

## ФОРМУВАННЯ ЗОВНІШНІХ ХАРАКТЕРИСТИК СХЕМ УСТАНОВОК СТАБІЛІЗАЦІЇ ПАРАМЕТРІВ РЕЖИМУ

© Маліновський А.А., Турковський О.В., 2007

**Наведено результати досліджень зовнішніх характеристик установки стабілізації параметрів режиму; математична модель для досліджень ґрунтується на диференційному гармонічному методі.**

**In paper presents the results of researching external characteristics of mode stabilization device; the mathematic model for researching is based on differential harmonious method.**

**Постановка проблеми.** Питання електромагнітної сумісності динамічного навантаження з електропостачальною системою є одним з основних під час розгляду схеми приєднання до мережі. Під час використання традиційних схем електропостачання його вирішення може вимагати значної потужності системи, капіталовкладень на розвиток мережі тощо. За використання установок стабілізації параметрів режиму (УСПР) воно може бути вирішено ефективніше [1, 2], однак при цьому властивості УСПР повинні відповідати певним вимогам, що дозволять забезпечити поєднання характеристик системи та навантаження.

**Задача досліджень.** Для розроблення установки стабілізації параметрів режиму з високими техніко-економічними показниками необхідно визначити особливості перебігу електромагнітних процесів УСПР в нормальних та аномальних режимах, обґрунтувати оптимальні для конкретних видів навантаження схеми; порівнювати їхні варіанти за різних параметрів елементів формування характеристик (ЕФХ), визначити доцільні галузі їх застосування тощо.

**Аналіз останніх досліджень.** У роботах [2,3] розглянуто питання енергоефективності та синтезу схем УСПР за нормальних динамічних режимів, у яких значення опору навантаження не перевищує його номінального значення. Практично ДСП працюють у режимах від експлуатаційного короткого замикання до неробочого ходу. Під час перевищення номінального опору навантаження (анормальний режим) стабілізуючі елементи – реактор та конденсаторна батарея можуть бути перевантажені. З метою формування необхідної зовнішньої характеристики УСПР використовують формувальні елементи, що забезпечують захист установки й унеможливають надмірне зростання параметрів режиму реактора і конденсаторної батареї.

**Виклад основного матеріалу.** Дослідження зовнішніх характеристик установок стабілізації параметрів режиму проведено для схеми з гальванічним зв'язком між реактивними елементами стосовно ДСП середньої місткості. Параметри елементів задавались у відносних одиницях, за базові значення приймалися номінальні струм та опір навантаження. Це дозволяє порівнювати різні варіанти схем УСПР для живлення печі однакової потужності.

Схема установки стабілізації параметрів режиму, показана на рис. 1, складається зі стабілізуювальних реактора СР та конденсаторної батареї СКБ та елементів формування характеристики ЕФХ. Навантаження приєднано через трансформатор  $T$  та еквівалентовано в схемі опором  $r_H$ ; опори контуру навантаження позначені  $r_2, x_2$ . Електропостачальна мережа еквівалентована ЕРС  $E_{ML}, E_{MC}$ , приєднаними відповідно до кола зі стабілізуювальним реактором та конденсаторною батареєю. Елемент формування зовнішньої характеристики приєднується паралельно стабілізуювальній конденсаторній батареї; ним може бути нелінійна індуктивність або поєднання нелінійних і

лінійних елементів. Опори стабілізуювальних реактивних елементів УСПР можна вибрати з умови резонансу або з певними відхиленнями від цієї умови (нерезонансна схема).

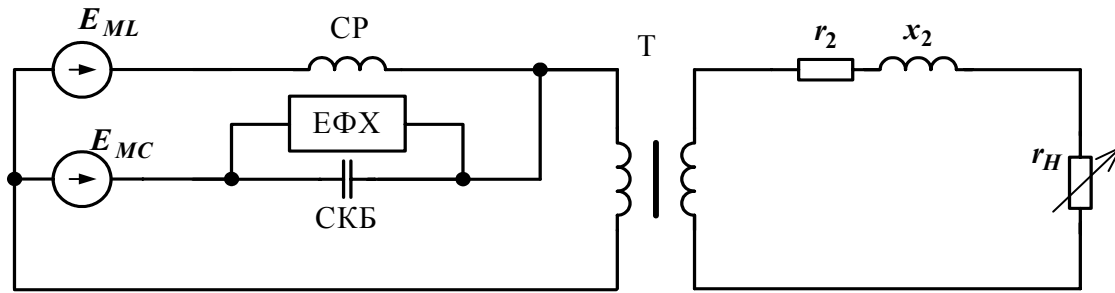


Рис. 1. Електрична схема УСПР

Дослідження схем УСПР проводились для резонансних та нерезонансних схем за різної сукупності їх параметрів та варіації характеристик ЕФХ. Для розрахунку використана прикладна математична модель [4,5], розроблена на базі диференційного гармонічного методу, що дозволяє отримувати результати у вигляді спектра гармонік.

Внаслідок проведеного розрахунку було отримано зовнішні характеристики схем з різними параметрами елементів формування характеристик та різною характеристикою намагнічування шунтівного реактора. На рис. 2 показана залежність струму від напруги навантаження (зовнішня характеристика) за першою гармонікою для резонансної схеми за використання в якості ЕФХ шунтівного реактора.

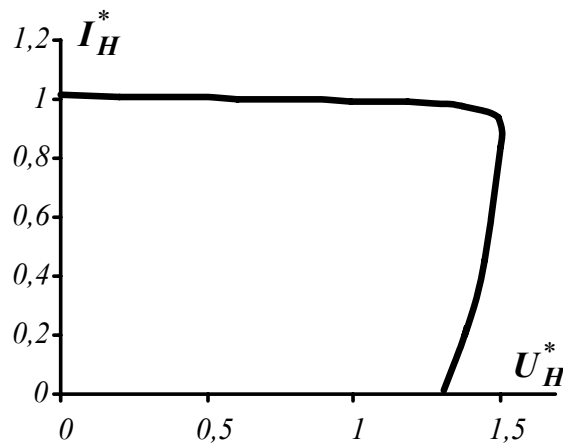


Рис. 2. Зовнішня характеристика УСПР

Як видно, зовнішня характеристика УСПР є жорсткою за струмом в області нормальних режимів; нестабільність струму становить 1,4 %. В області аномальних режимів вона є достатньо жорсткою за напругою з від'ємною крутизною.

Отримана зовнішня характеристика відповідає вимогам, що забезпечують узгодження характеристик мережі й динамічного навантаження. Позаяк її формування відбувалось за допомогою нелінійних елементів, то очевидно у схемі виникнуть вищі гармоніки. Частка вищих гармонік, очевидно, зростатиме в міру насичення нелінійного елемента, що, своєю чергою, відповідає зростанню опору навантаження. Це підтверджують наведені на рис. 3 залежності для 3-ї та 5-ї гармонік напруги навантаження від значення опору. Прийнята на діаграмі шкала опору є лінійною відносно провідності навантаження.

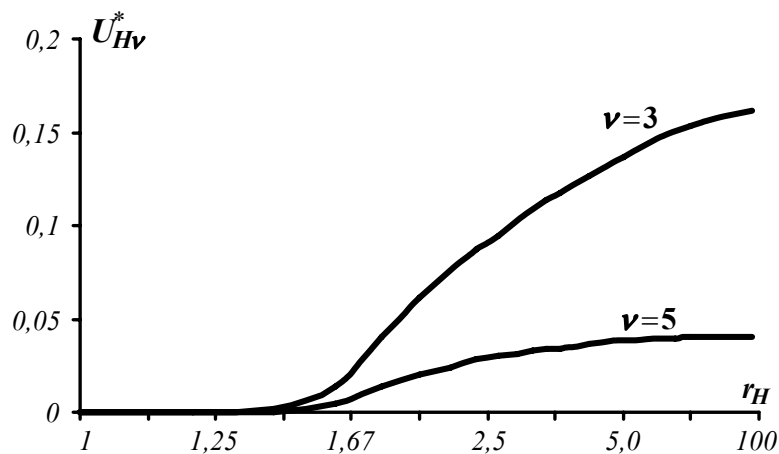


Рис. 3. Залежності гармонік вихідної напруги від опору навантаження

Як видно з цих кривих, до значень резистансу навантаження, менших 1,25 від номінального у вихідній напрузі практично відсутні вищі гармоніки. В міру подальшого збільшення опору частка гармонічних складових зростає, досягаючи в режимі близькому до неробочого ходу 17 % для 3-ї гармоніки та 4 % – для 5-ї. Функція для 3-ї гармоніки є монотонною, однак темпи приросту значень дещо спадають в процесі наближення до неробочого режиму. Функція для 5-ї гармоніки має насичення за певного значення провідності. Гармоніки вищого порядку мають менші значення й не показані на графіку. Коефіцієнт спотворення форми напруги зростає в міру наближення до неробочого режиму й досягає максимального значення рівного 0,12.

Наявні в схемі УСПР вищі гармоніки очевидно будуть проникати в мережу. Наведена на рис. 4 залежність 3-ї та 5-ї гармонік струму у вітці з ЕРС  $E_{MC}$  показує зміну їх вмісту у струмі мережі. Початкові значення гармонік з'являються за того ж опору навантаження; збільшення опору зумовлює зростання струму третьої гармоніки, функція якого є практично монотонною й практично досягає насичення в неробочому режимі з максимальним значенням 9 %. Функція струму п'ятої гармоніки має екстремум зі значенням 2 %; в неробочому режимі струм падає до 1,5 %. Коефіцієнт спотворення форми струму мережі в режимі неробочого ходу становить 0,062.

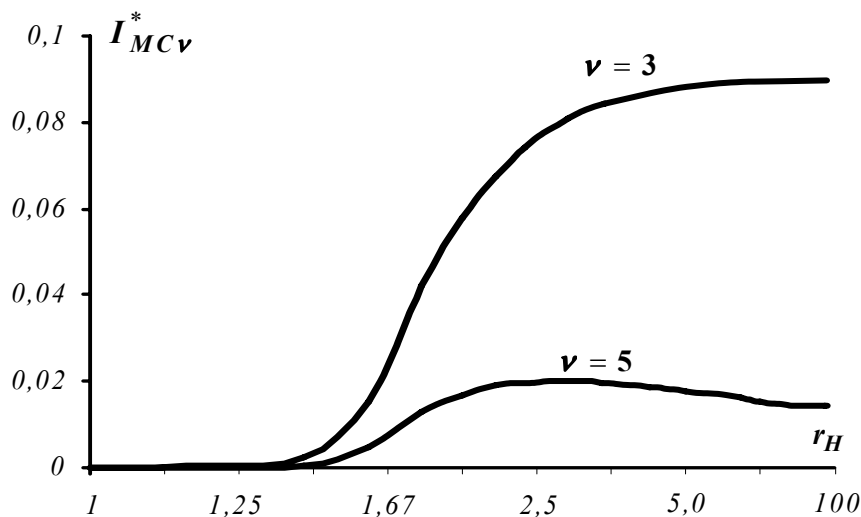


Рис. 4. Залежності гармонік струму мережі від опору навантаження

Наведені результати показують, що використання нелінійного шунтівного реактора у схемі УСПР дозволяє сформувати зовнішню характеристику схеми, що відповідає поставленим вимогам.

При цьому існує спотворення форми струмів віток і напруг елементів, ступінь якого зростає по мірі наближення до режиму неробочого ходу. Отримані значення коефіцієнта несинусоїдності становлять для напруги навантаження 12 %, а для струму мережі – 6,2 %. При оцінці допустимості цих значень потрібно враховувати тривалість аномальних режимів УСПР.

**Висновки.** Використання нелінійного шунтівного реактора у схемі УСПР дає змогу сформулювати зовнішню характеристику схеми, що відповідає поставленим вимогам. При тому існує спотворення форми струмів віток і напруг елементів, ступінь якого зростає по мірі наближення до режиму неробочого ходу; оцінка допустимості цих значень повинна проводитись з врахуванням тривалості аномальних режимів УСПР.

1. Милых А.Н., Волков И.В. Системы неизменного тока на основе индуктивно-емкостных преобразователей. – К.: Наук. думка, 1974. – 216 с. 2. Малиновський А.А., Турковський О.В. Енергоефективність установок стабілізації режиму динамічного навантаження // Проблеми економії енергії. – Львів, 1999. – № 2. – С. 110–113. 3. Малиновський А.А., Турковський В.Г., Турковський О.В. Синтез енергоефективних схем установок стабілізації режимів електроприймачів з динамічним навантаженням // Міжнар. наук.-техн. конф. “Енергоефективність-2004” (13–16 жовтня 2005 р.). – Одеса, 2004. – С. 165–168. 4. Турковський В.Г., Турковський О.В. Прикладна математична модель для дослідження періодичних процесів в схемах електропостачання дугових електропечей. Стаття у даному віснику. – 5 с. 5. Турковський В.Г., Турковський О.В. Визначення показників якості електроенергії в електропостачальних системах з нестационарним навантаженням // Вісн. Приазовськ. едрж. техн. ун-ту. – Маріуполь, 2005. – Вип. 15, ч. 2: Енергетика. – С. 118–122.

УДК 621.313.181

І.Є. Біляковський, Б.І. Крохмальний  
Національний університет “Львівська політехніка”, м. Львів

## ДО РЕГУЛЮВАННЯ ШВИДКОСТІ ОБЕРТАННЯ КОМУТАТОРНИХ ДВИГУНІВ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ ПОБУТОВИХ ПРИСТРОЇВ

© Біляковський І.Є., Крохмальний Б.І., 2007

**Запропоновано просте розв’язання задачі обмеження максимального струму в електроприводах побутових пристроїв на базі колекторних та безщіткових двигунів з плавним запуском і регулюванням швидкості обертання. Керований електропривод відзначається надійністю і простотою реалізації.**

**A simple decision of the problem of "soft" start and regulation of the speed of electric drive direct current motor of domestic devices are offered. Electric drive control differs with safety and simplicity of realization.**

**Постановка проблеми, аналіз останніх досліджень.** Віднедавна позначилась тенденція застосування в електроприводах складної побутової техніки (зокрема, не лише автоматичних пральних чи посудомийних машин, а й кухонних комбайнів підвищеної потужності, техніки для прибирання приміщень і прибудинкових територій) окрім керованих колекторних двигунів постійного струму, так званих безщіткових, з комутацією обмоток за допомогою спеціальних електронних блоків-комутаторів. Це зумовило появу спеціалізованих блоків системи керування такого електропривода з ланкою постійного струму [1]. Очевидно, комплексний підхід до розв’язання завдання розробки електромеханічного модуля, блока керування і перетворення, а