

Рис. 2. Залежність річних втрат активної енергії від коефіцієнта завантаження для силових трансформаторів марок ТМН 2500/110 (а), ТД 25000/110 (б), ТДЦ160000/110 (в)

В подальших дослідженнях планується проведення уточнення та узагальнення отриманих залежностей для отримання рекомендацій, які можна буде використовувати під час прийняття рішень щодо вибору силових трансформаторів на стадії проектування нових або реконструкції діючих електричних мереж.

#### Список використаних джерел

1. Ципленков Д. В., Красовський П. Ю. Методи та засоби зниження технічних втрат електроенергії в елементах системи електропостачання // Електротехніка та електроенергетика. 2015. № 1. С. 77–82.
2. Насыпаная Е. П., Пуйло Г. В. Энергоэффективные силовые трансформаторы // Электротехнические и компьютерные системы. 2016. № 22(98). С. 144-149.
3. Кравченко І.О., Буйний Р.О. Зменшення витрат електричної енергії в системах електропостачання загального призначення за рахунок використання енергоефективних трансформаторів // Новітні технології у науковій діяльності і навчальному процесі: Всеукраїнська науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих учених : збірник тез доповідей. Чернігів : Черніг. нац. технол. ун-т, 2018. С. 110-111.

УДК 621.317.382

## УРАХУВАННЯ ПОТУЖНОСТІ СПОТВОРЕНЬ ПРИ АНАЛІЗІ ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯ ОДНОФАЗНИХ ЕЛЕКТРОПРИЙМАЧІВ

Горський В.В., студ. гр. МЕМп-181

Науковий керівник: Безручко В.М., к.т.н., доцент  
Чернігівський національний технологічний університет

В сучасних системах електропостачання низької напруги житлових, офісних будівель більшу частину електроприймачів складають однофазні нелінійні електроприймачі з імпульсним блоком живлення (світлодіодне освітлення, комп'ютерна техніка, телевізори тощо). Такі електроприймачі споживають несинусоїдальний струм.

На практиці аналіз роботи електричної мережі проводиться за значеннями знятих графіків навантаження і за показами активного та реактивного лічильників електроенергії. В мережах з високою долею нелінійного навантаження, потужності спотворень мають суттєве значення. Неврахування потужності спотворень призведе до суттєвих неточностей в розрахунках.

Для оцінки значення потужності спотворення в порівнянні зі значеннями активної потужності, що споживають однофазні електроприймачі, проаналізовано електроспоживання типового навантаження – персональний комп'ютер (ноутбук). Спеціальним приладом (аналізатор потужності) були зняті реальні графіки напруги та струмів за один період промислової частоти 50 Гц, що споживає даний електроприймач в режимі очікування (256 точок на період). Осцилограми струму та напруги наведено на рисунку 1, а та значення яких відображені у відносних одиницях.

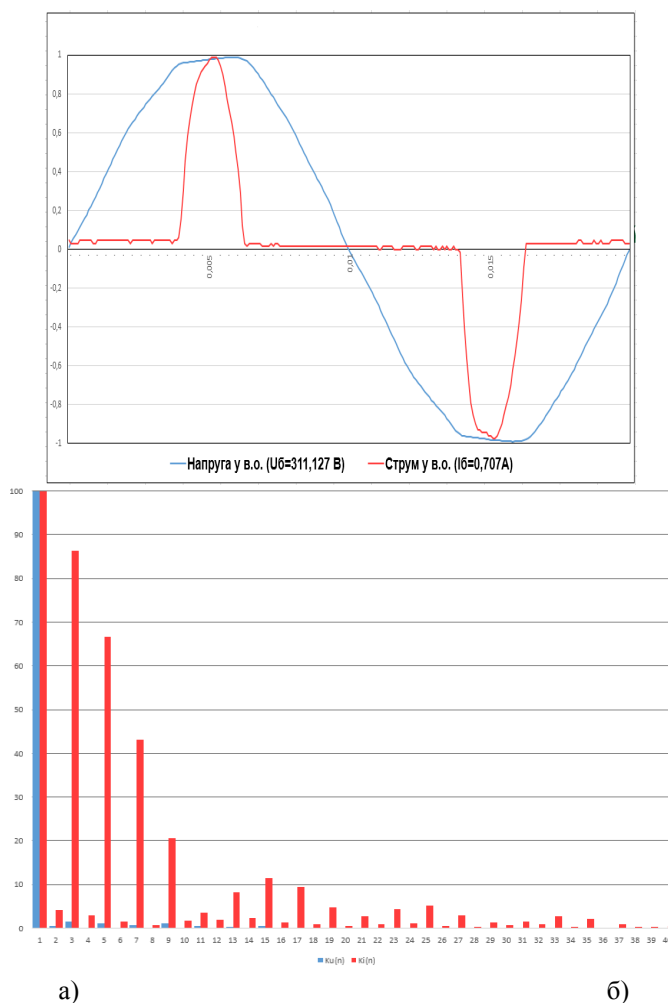


Рис. 1. Осцилограми струму та напруги у відносних одиницях та їх гармонійний склад

З осцилограми струму видно, що споживаний струм явно відрізняється від ідеального синусоїдального, що є характерним для споживачів даного типу. З графіка напруги, також можна прослідкувати, що синусоїда не є повністю ідеальною, оскільки, на час зняття показів в мережі окрім досліджуваного електроприймача були наявні інші нелінійні, які в сукупності впливають на форму напруги в мережі.

Для аналізу даних процесів, користуються теорією рядів Фур'є, за якою будь яку періодичну функцію можна розкласти у ряд канонічних гармонійних складових (частота яких кратна основній). Згідно [1] для оцінки прийнято брати до уваги тільки перші 40 складових (гармонік). Столпчикова діаграма гармонік наведена на рисунку 1,б.

На практиці та при розрахунках в більшості випадків беруть до уваги тільки основну частоту (першу гармоніку) вважаючи, що вся потужність передається на основній частоті. Це пов'язано з тим, що процес розрахунку всіх гармонік є дуже складним та потребує спеціальних вимірювальних приладів.

Згідно [2], який прийнятий міжнародною комісією з питань електроенергетики (Power & Energy Society), в загальному випадку для однофазних електроприймачів рекомендовано виділяти: повну потужність основної частоти 50 Гц –  $S_1$  (фундаментальна) та повну потужність всіх інших частот (гармонік) –  $S_N$  (нефундаментальна). У свою чергу потужність  $S_1$  розкладається на складові  $P_1$  та  $Q_1$  (фундаментальні активну та реактивну потужності), а  $S_N$  – на складові  $D_1$ ,  $D_U$  та  $S_H$ , де  $D_1$  – потужність спотворень за струмом (Current distortion power), вар;  $D_U$  – потужність спотворень за напругою (Voltage distortion power), вар;  $S_H$  – видима повна потужність гармонік (Harmonic apparent power), ВА.

Виконавши математичний розрахунок для наведеного вище електроприймача були отримані значення всіх вищезазначених потужностей та їх складових (рис. 2), рекомендованих [2].

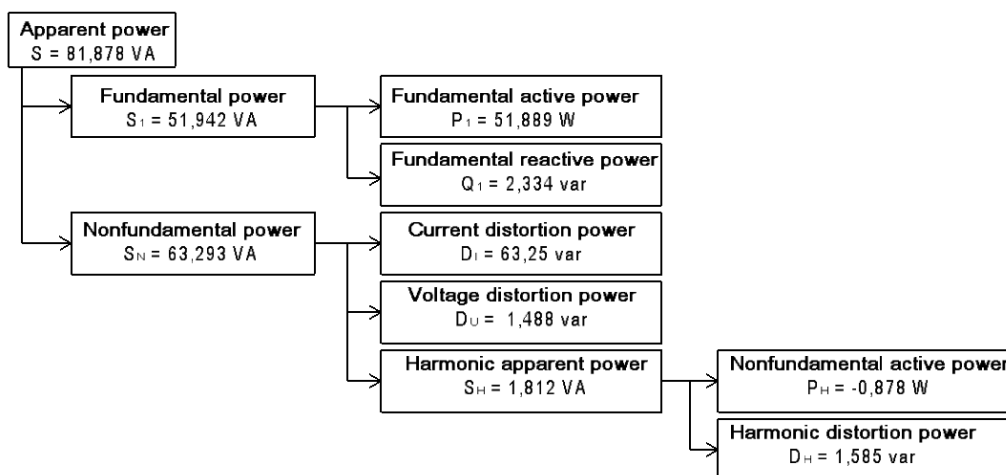


Рис. 2. Дійсні значення потужностей для імпульсного блоку живлення

Таким чином, з проведених розрахунків очевидно, що вищі гармоніки струму та напруги суттєво впливають на повну потужність споживану нелінійними споживачами електричної енергії.

Очевидно, що найбільший вплив на повну потужність електроприймача здійснює потужність спотворень за струмом  $D_1$ . Також неврахування повної потужності гармонік відмінних від одиниці  $S_N$  може призвести в даному випадку до значної похибки при визначенні реальних струмів, які будуть в колі. Оскільки, вимірювальні прилади окремо не можуть вимірювати значення потужностей для першої гармоніки, то і визначення коефіцієнта потужності  $\cos \phi$  може бути недостатньо точним, оскільки, враховується активна потужність  $P$ , що є сумою  $P_1$  та  $P_H$ , а в розрахунках повинна бути використана лише потужність  $P_1$ . Розрахунок повної потужності за показами лічильників активної та реактивної енергії не дозволить отримати вірних значень, оскільки повна потужність  $S$ , що у своєму складі має не тільки  $S_1$ , а й  $S_N$ , а як видно з рис.2 для типового нелінійного навантаження потужність спотворень може бути навіть більшою за  $S_1$ . Таким чином, нелінійне навантаження може вносити значний вплив на якість електричної енергії і призводить до більш складного розрахунку величин, необхідних для оцінки стану роботи мережі або вибору обладнання, що викликає необхідність у застосуванні способів та методів боротьби з вищими гармоніками.

**Висновок.** Врахування тільки активної та реактивної потужності може призвести до неточних розрахунків дійсних значень струму, в більшості випадків, який несе тепловий вплив на елементи мережі та її обладнання, строк служби якого може скоротитися або, навіть, призвести до передчасного виходу його із ладу.

#### Список використаних джерел

1. ДСТУ EN 50160:2014 «Характеристики напруги електропостачання в електричних мережах загальної призначеності». – Видання офіційне. Мініекономрозвитку України – К., 2014. – 28 с.
2. IEEE Std 1459-2010 «IEEE Standart Definitions for the Measurement of Electric Power Quantities Under Sinusoidal, Nonsinusoidal, Balanced, or Unbalanced Conditions». – IEEE Power & Energy Society – New York, 2010 – 52 p.

УДК 621.3.013.24

## ФУНКЦІОНАЛЬНІ МОЖЛИВОСТІ ПРОГРАМНОГО ПАКЕТУ COMSOL MULTIPHYSICS ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ МАГНІТНОГО ПОЛЯ ДВОКОЛОВОЇ ПОВІТРЯНОЇ ЛЕП

Маренець Д.І., студ. гр. ЕМ-171

Красножон А.В., к.т.н., ст. викладач кафедри ЕСіМ  
Чернігівський національний технологічний університет

Повітряні ЛЕП є потужним джерелом магнітного поля промислової частоти, яке може бути зафіксоване далеко поза межами трас ЛЕП та поза межами їх охоронних зон. Магнітне поле повітряної ЛЕП певним чином розподілене в площині, розташованій перпендикулярно трасі ЛЕП. Розрахунок індукції магнітного поля в будь-якій точці простору виконується символічним методом і є достатньо складним [1, 2].

Альтернативою розрахунку може бути моделювання магнітного поля повітряної ЛЕП із застосуванням спеціалізованих програмних пакетів, таких як Ansys, Elcut та Comsol Muiitphysics. Такі програмні пакети здійснюють розрахунок поля методом кінцевих елементів на основі рівнянь Максвелла та граничних умов [3].

В даній роботі було досліджено магнітне поле двоколлової повітряної ЛЕП напругою 330кВ, виконаної на опорах типу ПС330-6. Зовнішній вигляд опори показано на рисунку 1. Діюче значення струму у фазах ЛЕП приймалось рівним 800А. Також на рисунку показано типове розташування фаз обох кіл ЛЕП,