

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ВИЩИХ ГАРМОНІК НА КОНДЕНСАТОРНІ УСТАНОВКИ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

В даних матеріалах показано дослідження впливу вищих гармонік на конденсаторні установки. Дослідження включає побудову імітаційної моделі у середовищі MATLAB Simulink. Дана модель складається з джерела, трансформатора ТМГ 1000/10, трифазного активно-індуктивного та нелінійного навантаження, де нелінійне навантаження представлено тиристорним регулятором напруги. В матеріалах представлено осцилограми струму і напруги до і після ввімкнення конденсаторної установки. Результати дослідження вказують на необхідність розробки та впровадження більш ефективних методів компенсації реактивної потужності для забезпечення стабільної роботи конденсаторних установок в умовах вищих гармонік.

Ключові слова: гармоніки, тиристорний регулятор напруги, коефіцієнт гармонічного спотворення, реактивна потужність, конденсаторна установка.

Abstract

These materials show a study of the influence of higher harmonics on capacitor units. The study includes building a simulation model in the MATLAB Simulink environment. This model consists of a source, a transformer TMG 1000/10, three-phase active-inductive and a non-linear load, where the non-linear load is represented by a thyristor voltage regulator. The materials present oscillograms of current and voltage before and after switching on the capacitor unit. The results of the study indicate the need to develop and implement more effective reactive power compensation methods to ensure stable operation of capacitor units in conditions of higher harmonics.

Keywords: harmonics, thyristor voltage regulator, harmonic distortion coefficient, reactive power, capacitor installation.

Вступ

Наявність на промислових підприємствах нелінійних навантажень спричинює певні проблеми з електромагнітною сумісністю споживачів, обліком електроенергії, компенсацією реактивної потужності. Це пов'язано з тим, що такі споживачі створюють в електричних мережах несинусоїдність струму та напруги [1].

Одним із основних джерел вищих гармонік є керовані та некеровані випрямлячі[2], тиристорні регулятори напруги, тощо. Дані пристрої призводять до спотворення струму навантаження, що в свою чергу призводить до появи гармонічних спотворень напруги.

Поява гармонічних спотворень струму і напруги призводить до різних негативних наслідків, а при використанні звичних способів компенсації реактивної потужності, таких як конденсаторних установок (КУ), часто призводить до збільшення спотворень струму і напруги мережі та виходу КУ з ладу.

Негативний вплив вищих гармонік на конденсаторні установки може бути значущим і призводити до ряду проблем:

1. Вищі гармоніки викликають додатковий струм, який приводить до додаткового нагріву конденсаторів. Підвищена температура може зменшити термін служби конденсаторів та погіршити їх ефективність.

2. Збільшення вищих гармонік може призводити до зростання потужнісних втрат в конденсаторах та сусідніх елементах системи. Це може впливати на загальну ефективність електроенергетичної системи.

3. Вищі гармоніки можуть спотворювати сигнали та напругу, що використовується для компенсації реактивної потужності конденсаторами. Це може призводити до неефективності компенсаційного обладнання та, в кінцевому рахунку, до зростання реактивної потужності в системі.

4. Збільшення вищих гармонік може призводити до перевантаження обладнання, зокрема трансформаторів та провідників. Це може викликати перегрів та зменшення ефективності цих елементів. Метою роботи є дослідження впливу вищих гармонік на конденсаторні установки.

Результати дослідження

Дослідження включає побудову імітаційної моделі у середовищі MATLAB Simulink. Дана модель складається з джерела, трансформатора ТМГ 1000/10, трифазного активно-індуктивного ($100 + j100$ кВА) та нелінійного навантаження, де нелінійне навантаження представлено тиристорним регулятором напруги (20 кВт). В якості компенсації реактивної потужності використано конденсаторну установку потужністю 100 квар.

Імітаційна модель у середовищі MATLAB Simulink зображена на рис. 1.

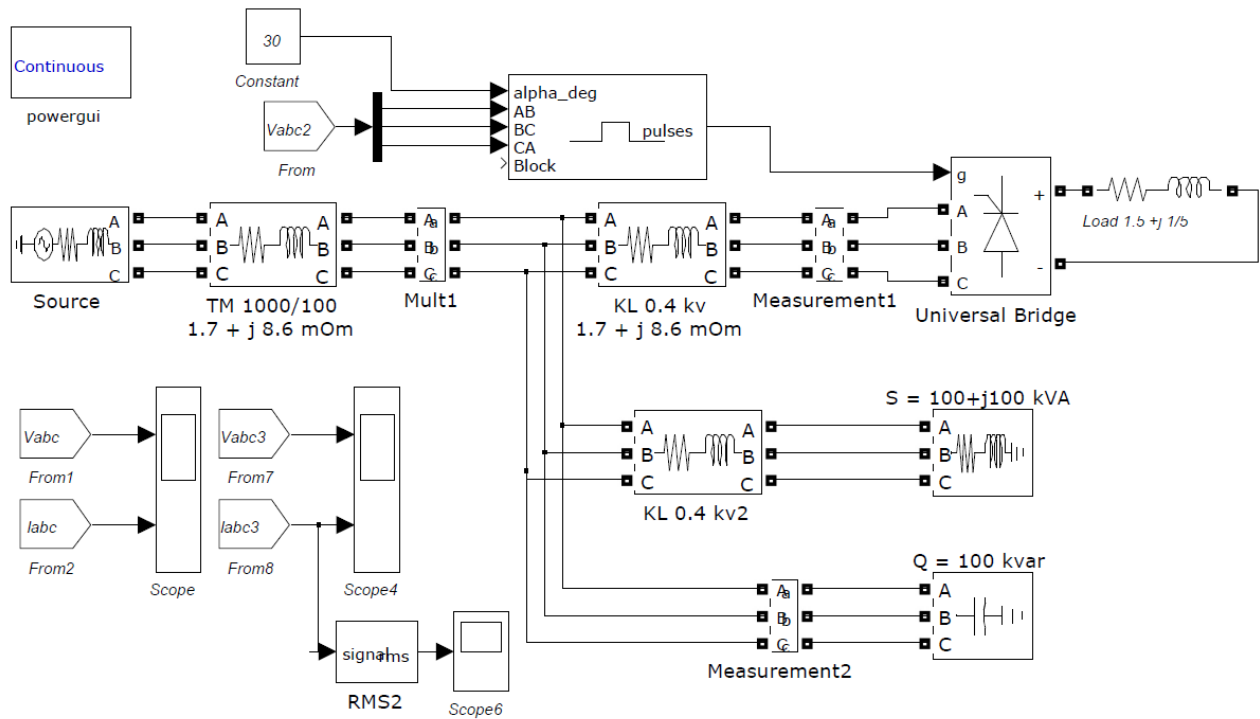


Рис. 1. Залежність густини бутану і пропану д температури

На дані моделі проведено заміри осцилограм струму і напруги на шинах низької напруги трансформатора з ввімкненими рис. 2 та вимкненими конденсаторними установками.

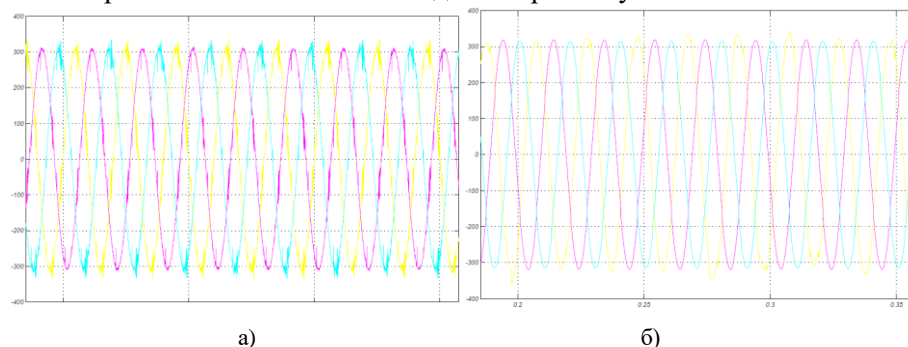


Рис. 2. Осцилограми струму (б) та напруги (а) мережі без конденсаторної установки

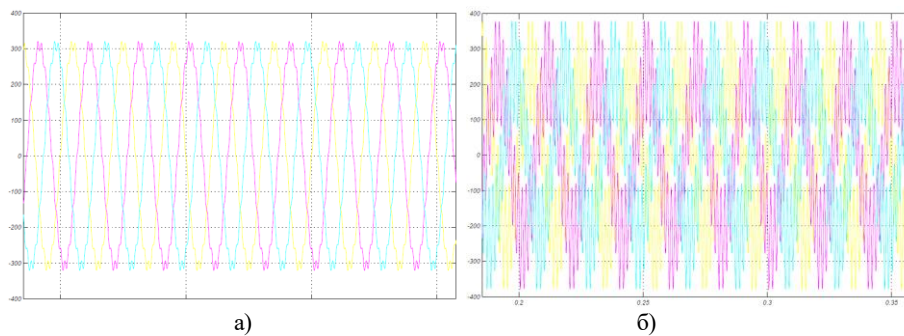


Рис. 3. Осцилограми струму (б) та напруги (а) мережі з конденсаторною установкою

З рисунку 2 та 3 видно, що приєднання конденсаторної установки до мережі з вмістом гармонічних спотворень значно збільшує ці спотворення. Розрахуємо коефіцієнти гармонічних спотворень струму і напруги до та після підключення КУ.

Таблиця 1 – Значення коефіцієнтів гармонічних спотворень

Показник	Напруга мережі	Струм мережі
THD, % Без КУ	2.02	4.47
THD, % З КУ	4.95	57.48

З таблиці видно, що при включенні конденсаторної установки навіть незначне спотворення напруги (THD = 2.02 %) призводить до збільшення гармонічного спотворення по напрузі в 2,5 рази та по струму в 10 разів. Також спостерігається значне збільшення середньоквадратичного значення струму самої КУ, в нормальному режимі становить 152 А, а при підключенні до мережі з вмістом гармонічних спотворень – 187 А.

Висновки

Вищі гармоніки суттєво впливають на ефективність та надійність конденсаторних установок. Для зменшення цього впливу рекомендується використовувати спеціальні фільтри, які можуть компенсувати вищі гармоніки, та ретельно розглядати методи компенсації реактивної потужності, щоб уникнути збільшення гармонічних спотворень та виходу з ладу КУ.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Бурбело, М. Й., Гадай, А. В., Мельничук, С. М., & Лобода, Ю. В. (2017). Визначення потужностей навантажень трифазних електричних мереж в несинусоїдних та несиметричних режимах. Вісник Вінницького політехнічного інституту. № 1: 51-56.
2. Системи електропостачання. Елементи теорії та приклади розрахунків : навчальний посібник / М. Й. Бурбело, О. О. Бірюков, Л. М. Мельничук – Вінниця : ВНТУ, 2011. – 204 с.
3. Burbelo, M. J., Pijarski, P., Zavadskiy, V., Koczorowska-Gazda, A., Melnychuk, L. M., & Loboda, Y. V. (2016, September). Measurement of reactive power under asymmetrical nonsinusoid modes of electric networks with earthed neutral. In *Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High-Energy Physics Experiments 2016* (Vol. 10031, pp. 512-518). SPIE.
4. Бурбело, М. Й., Кравець, О. М., Никитенко, М. В., Лобода, Ю. В., Бурбело, М. И., & Кравець, А. Н. (2013). Керування пристроями динамічної компенсації реактивної потужності за несиметричних швидкозмінних навантажень.

Лобода Юрій Васильович — доктор філософії, доцент кафедри ЕСЕЕМ, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: lobodaeseem@gmail.com

Цибульський Євгеній Миколайович — студент групи ЕСЕ-22м, факультет електроенергетики та електромеханіки, Вінницький національний технічний університет

Loboda Yuriy Vasyliovych — Doctor of Philosophy, Associate Professor of the ESEEM Department, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: lobodaeseem@gmail.com

Yevgeny Mykolayovych Tsibulsky — student of the ESE-22m group, Faculty of Electric Power and Electromechanics, Vinnytsia National Technical University