

УДК 621.314

Д. А. Миколаєць

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»,
Кафедра ПЕ, НТУУ «КПІ», м. Київ, Україна, e-mail: dmytri_m@ukr.net**БАЛАНС ЕНЕРГІЇ В ПАРАЛЕЛЬНОМУ КОМПЕНСАТОРІ ПРИ ВУЗЬКОМУ
НАВАНТАЖУВАЛЬНОМУ СТРУМІ**

Проведенный анализ компенсатора при работе с узкими импульсными токами нагрузки. Используя баланс энергии и на основе выведенных функциональных зависимостей рассчитаны энергии на интервалах работы компенсатора и амплитудное значение входного синусоидального тока, что позволяет найти корректирующий ток. Использование линейной аппроксимации функции нагружающего тока на начальных участках, а также пренебрежение части энергии нагрузки дало возможность значительно упростить расчеты. Приведенные оценки точности полученных выражений, при соответствующих расчетах. Установлена целесообразность упрощения расчетов входных величин компенсатора при работе на нагрузку, которая потребляет узкий импульсный ток.

Ключевые слова: компенсатор реактивной мощности, баланс энергии.

Проведений аналіз компенсатора при роботі з вузькими імпульсними струмами навантаження. Використовуючи баланс енергії та на основі виведених функціональних залежностей розраховано енергії на інтервалах роботи компенсатора та амплітудне значення вхідного синусоїдального струму, що дозволяє знайти коригуючий струм. Використання лінійної апроксимації функції навантажувального струму на початкових ділянках, а також нехтування частини енергії навантаження дало змогу значно спростити розрахунки. Приведені оцінки точності отриманих виразів, при відповідних розрахунках. Встановлено доцільність спрощення розрахунків вхідних величин компенсатора при роботі на навантаження, що споживає вузький імпульсний струм.

Ключові слова: компенсатор реактивної потужності, баланс енергії.

Вступ

При проектуванні системи керування компенсатором реактивної потужності на основі мікропроцесорів важливу роль має створення ефективного алгоритму роботи. Основною проблемою в задачі керування таким пристроєм є постійна зміна режимів роботи компенсатора [1, 2], на яких енергетичні процеси описуються складними та громіздкими виразами. Це призводить до того, що мікропроцесору доводиться виконувати значну кількість операцій, що в свою чергу обмежує швидкодію всієї системи керування. Тому задача оптимізації енергетичних розрахунків є актуальною.

Спрощена методика аналізу

На рис. 1 представлений півперіод дії вузького імпульсного струму i_n навантаження, тривалістю $t_1-t_4 \ll T/2$, де T – період напруги мережі. За допомогою компенсатора, який по чергове споживає та віддає енергію в мережу, на вході формується струм i_{ex} синусоїдальної форми.

Для розрахунків використовується баланс енергій, за яким $W_1+W_2+W_3=0$, де W_1 – енергія, що споживається компенсатором за часовий інтервал t_0-t_2 , W_2 – енергія, яку компенсатор повертає в мережу на інтервалі t_2-t_3 , W_3 – енергія, що споживається компенсатором за часовий інтервал $t_3-T/2$. Для скорочення виразів, припускаємо, що інтервали t_0-t_1 та t_2-t_3 – рівні, а отже $W_1=W_3$. Відповідно баланс енергій виконуватиметься при $2W_1+W_2=0$. Розглянемо 2 випадки. У першому замінимо функцію струму $i_n(t)$ на інтервалі t_1-t_2 лінійною функцією типу kx , де k дорівнює $k=I_n/(t_2-t_1)$. Такий підхід дає змогу врахувати енергію інтервалу t_1-t_2 при спрощенні розрахунків. Якщо виконується умова $t_1-t_4 \ll T/2$, енергією інтервалу t_1-t_2 можна знехтувати. В цьому разі розглядається другий випадок, при якому $i_{ex}(t) = i_n(t)_{t_1=t_2}$.

В загальному виді на інтервалі t_0-t_1 енергія W_1 визначається як:

$$W_1 = \int_0^{t_2} U_m \sin \omega_c t \cdot I_m \sin \omega_c t dt - \int_{t_1}^{t_2} U_m \sin \omega_c t \cdot I_n \sin\left(\frac{2\pi}{T_n}(t-t_1)\right) dt, \quad (1)$$

де U_m – амплітудне значення напруги мережі, ω_c – частота напруги мережі, I_m – амплітудне значення вхідного синусоїдального струму, I_n – амплітудне значення вхідного імпульсного струму, T_n – період струму i_n , що дорівнює подвоєному інтервалу t_1-t_4 .

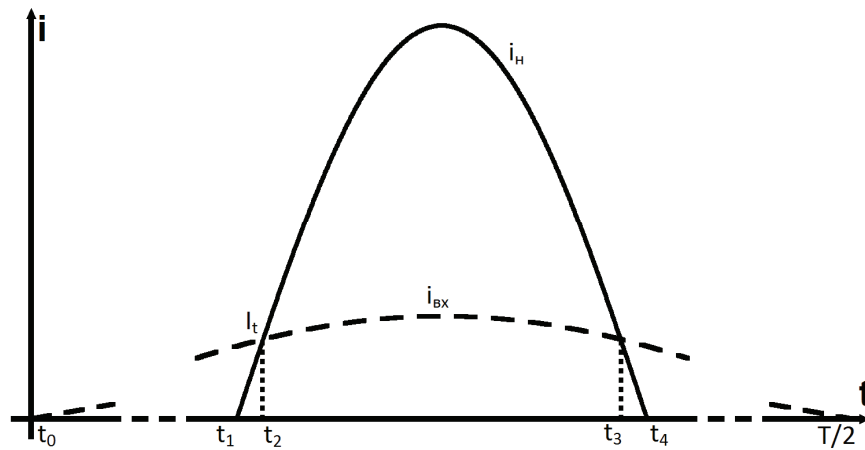


Рис. 1.

На інтервалі t_2-t_3 енергія W_2 дорівнює:

$$W_2 = \int_{t_2}^{t_3} U_m \sin \omega_c t \cdot I_n \sin\left(\frac{2\pi}{T_n}(t-t_1)\right) dt - \int_{t_2}^{t_3} U_m \sin \omega_c t \cdot I_m \sin \omega_c t dt. \quad (2)$$

Користуючись інструментарієм програмного забезпечення Advanced Grapher, визначено, що похибка обчислення, при заміні на інтервалі t_1-t_2 функції $i_n(t)$ на вираз типу kx , значно менша 1%. В такому випадку енергія W_1 виражається, як:

$$W_1 = \int_0^{t_2} U_m \sin \omega_c t \cdot I_m \sin \omega_c t dt - \int_{t_1}^{t_2} U_m \sin \omega_c t \cdot \frac{I_t}{t_2 - t_1} (t - t_1) dt \quad (3)$$

З наведених виразів (2) та (3), за умови $2W_1 + W_2 = 0$ визначається амплітуда вхідного струму:

$$I_m = \frac{4I_n T_n \omega_c}{2\omega_c t_2 - \sin 2\omega_c t_2 + 2\omega_c t_3 - \sin 2\omega_c t_3} \left(\frac{\sin(2\pi_1/T_n - 2\pi_3/T_n - \omega_c t_3) - \sin(2\pi_1/T_n - 2\pi_2/T_n - \omega_c t_2)}{2(T_n \omega_c + 2\pi)} - \frac{\sin(2\pi_1/T_n - 2\pi_3/T_n + \omega_c t_3) - \sin(2\pi_1/T_n - 2\pi_2/T_n + \omega_c t_2)}{2(T_n \omega_c - 2\pi)} + \frac{2(\sin \omega_c t_2 - \sin \omega_c t_1)}{\omega_c^2} - \frac{2(t_2 - t_1) \cos \omega_c t_2}{\omega_c} \right). \quad (4)$$

Якщо енергією навантаження на інтервалі t_1-t_2 знехтувати, енергія W_1 дорівнює:

$$W_1 = \int_0^{t_2} U_m \sin \omega_c t \cdot I_m \sin \omega_c t dt. \quad (5)$$

Відповідно, з виразів (2) та (5) визначається вираз для знаходження вхідного струму:

$$I_m = \frac{I_n T_n \omega_c}{2\omega_c t_2 - \sin 2\omega_c t_2 + 2\omega_c t_3 - \sin 2\omega_c t_3} \left(\frac{\sin(2\pi_1/T_n - 2\pi_3/T_n - \omega_c t_3) - \sin(2\pi_1/T_n - 2\pi_2/T_n - \omega_c t_2)}{T_n \omega_c + 2\pi} - \frac{\sin(2\pi_1/T_n - 2\pi_3/T_n + \omega_c t_3) - \sin(2\pi_1/T_n - 2\pi_2/T_n + \omega_c t_2)}{T_n \omega_c - 2\pi} \right). \quad (6)$$

Похибка виразів розрахунків енергій W_1 , W_2 та струму I_m у виразах 9–11 менша 2%, яка є досить незначною, зважаючи на коефіцієнт гармонік K_c , який в даній системі $K_c > 0,5$. Наведені вирази необхідні для розрахунку коригуючого струму компенсатора i_k , який дорівнює:

$$i_k(t) = I_m \sin \omega t - i_n(t).$$

Висновки

В результаті проведених розрахунків отримані вирази, для визначення енергій на інтервалах роботи компенсатора та амплітуди вхідного струму, що дозволяє визначити форму та амплітуду коригуючого струму. При цьому, похибка при отриманні коригуючого струму не перевищує 1-2%, що є прийнятним для практичного використання.

Список літератури

1. В. Я. Жуйков, Нгуен Лыхай Тунг. Условие компенсации реактивной мощности высокочастотным преобразователем параллельного типа // Электроника и связь. – 1998. – № 5. – С. 82–85.

2. Жуйков В.Я., Миколаєць Д.А. Особливості режимів роботи ФКП. // Технічна електродинаміка. – 2011. – Тематичний випуск. Силова електроніка та енергоефективність. – С. 24–29.

THE BALANCE OF POWER IN A PARALLEL COMPENSATOR WITH A NARROW CURRENT OF LOAD

D. A. Mikolaiets

National Technical University of Ukraine “Kyiv Polytechnic Institute”
Cathedra IE, NTUU “KPI”

The analysis of the compensator at operating with narrow pulse currents of the load conducted. With using the balance of energy and on the base of derived functional dependences the energies on intervals of work of the compensator and amplitude value of input sinusoidal current were calculated. This allows finding the corrective current. Using a linear approximation of function current of load on the initial domains and also neglect the part of energy of the load allows to considerably simplifying the calculations. The evaluations of accuracy of the expressions in corresponding calculations presented. The expediency of simplifying the calculations of input values of the compensator with operating on load, that consumes a narrow pulse current established.

Key words: VAR-compensator, the balance of energy.

1. V. Zhuikov, Nguyen Lyhai Tung, The condition of the reactive power compensation of the parallel-type high frequency converter // Elektronika i svyaz. – 1998. – vol.5.– P. 82–85 (Rus.).

2. Zhuikov V.Y., Mikolaiets D.A. Features of modes of work the FCC. // Tekhnichna elektrodynamika. – 2011. – Tematychnyi vypusk. Sylova elektronika ta energoefektyvnist. – P. 24-29 (Ukr.)