The work analyzed the impact of higher harmonics on various types of electrical equipment. It has been proven that the use of non-linear electrical receivers in low-voltage electrical networks (primarily, with the pulsed nature of the consumed current), causing distortion of the sinusoidality of the supply voltage curves, leads to significant technical and economic damage.

**Keywords:** higher harmonics, non-sinusoidal voltages and currents, quality of electricity

### Вступ

Вплив несинусоїдальності напруг і струмів на роботу електроустаткування відчувається практично у всіх країнах з розвинутою промисловістю [1] і, як правило, призводить, з одного боку, до збільшення втрат напруги і потужності в мережах, зменшенню їх пропускної спроможності, а з іншого - до порушення нормальної роботи і зменшення терміну служби електроустаткування, зниженню продуктивності праці, а також кількості і якості продукції, що випускається [1, 2]. Наприклад, відомо, що при допустимих значеннях несиметрій напруги 2% і несинусоїдальності 5% термін служби асинхронних двигунів скорочується на 21%, синхронних - на 32%, трансформаторів - на 8%, конденсаторів - на 40% [2].

Якість електроенергії [3-5] є істотним чинником, що впливає на ефективність режимів енергосистеми і споживачів.

**Метою роботи** є підвищення якості електроенергії шляхом аналізу впливу вищих гармонік на різні види електроустаткування.

### Результати досліджень.

В Україні коефіцієнт спотворення синусоїдальності кривій напруги  $K_U$  рідко буває менше величини 4÷5%. В західних країнах пропонується при розрахунках функціонування електроустаткування орієнтуватися на так звані джерела живлення типу SP2, що мають спочатку 1% несиметрії і 2,5% заздалегідь присутньої 5-й гармоніки напруги. Спотворення живлячої напруги негативно позначаються на функціонуванні електроприймачів, що підключаються до вузлів з підвищеним рівнем  $K_U$ .

В більшості імпульсних джерел живлення передбачена система стабілізації вихідної напруги. Тому зниження рівня вхідної напруги в допустимих межах за рахунок плоскої форми його кривої не викличе зниження рівня вихідної постійної напруги. У той же час зниження вхідної напруги викличе збільшення тривалості імпульсів струму високочастотного перетворювача по відношенню до тривалості пауз. Це означає збільшення струму, споживаного високочастотним перетворювачем, в середньому за період і збільшення швидкості розряду конденсатора. Більший струм, споживаний високочастотним перетворювачем, збільшує теплові втрати в елементах імпульсного джерела живлення. Так, зниження вхідної напруги на 10% викличе збільшення струму на 11%, а теплових втрат - на 23%.

За даними роботи у випадках, коли потужність нелінійних електроспоживачів не перевищує 10÷15% сумарної потужності навантаження мережі, будь-яких особливостей в експлуатації (систем електропостачання) СЕ, як правило, не виникає. При перевищенні вказаної межі слід чекати появи різних проблем в експлуатації і наслідків, причини яких не є очевидними. У мережах до 1000В, що мають частку нелінійного навантаження понад 25%, окремі проблеми можуть виявитися відразу.

В умовах несинусоїдальності струму погіршуються умови роботи батареї конденсаторів. При

цьому вони змінюють шлях протікання струму вищих гармонік від нелінійного споживача до джерела живлення, замикаючи частину цього струму через себе. Виникає вірогідність появи резонансних режимів на окремих елементах СЕ.

Старіння ізоляції провідників і кабелів обумовлене протіканням несинусоїдального струму, що призводить до підвищеного нагріву зовнішньої поверхні жил кабелю внаслідок поверхневого ефекту і ефекту близькості. Дослідження показали, що при коефіцієнті спотворення синусоїдальності кривої напруги в межах  $6 \div 8,5\%$  (переважали 5-а і 7-а гармоніки) струми виток зросли: через 2,5 роки експлуатації кабелів в середньому на 36, а через 3,5 роки – на 43%. В США [6] встановлено більше 700 млн. електродвигунів. При середньому терміні служби двигуна 30 років потрібна заміна двигунів в об'ємі 23 млн. одиниць в рік. При існуючій ЯЕ спостерігається скорочення терміну служби двигуна на 2 роки, що призводить до необхідності додаткової заміни трьох млн. двигунів в рік.

При несинусоїдальних режимах зростає рівень додаткових втрат активної потужності. Проведені в 90-х роках дослідження показали, що в мережах НН 40% загального об'єму втрат обумовлені відхиленнями напруг, 40% - несинусоїдальністю напруг і 20% - несиметрією напруг.

У мережах до 1000В іноді відбувається необґрунтоване спрацьовування запобіжників і автоматичних вимикачів внаслідок додаткового нагріву внутрішніх елементів захисних пристроїв. Цей процес обумовлений протіканням несинусоїдальних струмів і, отже, дією поверхневого ефекту і ефекту близькості. Спрацьовування відбувалося при навантаженні, що становить  $80 \div 85\%$  втрати теплового розчіплювала автоматичного вимикача.

В той же час згідно ПУЕ нульовий провід не захищається від перегріву автоматичними вимикачами або запобіжниками. Існуючі СЕ проектувалися з врахуванням лінійного навантаження, коли споживаний електроприймачами струм містив лише основну гармоніку (50 Гц). Отже, струм в нульовому дроті не міг перевершувати струм в найбільш навантаженій фазі, тобто захист на фазних дротах одночасно захищав від перегріву і нульовий провід. Сьогодні, коли струми в нульових дротах перевершують струми фазних дротів, а захист від струмових перевантажень в ланцюгах нульових дротів не передбачений, можливий перегрів і руйнування нульових дротів кабельних ліній внаслідок їх перевантаження струмами нульової послідовності.

### Висновки

Таким чином, використання в електричних мережах до 1000В нелінійних електроприймачів (в першу чергу, з імпульсним характером споживаного струму) викликає спотворення синусоїдальності кривих живлячих напруг, призводить до значного техніко-економічного збитку. В результаті проведених досліджень, аналізу вітчизняних і зарубіжних публікацій, а також спілкування з фахівцями в цій області автори дійшли висновку, що країна зіткнулася з новою серйозною проблемою. Її суть полягає у тому, що в даний час електричні мережі, оснащених комп'ютерною технікою, піддаються інтенсивній дії вищих гармонік струму і напруги, що викликає гостру необхідність в поліпшенні якості електроенергії і забезпеченні електромагнітної сумісності споживачів низьковольтних мереж.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Електромагнітна сумісність у системах електропостачання: підручник / І.В. Жежеленко, А. К. Шидловський, Г. Г. Півняк, Ю. Л. Сасенко. Д. :Нац. гірн. ун-т, 2009. 319 с.
2. Лагутін Г.І. Вищі гармоніки в системах електропостачання / Г.І. Лагутін, А.М. Панченко, А.І. Гарагуля // Системи озброєння і військова техніка, 2012, № 2(30) ISSN 1997-9568.
3. ДСТУ EN 50160:2014 Характеристика напруги електропостачання в електричних мережах загальної призначеності.
4. IEEE Std 519-1992 // IEEE Recommend practices and Requirements for harmonic control in electrical power system.
5. СОУ-Н ЕЕ 40.1-37471933-55\_2011 Методика вимірювання якості електричної енергії в системах електропостачання загального призначення.
6. IEEE Power Engineering Review: <https://ieeexplore.ieee.org/xpl/RecentIssue.jsp?punumber=39>

**Кутіна Марина Василівна** – канд. технічн. наук, доцент кафедри електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту, e-mail: mkytina@gmail.com.

**Волохова Надія Андріївна** – студент групи ЕСЕ-22мз, кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту, Вінницький національний технічний університет.

**Kutina Marina Vasylyivna** – Candidate of Science, senior lecturer in Department of electrical power consumption and power management, e-mail: mkytina@gmail.com.

**Nadiya Andriivna Volokhova** – student of group ESE-22mz, Department of Electrical Engineering Systems of Power Consumption and Energy Management, Vinnytsia National Technical University.