

ОБҐРУНТУВАННЯ ПІДХОДУ ДО КОМПЕНСАЦІЇ ВПЛИВУ ПАРАМЕТРИЧНОЇ НЕСИМЕТРІЇ АСИНХРОННОГО ДВИГУНА У СКЛАДІ ЧАСТОТНО-РЕГУЛЬОВАНОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДА

Проведено аналіз існуючих підходів до компенсації вищих гармонік струму та потужності трифазних систем. Виділені основні переваги та недоліки трьох основних теорій потужності при їх застосуванні для компенсації неактивних складових миттєвої активної потужності. Обґрунтована необхідність компенсації змінних складових трифазної активної потужності асинхронного двигуна, що викликані несиметрією його параметрів. Пропонується метод компенсації цих складових у складі частотно-регульованого електропривода.

Ключові слова: асинхронний двигун, теорія миттєвої потужності, гармонічні складові потужності.

ВСТУП

Відомо, що робота трифазних електричних мереж характеризується присутністю неактивних складових потужності, таких як реактивна потужність та змінні складові активної потужності, що викликані несиметрією або несинусоїдністю навантаження. Ці небажані складові значно знижують ефективність передачі та перетворення енергії. Так, із погляду на перетворення спожитої електричної енергії в механічну із використанням асинхронного двигуна (АД), наявність змінної складової в споживаній трифазній активній потужності знижує ефективність електромеханічного перетворення енергії. Відомо, що змінна складова трифазної потужності АД викликає появу змінної складової в електромагнітному моменті та швидкості, що призводить до підвищення вібрації двигуна та збільшення втрат.

Сучасні теорії миттєвої потужності пропонують не тільки теоретичну основу для компенсації неактивних складових потужності, але і практичну реалізацію активних систем компенсації цих складових у трифазних системах. Ці теорії не розглядають навантаження взагалі і АД зокрема, як об'єкт компенсації.

Асинхронний двигун – складний об'єкт, який включає у себе суттєві нелінійності, основними з яких є ефект насичення електротехнічної сталі статора та витіснення струму в обмотках ротора. Також АД може характеризуватись деякою мірою вихідної або надбаної несиметрії конструкції та електромагнітних параметрів.

Найпоширенішими причинами виникнення несиметрії можуть бути пошкодження або дефекти, наприклад, обрив стрижнів ротора, обрив паралельних секцій обмоток статора, статичні та динамічні дисбаланси ротора, несиметрія магнітної системи статора. Тобто навіть за умов повністю ідеальних синусоїдних та симетричних напруг мережі живлення миттєва трифазна потужність двигуна практично завжди містить «небажані» гармонічні складові, які негативно впливають на енергетичні характеристики АД та призводять до погіршення його технічного стану.

На даний момент актуальною проблемою є розробка комплексу заходів для компенсації змінних складових трифазної миттєвої потужності через значну кількість застарілих АД, які, внаслідок неодноразових ремонтів, мають високий ступінь вихідної та набутої конструктивної та параметричної несиметрії.

Наразі, більшість запропонованих у літературі теорій та методик для компенсації небажаних складових активної трифазної потужності у електричних мережах передбачають наявність компенсатора, тобто джерела компенсаційного струму. Для подібних задач, але в застосуванні до АД, можливо розробити підхід з використанням перетворювача частоти (ПЧ) у складі частотно-регульованого електропривода (ЧРЕП).

Як відомо, наразі, більшість промислових ПЧ представляють собою перетворювачі із ланкою постійного струму, в складі яких є автономний інвертор напруги (АІН). Цей блок може виступати для трифазного навантаження не тільки в якості джерела потужності, а й одночасно в якості компенсатора. Тобто на основі існуючих методів розрахунку компенсуючих впливів можливо формувати на виходах АІН напругу специфічної форми враховуючи, що об'єктом компенсації є електричний двигун змінного струму. Зважаючи на це, доцільно провести попередній аналіз існуючих підходів до компенсації змінних складових потужності у трифазних системах.

МЕТА

Аналіз застосування існуючих теорій миттєвої потужності щодо компенсації несиметрії асинхронних двигунів. Обґрунтування підходу до задачі компенсації у складі частотно-регульованого електропривода.

ІСНУЮЧІ СТРАТЕГІЇ КОМПЕНСАЦІЇ НЕБАЖАНИХ СКЛАДОВИХ ПОТУЖНОСТІ

Наразі, найпоширенішим і найефективнішим засобом компенсації вищих складових потужності у трифазних мережах є активний кондиціонер гармонік (Active Harmonic Conditioner – АНС), що підключається паралельно нелінійному навантаженню. Принцип дії актив-

ного кондиціонера гармонік (АКГ) заснований на аналізі гармонік струму нелінійного навантаження і генерування в розподільну мережу тих же гармонік струму, але з протилежною фазою. Як результат цього, вищі гармонічні складові струму нейтралізуються в точці підключення АКГ. Це означає, що вони не поширюються від нелінійного навантаження в мережу і не спотворюють напруги первинного джерела енергії [1].

Очевидно, що для правильного налаштування та розрахунку струмів компенсації САФ необхідно мати чітку та достовірну, фізично та математично обґрунтовану інформацію про складові потужності в трифазних електричних колах.

Наразі є декілька теорій потужності, що пропонують математичний опис та тлумачення складових потужності в електричних колах із вентилями перетворювачами. Їх класифікація та основний зміст наведено в роботі [2]. На даному етапі можна виділити три теорії потужності, що найширше використовуються для тлумачення складових трифазної потужності та, як наслідок, пропонують стратегії компенсації вказаних небажаних гармонік. Незважаючи на те, що в літературі вже неодноразово проводився аналіз вищевказаних теорій, доцільно буде вказати їх основні положення, переваги та недоліки.

***P-Q* ТЕОРІЯ МИТТЄВОЇ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ**

P-q теорія миттєвої реактивної потужності була представлена в роботі [5] як фундаментальна теорія для аналізу властивостей і фізичних процесів у трифазних системах, для застосування при вирішенні проблем, пов'язаних з вищими гармоніками, реактивною потужністю та несиметрією, для розрахунку та керування активними фільтрами.

Ця теорія передбачає перехід від стаціонарної системи координат А-В-С до стаціонарної системи координат α - β на основі перетворень Кларка.

Миттєві напруга та струми мережі в координатах α - β :

$$\begin{bmatrix} u_\alpha \\ u_\beta \end{bmatrix} = \sqrt{\frac{2}{3}} \begin{bmatrix} 1 & -1/2 & -1/2 \\ 0 & \sqrt{3}/2 & -\sqrt{3}/2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_A \\ u_B \\ u_C \end{bmatrix};$$

$$\begin{bmatrix} i_\alpha \\ i_\beta \end{bmatrix} = \sqrt{\frac{2}{3}} \begin{bmatrix} 1 & -1/2 & -1/2 \\ 0 & \sqrt{3}/2 & -\sqrt{3}/2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_A \\ i_B \\ i_C \end{bmatrix}.$$

Активна та реактивна потужності записуються у вигляді

$$p = u_\alpha i_\alpha + u_\beta i_\beta; \quad q = u_\alpha i_\beta - u_\beta i_\alpha.$$

Миттєву активну потужність можливо розкласти на постійну та змінну складові

$$p = \bar{p} + \tilde{p},$$

де \bar{p} – середнє значення миттєвої активної потужності. Автор [13] визначає, її як енергію за одиницю часу, що передається від симетричного джерела живлення до си-

метричного навантаження, в координатах А-В-С. Це єдина бажана складова потужності, що передається від джерела; \tilde{p} – змінна складова миттєвої активної потужності. Згідно з [13] це енергія за одиницю часу, якою обмінюються джерело та навантаження, в координатах АВС. Оскільки \tilde{p} не передбачає ніякої трансформації енергії від джерела до навантаження, вона має бути компенсована.

Так само розкладається і реактивна потужність

$$q = \bar{q} + \tilde{q},$$

де \bar{q} – середнє значення миттєвої реактивної потужності; \tilde{q} – змінна складова миттєвої реактивної потужності.

Причому слід зазначити, що в даній теорії терміни «миттєва уявна потужність» і «миттєва реактивна потужність» є синонімами. Ця потужність визначається як частина добутку миттєвих трифазних напруг і струмів, що не виконує будь-який перенос енергії від однієї системи до другої в будь-який момент часу. Фізичний зміст, що надається цим величинам, є наступним: це частина енергії, якою обмінюються фази системи [13].

У роботі [2] автор недоліками *p-q* теорії миттєвої реактивної потужності називає неможливість її застосування при аналізі чотирипровідних мережах із нульовим проводом та, в ряді випадків, великі значення коефіцієнтів несинусоїдності струмів після їх корекції САФ при несинусоїдній напрузі мережі. Однак у ряді літературних джерел [3, 4] автор знаходить та вказує на інші недоліки розглянутої теорії та навіть на деякі розбіжності з фізичним змістом.

Згідно з [3], миттєві активна та реактивна *p-q* потужності, в такому значенні, як їх пропонує [5], не дозволяють миттєво ідентифікувати усі процеси перетворення електричної енергії в трифазній мережі. По-перше, миттєва активна потужність *p* є не чим іншим, як миттєвою потужністю (значення потоку енергії від джерела живлення до навантаження). Автор [3] стверджує, що дві назви однієї й тієї ж самої величини можуть спричинити деяку незрозумілість і, найголовніше, що *p* не має ніякого відношення до активної потужності P_0 навантаження. Тобто вона існує незалежно від того, має навантаження активну потужність чи ні. Такі ж незрозумілість виникають і при розгляді миттєвої реактивної потужності *q* та її фізичного змісту. Реактивні елементи в навантаженні не несуть відповідальності за появу *q*, оскільки, як показано в [3], вона виникає навіть у чисто активному навантаженні. Результати проведеного авторами моделювання трифазної системи із чисто активним навантаженням свідчать про обґрунтованість цього зауваження до теорії: згідно із виразами, які пропонуються в [5], у системі із нульовим проводом з'являється «уявна», тобто лише реактивна потужність, що не відповідає фізичному змісту.

Взагалі, згідно з теорією електромагнітного поля, миттєва реактивна потужність *q* не може бути представлена як енергія, якою обмінюються фази мережі [3].

У той же час, автор [4] стверджує неправильність положення *p-q* теорії, що змінна складова активної потужності завжди є небажаною. Припускається, якщо напру-

га джерела симетрична, але містить у собі основну і, наприклад, п'яту гармоніки, то при цьому потужність, що в результаті передається до навантаження, буде містити в собі постійну й змінну складові із частотою, шестеро більшу за частоту мережі. Але, оскільки навантаження є чисто активним, то ця змінна складова ніяк не впливає на його коефіцієнт потужності, тобто активна потужність дорівнює повній потужності, внаслідок цього необхідності в компенсації цієї змінної складової нема. Це твердження не є повністю обґрунтованим, тому що

– при розрахунках складу миттєвої активної потужності не були враховані усі вищі гармоніки, які з'являються у спектрі миттєвої активної потужності при живленні від полігармонічного джерела живлення [6];

– доцільність компенсації змінних складових трифазної потужності необхідно оцінювати не тільки з позиції наявності реактивної потужності в системі, оскільки вищі гармоніки потужності можуть впливати не лише на коефіцієнт потужності навантаження, а й на вібрації та додаткові втрати в обертових машинах, збільшення втрат у трансформаторах, погіршення роботи пристроїв захисту електросистем, виникнення високочастотних завод і т. ін. [7–10].

Отже, автор [2] показує що, за допомогою p - q теорії є можливим незалежне регулювання нульового і фазного струмів, але для цього є необхідним накопичувач активної енергії, оскільки миттєві потужності p і $p_{\alpha\beta}$ взаємозалежні.

P - Q - R ТЕОРІЯ МИТТЄВОЇ ПОТУЖНОСТІ

P - q - r теорія потужності була запропонована у [11] для трифазних чотирипровідних мереж. У цій теорії використовуються три системи координат: a - b - c , α - β -0 та p - q - r , причому перші дві нерухомі відносно одна одної, а третя система p - q - r обертається навколо осі разом із площиною, що перпендикулярна площині α - β [2].

Положення осі p визначається вектором напруги $|u_{\alpha\beta}|$ в площині α - β і вектором напруги нульової послідовності.

Перетворення напруг мережі в точці підключення навантаження з a - b - c координат у координати p - q - r відбувається наступним чином [11]:

$$\begin{bmatrix} u_p \\ u_q \\ u_r \end{bmatrix} = \sqrt{\frac{2}{3}} \begin{bmatrix} 1 & -1/2 & -1/2 \\ 0 & \sqrt{3}/2 & -\sqrt{3}/2 \\ 1/\sqrt{2} & 1/\sqrt{2} & 1/\sqrt{2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_A \\ u_B \\ u_C \end{bmatrix};$$

$$\begin{bmatrix} u_p \\ u_q \\ u_r \end{bmatrix} = \frac{1}{u_{\alpha\beta 0}} \begin{bmatrix} u_0 & u_\alpha & u_\beta \\ 0 & -\frac{u_{\alpha\beta 0} u_\beta}{u_{\alpha\beta}} & \frac{u_{\alpha\beta 0} u_\alpha}{u_{\alpha\beta}} \\ u_{\alpha\beta} & -\frac{u_0 u_\alpha}{u_{\alpha\beta}} & -\frac{u_0 u_\beta}{u_{\alpha\beta}} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_0 \\ u_\alpha \\ u_\beta \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} u_{\alpha\beta 0} \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix};$$

$$\text{де } u_{\alpha\beta 0} = \sqrt{u_\alpha^2 + u_\beta^2 + u_0^2}; \quad u_{\alpha\beta} = \sqrt{u_\alpha^2 + u_\beta^2}.$$

Оскільки в p - q - r -теорії вектор напруги співпадає із p -віссю, то

$$u_q = u_r = 0.$$

Напруга u_p дорівнює сумі постійної складової u_{pdc} , що відповідає основній гармоніці напруги мережі прямої послідовності, і змінної складової u_{pac} , що відповідає основній гармоніці напруги мережі зворотної послідовності і вищим гармонікам напруги мережі.

Миттєва активна потужність визначається як скалярний добуток просторових векторів напруги та струму, а саме,

$$P_{pqr} = u_p i_p.$$

Миттєва реактивна потужність (векторний добуток просторових векторів напруги та струму)

$$q_{pqr} = [0, -u_p i_r, u_p i_q]^T.$$

Слід відмітити, що r -складова струму визначає миттєву реактивну потужність за віссю q - q_r , а q -складова струму визначає миттєву реактивну потужність за віссю r - q_r .

Перевагою цієї теорії є те, що вона пропонує розрахунок потужностей, які лінійно незалежні одна від одної. Зважаючи на це, три складові струму можуть бути компенсовані трьома незалежними регуляторами без накопичувача енергії [11].

Основним недоліком даної теорії є те, що при спотворених та несиметричних напругах мережі незкомпенсованою залишається частина змінних складових у миттєвій активній та реактивній потужностях навіть за умови підтримання струмів мережі симетричними й синусоїдними [2].

КРОС-ВЕКТОРНА ТЕОРІЯ ПОТУЖНОСТІ

Крос-векторна теорія, або «узагальнена теорія миттєвої реактивної потужності», може бути застосована для розрахунку як синусоїдних, так і несинусоїдних, як симетричних, так і несиметричних трифазних систем, із або без напруги/струму нульової послідовності [12].

Миттєві напруги та струми

$$u_s = [u_a \ u_b \ u_c]^T \quad i_s = [i_a \ i_b \ i_c]^T.$$

Миттєву активну потужність трифазної системи можна записати як скалярний добуток цих векторів

$$p = u_s i_s, \quad p = u_a i_a + u_b i_b + u_c i_c.$$

Згідно з цією теорією, вектор реактивної потужності є результатом векторного добутку просторових векторів напруги та струму:

$$q = u_s \times i_s = \begin{bmatrix} q_a \\ q_b \\ q_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} u_b & u_c & u_{\bar{n}} & u_{\bar{a}} & u_{\bar{a}} & u_b \\ i_b & i_c & i_{\bar{n}} & i_{\bar{a}} & i_{\bar{a}} & i_b \end{bmatrix}^T$$

Далі, теорія представляє вектори миттєвого активного

$$i_p = [i_{ap} \ i_{bp} \ i_{cp}]^T = \frac{p \cdot u_s}{u \cdot u},$$

та реактивного струмів

$$i_q = [i_{aq} \ i_{bq} \ i_{cq}]^T = \frac{q \times u_s}{u \cdot u},$$

де $u = \|u\| = \sqrt{u_a^2 + u_b^2 + u_c^2}$ і $i = \|i\| = \sqrt{i_a^2 + i_b^2 + i_c^2}$.

Найбільша перевага цієї теорії полягає в тому, що вона не потребує проміжкового перетворення реальних сигналів та напруг, що, в свою чергу, підвищує швидкодію всієї системи.

Недоліком цієї теорії потужності є те, що вона не дозволяє контролювати струми в нульовому проводі незалежно від фазних та не забезпечує повну компенсацію струму в нульовому проводі, якщо напруги містять нульову послідовність.

Проте, як показано в роботі [12], результати проведення моделювання свідчать про дієвість системи компенсації гармонік, реактивної потужності і струмів у нульовому проводі за допомогою схем керування, побудованих на базі крос-векторної теорії.

КОМПЕНСАЦІЯ ВИЩИХ ГАРМОНІК ТРИФАЗНОЇ ПОТУЖНОСТІ ЗАСОБАМИ ЧРЕП

Для оцінки можливості використання описаних теорій миттєвої потужності для компенсації параметричної несиметрії АД в якості базової була вибрана методика розрахунку сигналів завдань згідно крос-векторної теорії. Як вже було вказано, перевагами цієї теорії є те, що вона передбачає використання реальних, без проміжкового перетворення, сигналів струму та напруги, що значно спрощує математичні розрахунки у системі. Згідно цієї теорії струми завдання на компенсатор визначаються за виразом

$$i_c^* = \frac{\tilde{p}_c \cdot u_s}{u \cdot u} + \frac{q_c \times u_s}{u \cdot u} \tag{1}$$

Вираз (1) має дві складових, що визначають компенсацію реактивної $q_c \times u_s / u \cdot u$ та змінної складової активної потужності $\tilde{p}_c \cdot u_s / u \cdot u$.

Якщо у якості об'єкту компенсації виступає АД, питання компенсації реактивної потужності не ставиться взагалі, принаймні для перших гармонік напруг та струмів. Першочерговою задачею є усунення змінної

складової активної потужності. Для вирішення цієї задачі засобами ЧРЕП потрібно розраховувати специфічні форми кривих трифазної напруги. Скориставшись виразом для розрахунку струму компенсації, можна аналогічно записати формулу для розрахунку корегуючої напруги

$$u_c^* = \frac{\tilde{p}_c}{i} \cdot \frac{i_s}{i} \tag{2}$$

де складова \tilde{p}_c / i_s визначає бажані амплітудні значення

гармонік корегуючої напруги, а складова i_s / i є нормованим струмом фази статора двигуна, що визначає частоту та фазу корегуючої напруги відповідно фазам двигуна. Наприклад, вираз для розрахунку корегуючої напруги на фазі А

$$u_{cA}^* = \frac{\tilde{p}_c \cdot i_A}{i_A^2 + i_B^2 + i_C^2} \tag{3}$$

Додавання корегуючих напруг, які розраховані за виразом (2), до системи базових трифазних симетричних напруг номінальної амплітуди та частоти дозволяє отримати таку напругу на обмотках фаз статора, яка призведе до формування активної потужності на навантаженні без тих змінних складових, поява яких була викликана несиметрією струмів у фазах статора [15].

Блок-схема системи компенсації змінних складових активної потужності АД у складі ЧРЕП представлена на рис. 1, де блоками позначено: ПЧ – перетворювач частоти, В – трифазний випрямляч, ЛПС – ланка постійного струму, АІН – автономний інвертор напруги, ДН – датчики напруги, ДС – датчики струму, СК – система керування, розрахунок p_1 – визначення миттєвої активної трифазної потужності, розрахунок \tilde{p} – визначення змінної складової активної потужності, розрахунок u_{cA}, u_{cB}, u_{cC} – визначення корегуючих напруг.

Варто зазначити, що при збільшенні коефіцієнту підсилення регулятора напруги зменшується чисельне значення небажаної складової потужності, але збільшується час регулювання системи.

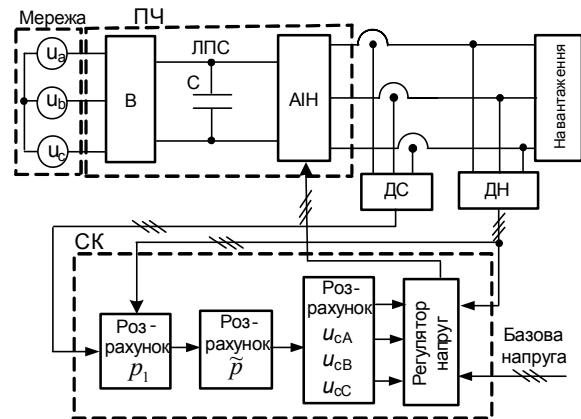


Рис. 1. Блок-схема системи компенсації параметричної несиметрії навантаження у складі ЧРЕП

ВИСНОВКИ

Проведений аналіз існуючих теорій потужності показав можливість застосування крос-векторної теорії для вирішення проблеми компенсації несиметрії параметрів асинхронного двигуна у складі частотно-регульованого електропривода. Однією з переваг крос-векторної теорії є те, що вона не передбачає проміжкового перетворення координат. Це, в свою чергу, значно спрощує розрахунковий апарат системи керування і підвищує її швидкодію.

Обґрунтовано вираз для визначення корегуючої напруги для компенсації змінних складових активної потужності асинхронного двигуна. Запропоновано структурну схему системи компенсації параметричної несиметрії асинхронного двигуна у складі частотно-регульованого електропривода.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Кумаков, Ю. А.* Инверторы напряжения со ступенчатой модуляцией и активная фильтрация высших гармоник / Ю. А. Кумаков // *Новости электротехники.* – 2005. – №6 (36). – С. 27–38.
2. *Домнин, И. Ф.* Современные теории мощности и их использование в преобразовательных системах силовой электроники / И. Ф. Домнин, Г. Г. Жемеров, Д. С. Крилов, Е. И. Сокол // *Техн. электродинамика.* – 2004. – Тем. выпуск. – С. 80–91.
3. *Czarnecki, L. S.* Instantaneous reactive power p - q theory and power properties of three-phase systems / Leszek S. Czarnecki // *IEEE Transactions on Power Delivery.* – January 2006. – № 1, Vol. 21. – Pp. 362–367.
4. *Czarnecki, L. S.* Comments to the paper: Instantaneous p - q theory for compensating nonsinusoidal systems / Leszek S. Czarnecki // *Przeglad elektrotechniczny (Electrical review).* – 2009. – NR 6, R. 85. – Pp. 167–169.
5. *Akagi, H.* Generalized theory of the instantaneous reactive power in three-phase circuits / H. Akagi, Y. Kanazawa, A. Nabae // *IPEC'83 – Int. Power Electronics Conf.* – Tokyo, Japan, 1983. – Pp. 1375–1386.
6. *Родькин, Д. И.* Оценка составляющих мгновенной мощности полигармонических сигналов / Д. И. Родькин // *Электроинформ.* – Киев, 2003. – № 3. – С. 13–15.
7. *Dugan, R. C.* *Electrical Power Systems Quality* / R. C. Dugan, M. F. McGranaghan, H. W. Beaty // McGraw-Hill. – 1996. – P. 265.
8. *Fiorina, J. N.* *Inverters and Harmonics* / J. N. Fiorina // *Cahier Technique Merlin Gerin.* – № 159. – P. 19.
9. *Yacamini, R.* *Power System Harmonics. Part 3 – Problems caused by distorted supplies* / R. Yacamini // *Power Engineering Journal.* – Oct, 1995. – Pp. 233–238.
10. *Harmonic Disturbances in Networks and Their Treatment* // *Cahier Technique Schneider Electric.* – № 152. – P. 25.
11. *Kim, H. S.* The instantaneous power theory on the rotating p - q - r reference frames / H. S. Kim, H. Akagi // *Proc. IEEE/PEDS'99 Conf.* – Hong Kong, 1999. – Pp. 422–427.
12. *Peng, Z.* Harmonics and reactive power compensation based on the generalized instantaneous reactive power theory for three-phase four-wire systems / Z. Peng, G. W. Ott, D. J. Adams // *IEEE Trans. Power Electronics.* – 1998. – №6, Vol. 13. – Pp. 1174–1181.
13. *Akagi, H.* Instantaneous power theory and applications to power conditioning / H. Akagi, E. H. Watanabe, M. Aredes // *IEEE Press on power engineering.* – Canada, 2007. – P. 379.
14. *Afonso, J. L.* P - Q power components calculations / Joao L. Afonso, M. J. Sepulveda Freitas, Julio S. Martins // *ISIE 2003 – IEEE International Symposium on Industrial Electronics.* – Rio de Janeiro, Brazil, 9–11 June, 2003. – С. 123–128.
15. *Черный, А. П.* Мониторинг параметров электрических двигателей электромеханических систем : моногр. / А. П. Черный, Д. И. Родькин, А. П. Калинов, О. С. Воробейчик. – Кременчук, 2008. – 244 с.

Стаття надійшла до редакції 20.12.2011.
Після доробки 16.01.2012.

А. В. Чумачова, А. П. Калинов

Обоснование подхода к компенсации воздействия параметрической несимметрии асинхронного двигателя в составе частотно-регулируемого электропривода

Проведен анализ существующих подходов к компенсации высших гармоник в сигналах тока и мощности трехфазных систем. Выделены основные преимущества и недостатки трех основных теорий мощности при их применении для компенсации высших гармонических составляющих активной и реактивной мощности. Показана необходимость компенсации переменных составляющих трехфазной активной мощности асинхронного двигателя, вызванных несимметрией его параметров. Предлагается метод компенсации этих составляющих в составе частотно-регулируемого электропривода.

Ключевые слова: асинхронный двигатель, теория мгновенной мощности, гармонические составляющие мощности.

A. V. Chumachova, A. P. Kalinov

Justification of the approach to impact compensation of the induction motor parametric asymmetry within the frequency-controlled electric drive

The analysis of existing approaches to the compensation of higher harmonics in the current and power signals of three-phase systems is carried out. The advantages and disadvantages of the three main power theories are defined according to their application for compensation of the higher harmonic components in active and reactive power. The necessity of variable components compensation of three-phase induction motor active power caused by its parameters asymmetry is shown. The compensation method of these components within the frequency-controlled electric drive is proposed.

Key words: asynchronous motor, the instantaneous power theory, power harmonic components.