

**МОДЕЛЮВАННЯ ТА АНАЛІЗ РЕЖИМІВ РОБОТИ МЕРЕЖ
НАПРУГОЮ ДО 1000 В З НЕЛІНІЙНИМ НАВАНТАЖЕННЯМ**

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Загальна частина роботи присвячена розгляду сучасного стану досліджень і особливостей проблеми електромагнітної сумісності (ЕМС) в електричних мережах напругою до 1000 В з нелінійним навантаженням, проведено аналіз існуючих математичних моделей мереж напругою до 1000 В з нелінійними навантаженнями і визначено області їх доцільного використання; розроблено модель електричної мережі будівлі з урахуванням параметрів її основних елементів і характерних електроприймачів; визначено правила еквівалентування навантажень і побудови еквівалентної схеми заміщення мережі з оптимальною кількістю вузлів навантажень; розроблено методiku визначення параметрів схеми заміщення мережі напругою до 1000 В і підключених до неї електроприймачів, ґрунтуючись на загальноприйнятих нормах і підходах до проектування подібних електричних мереж проведено розрахунки несинусоїдальності струмів і напруг в різних режимах електричної мережі суспільної будівлі.

Ключові слова: електромагнітна сумісність, мережі напругою до 1000 В, нелінійні споживачі, несинусоїдальність.

Abstract

The general part of the work is devoted to the consideration of the current state of research and features of the problem of electromagnetic compatibility (EMC) in electrical networks with a voltage of up to 1000 V with a non-linear load, an analysis of existing mathematical models of networks with a voltage of up to 1000 V with non-linear loads is carried out and the areas of their appropriate use are determined; a model of the electrical network of the building was developed, taking into account the parameters of its main elements and characteristic electrical receivers; the rules for equating new loads and building an equivalent network replacement scheme with the optimal number of load nodes are defined; developed a methodology for determining the parameters of a network replacement scheme with a voltage of up to 1000 V and electrical receivers connected to it, based on generally accepted standards and approaches to the design of similar electrical networks, calculations of non-sinusoidal currents and voltages in different modes of the electrical network of a public building were carried out.

Keywords: electromagnetic compatibility, voltage networks up to 1000 V, non-linear consumers, non-sinusoidal

Вступ

Особливо гостро проблема ЕМС нелінійних споживачів виявляється в мережах напругою до 1000 В (НН). З одного боку, в даний час в НН мережах житлових і суспільних будівель широко поширені і безперервно зростають в кількості порівняно малопотужні нелінійні електроприймачі, такі, як, засоби комп'ютерної техніки, телекомунікаційна апаратура, аудіо-відеотехніка, сучасні побутові електроприлади і т.д. Не дивлячись на невелику потужність цих споживачів електроенергії, їх масове застосування є причиною значних спотворень синусоїдальності кривих напруг в мережах НН. З другого боку, саме в НН набули поширення відповідальні електроспоживачі, відмінні підвищеною чутливістю до дії вищих гармонік, яка призводить до істотного техніко-економічного збитку. Причому дуже часто дані електроприймачі є одночасно винуватцями і жертвами порушень ЕМС.[1,2].

Очевидно, що існує потреба в проведенні наукових досліджень по розробці практичних рекомендацій, направлених на поліпшення якості електроенергії (ЯЕ) забезпечення ЕМС споживачів НН будівель і споруд. В даний час для проведення аналізу електромагнітних процесів в НН з нелінійними навантаженнями з метою визначення їх впливу на мережу використовуються відповідні математичні моделі. Проте існуючі моделі не враховують повною мірою параметри основних елементів електричної мережі і не дозволяють визначити параметри несинусоїдальності струмів і напруг на затискачах окремих електроприймачів, підключених до мережі електропостачання.

Мета і задачі дослідження. Метою роботи є розвиток теорії ЕМС в НН з нелінійними споживачами, створення моделей і методик для дослідження параметрів несинусоїдальності струмів і напруг, розробка на основі результатів досліджень способів і технічних засобів забезпечення електромагнітної сумісності і рекомендацій по їх застосуванню.

Результати досліджень

Проведено аналіз існуючих математичних моделей, які дозволяють проводити дослідження електромагнітних процесів в НН з нелінійними навантаженнями з метою визначення їх впливу на мережу з урахуванням конкретних параметрів мережі і навантаження. Визначено, що результати проведених розрахунків для конкретних варіантів виконання НН можна використовувати для аналізу впливу одного трифазного блоку нелінійних навантажень з конкретними параметрами на форму кривих струмів і напруг. В результаті цього аналізу, зокрема, встановлено, що спотворення форми кривої напруги визначається в основному напругою гармонік, кратних трьом. Встановлено, що традиційні схеми заміщення, в яких нелінійне навантаження задається джерелами струму вищих гармонік, можна використовувати для визначення з достатньою для інженерних розрахунків точністю напруг вищих гармонік в НН. Для цього величину струмів вищих гармонік або форму їх кривих (яку, зокрема, можна одержати експериментально) необхідно приводити у відповідність з конкретною мережею НН. Вказані схеми заміщення НН з нелінійним навантаженням створюють можливість використовувати для розробки наближених оцінних методик, за допомогою яких можна проводити аналіз впливу конкретного нелінійного навантаження на форму кривих струмів і напруг в трифазних мережах з нульовим проводом.

Визначено, що за допомогою моделей НН, в яких нелінійне навантаження задається джерелами струмів вищих гармонік, зручно проводити загальний аналіз залежностей величин вищих гармонік струму і напруги. Запропонований метод аналізу, який дозволяє, не конкретизуючи нелінійне навантаження, розглядати конкретну низьковольтну мережу з певними параметрами. Показано, що за допомогою вказаного підходу можна готувати демонстраційні або учбові матеріали, а також розробляти відповідні методики, що дозволяють оцінити рівень вищих гармонік і визначити деякі закономірності для трифазних мереж з нульовим проводом, потім пояснити вибір напрямку оптимізації і рекомендувати засоби зниження рівня вищих гармонік.

Висновки

Встановлено, що головним джерелом вищих гармонік в мережах до 1000 В є перетворювачі з безтрансформаторним входом, в якості входної ланки яких використовується мережний випрямляч з ємнісним фільтром. Показано, що вплив несинусоїдальності напруг і струмів, як правило, призводить, з одного боку, до збільшення втрат напруги і потужності в низьковольтних електричних мережах, а з іншого до порушення нормальної роботи і зменшення терміну служби електроустаткування.

Проведений аналіз існуючих вітчизняних і зарубіжних стандартів у області ЯЕ і ЕМС і відмічена негативна тенденція до збільшенню допустимих меж ЯЕ в частині несинусоїдальності напруги. Обґрунтований висновок про необхідність вдосконалення власної нормативно-правової бази електротехніків частині нормування емісії гармонійних складових струму для контролю роботи споживача з метою виявлення емітентів погіршень ЯЕ.

Встановлено, що традиційні схеми заміщення, в яких нелінійне навантаження задається джерелами струму вищих гармонік, можна використовувати для визначення з достатньою для інженерних розрахунків точністю напруг вищих гармонік в мережах НН. Для цього величину струмів вищих гармонік або форму їх кривих (яку, зокрема, можна одержати експериментально) необхідно приводити у відповідність з конкретною НН.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Арп К., Шнетлер А. Сучасне планування промислових мереж // Енергетика та ринок. 1997. С. 25-27.
2. Кириленко О.В., Денисюк С.П., Моделювання енергетичних процесів у системах енергопостачання при вирішенні завдань енергозбереження // Пр. Ін-ту електродинаміки НАН України-Київ: 2001.-С.87-91.

Кутін Василь Михайлович – доктор технічн. наук, професор кафедри комп'ютеризованих електромеханічних систем і комплексів, e-mail: vmkytin@gmail.com.

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

Килавчук Олександр Валерійович – студент, кафедра комп'ютеризованих електромеханічних систем і комплексів, Вінницький національний технічний університет.

Vasyl Mykhailovych Kutin - doctor of technical engineering. of Sciences, professor of the Department of Computerized Electromechanical Systems and Complexes, e-mail: vmkytin@gmail.com.

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

Kilavchuk Oleksandr Valeriyovych – student, Department of Computerized Electromechanical Systems and Complexes, Vinnytsia National Technical University.