

УДК 621.314

М.Ю. Артеменко¹, д.-р. техн. наук, **В.О. Лесик**², **С.Й. Поліщук**², канд. техн. наук.¹Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», пр. Перемоги, 37, Київ, 03056, Україна, e-mail:artemenko_m_ju@ukr.net.²Інститут електродинаміки НАН України, пр. Перемоги, 56, Київ-57, 03680, Україна.

Потужність втрат трифазної чотирипровідної системи живлення

В даній статті запропоновано вираз для визначення відносної потужності втрат трифазної чотирипровідної системи живлення для несинусоїдного несиметричного режиму за заданим коефіцієнтом потужності навантаження, визначеним на періоді напруги живлення, та відомим відношенням потужності короткого замикання до активної потужності навантаження. Проведено розрахунок коефіцієнтів потужності та відносних потужностей втрат для типових видів несиметричних навантажень та напруг системи живлення. Бібл. 9, рис. 2.

Ключові слова: потужність втрат; коефіцієнт потужності; чотирипровідна система живлення.

Вступ

На сучасному етапі розвитку електроенергетики інтенсивно зростає кількість нелінійних споживачів та збільшується їх потужність, внаслідок чого в трифазних електричних системах живлення виникають полігармонічні, несиметричні режими, що супроводжуються погіршенням якості електропостачання та збільшенням втрат енергії. Особливо це проявляється в чотирипровідних системах, в яких несиметрія фазних напруг та струмів призводить до появи в нульовому проводі струму нульової послідовності, що викликає підвищені втрати.

Сучасні теорії миттєвої потужності, наприклад [1], дозволяють розробити ефективні алгоритми компенсації неактивних складових струмів в трифазних системах та зменшити потужність втрат за допомогою засобів активної фільтрації, проте в них не знайшли повного відображення класичні інтегральні характеристики потужності, які визначають енергоефективність роботи системи живлення. В роботах [2,3] показано, що максимальна величина коефіцієнта корисної дії трифазної системи живлення залежить лише від відношення потужності короткого замикання до корисної потужності навантаження та досягається за умов сталої в часі миттєвої активної потужності та відсутності миттєвої реактивної потужності. Будь-які фактори, що викликають появу миттєвої реактивної потужності чи

пульсації миттєвої активної потужності, супроводжуються виникненням додаткових втрат енергії. В [4] отримано розрахункове співвідношення для трипровідних систем живлення з симетричним трифазним джерелом синусоїдної напруги та симетричним активно-реактивним навантаженням, що пов'язує відносні додаткові втрати з середньоквадратичним значенням реактивної потужності. В подальших роботах [5,6] отримане співвідношення було доповнено та поширено на випадок несиметричних режимів чотирипровідної системи живлення. Проте, як зазначають самі автори, отримані вирази для додаткових втрат дозволили мінімізувати похибку розрахунків, але значно ускладнили алгоритм обчислення, що викликало практичні труднощі з його використанням.

Як відомо, теоретична електротехніка визначає інтегральним критерієм енергоефективності процесу споживання електроенергії коефіцієнт потужності. Мета роботи – отримати розрахункові співвідношення для відносної потужності втрат трифазної чотирипровідної системи живлення на основі коефіцієнта потужності та проаналізувати потужності втрат для типових видів несиметричних навантажень та напруг живлення.

Загальна формула розрахунку потужності втрат

Повна потужність навантаження трифазної чотирипровідної системи живлення в несиметричному несинусоїдному Т-періодичному режимі для резистивної моделі силового кабелю (рис.1) визначена в [7].



Рис. 1. Розрахункова еквівалентна схема мережі живлення

$$S = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T \mathbf{u}^T(t) \mathbf{R}^{-1} \mathbf{u}(t) dt \frac{1}{T} \int_0^T \mathbf{i}^T(t) \mathbf{R} \mathbf{i}(t) dt}, \quad (1)$$

де $\mathbf{u}(t) = \begin{pmatrix} u_A(t) \\ u_B(t) \\ u_C(t) \end{pmatrix}; \mathbf{i}(t) = \begin{pmatrix} i_A(t) \\ i_B(t) \\ i_C(t) \end{pmatrix}$ – вектори миттєвих

значень фазних напруг навантаження та лінійних струмів;

$\mathbf{R} = \mathbf{1} + r_n \mathbf{j} \mathbf{j}^T = \begin{pmatrix} r+r_n & r_n & r_n \\ r_n & r+r_n & r_n \\ r_n & r_n & r+r_n \end{pmatrix}$ – матриця

опорів втрат; $\mathbf{1} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$ – одинична матриця;

$\mathbf{j}^T = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}$; T – знак транспонування; r – опір кожного фазового проводу та r_N – опір нейтрального проводу.

Вважаючи, що коефіцієнт потужності навантаження не змінюється при нехтуванні малими параметрами активних опорів лінії передачі, з виразу (1) знайдемо потужність втрат

$$\begin{aligned} \Delta P &= \frac{1}{T} \int_0^T \mathbf{i}^T(t) \mathbf{R} \mathbf{i}(t) dt = \\ &= \frac{S^2}{\frac{1}{T} \int_0^T \mathbf{u}^T(t) \mathbf{R}^{-1} \mathbf{u}(t) dt} = \frac{P_L^2}{\lambda^2 P_U}, \end{aligned} \quad (2)$$

де $\lambda = \frac{P_L}{S}$ – коефіцієнт потужності;

$P_L = \frac{1}{T} \int_0^T \mathbf{u}^T(t) \mathbf{i}(t) dt$ – активна потужність навантаження;

$P_U = \frac{1}{T} \int_0^T \mathbf{u}^T(t) \mathbf{R}^{-1} \mathbf{u}(t) dt = P_0 - P_S - P_L$ від-

повідно до результатів роботи [3];

$P_0 = \frac{1}{T} \int_0^T \mathbf{v}^T(t) \mathbf{R}^{-1} \mathbf{v}(t) dt$ – потужність резистивного

короткого замикання системи живлення; $\mathbf{v}(t)$ – вектор миттєвих значень фазних напруг трифазного джерела;

$P_S = P_L + \Delta P = \frac{1}{T} \int_0^T \mathbf{v}^T(t) \mathbf{i}(t) dt$ – активна потуж-

ність трифазного джерела.

Підставивши розглянуті величини в (2), матимемо рівняння для визначення відносної потужності втрат $\chi = \Delta P / P_L$:

$$\begin{aligned} \chi &= \frac{\Delta P}{P_L} = \frac{P_L}{\lambda^2 (P_0 - P_S - P_L)} = \\ &= \frac{P_L}{\lambda^2 (P_0 - \Delta P - 2P_L)} = \frac{1}{\lambda^2 (k_L - 2 - \chi)}, \end{aligned} \quad (3)$$

де $k_L = P_0 / P_L$ – коефіцієнт навантаження.

Після перетворень з виразу (3) маємо квадратне рівняння для визначення відносної потужності втрат

$$\chi^2 - (k_L - 2)\chi + \lambda^{-2} = 0. \quad (4)$$

З двох можливих коренів рівняння (4) фізичному змісту задовольняє така функціональна залежність кореня від коефіцієнта потужності, при якій зі збільшенням λ зменшується χ , тобто

$$\chi = 0,5k_L - 1 - \sqrt{(0,5k_L - 1)^2 - \lambda^{-2}}. \quad (5)$$

Відповідно до виразу (5) єдиними параметрами, що визначають відносну потужність втрат, є коефіцієнт навантаження та коефіцієнт потужності, тому для побудови залежності відносних втрат від коефіцієнта навантаження достатньо визначити величину коефіцієнта потужності.

Розрахунок коефіцієнтів потужності та відносних потужностей втрат для типових видів несиметричних навантажень та напруг живлення

1. Симетричне активно-реактивне навантаження при симетричній синусоїдній напрузі живлення [6] може бути задано комплексними провідностями фаз:

$$\begin{aligned} \bar{Y}_A &= \bar{Y}_B = \bar{Y}_C = \frac{1}{R + jX} = \\ &= G - jB = Y e^{-j\varphi} = \bar{Y}; \\ \operatorname{Re}(\bar{Y}) &= G = Y \cos \varphi, \\ \varphi &= \operatorname{arctg}(X / R) \end{aligned}$$

За методикою [9] знаходимо значення параметра $\bar{Y}_+ = (\bar{Y}_A + \bar{a} \bar{Y}_B + \bar{a}^2 \bar{Y}_C) / \sqrt{3} = 0$ та величину коефіцієнта потужності

$$\lambda = \frac{\operatorname{Re}\left(\frac{\bar{Y}_A + \bar{Y}_B + \bar{Y}_C}{3}\right)}{\sqrt{\frac{Y_A^2 + Y_B^2 + Y_C^2}{3} + \frac{r_N Y_+^2}{r}}} = \frac{\operatorname{Re}(\bar{Y})}{\sqrt{3Y^2}} = \frac{Y \cos \varphi}{Y} = \cos \varphi.$$

Тобто, за умов симетрії навантаження енергоефективність трифазної чотирипровідної системи живлення визначається класичним значенням коефіцієнта потужності кожної з фаз.

2. Несиметричне активне навантаження при симетричній синусоїдній напрузі живлення [6] задається комплексними провідностями:

$$\bar{Y}_A = 1/R_A = \frac{1}{k_A R} = \frac{G}{k_A};$$

$$\bar{Y}_B = 1/R_B = \frac{G}{k_B};$$

$$\bar{Y}_C = \frac{G}{k_C},$$

де k_A, k_B, k_C – вагові коефіцієнти активного несиметричного навантаження.

Визначаємо параметр

$$\begin{aligned} \bar{Y}_+ &= (\bar{Y}_A + \tilde{a}\bar{Y}_B + \dot{a}\bar{Y}_C) / \sqrt{3} = \\ &= \frac{G}{\sqrt{3}} \left(\frac{1}{k_A} + \frac{\tilde{a}}{k_B} + \frac{\dot{a}}{k_C} \right) = \frac{G}{\sqrt{3}} \bar{\alpha}; \\ \bar{\alpha} &= \frac{1}{k_A} + \frac{\tilde{a}}{k_B} + \frac{\dot{a}}{k_C} = \frac{1}{k_A} - \frac{1}{2k_B} - \\ &- \frac{1}{2k_C} + j\sqrt{3} \left(\frac{1}{2k_C} - \frac{1}{2k_B} \right). \end{aligned}$$

Відповідний коефіцієнт потужності:

Вектор струмів навантаження визначається виразом $\mathbf{i}(t) = \mathbf{G}\mathbf{u}(t)$.

Відповідно до методики [7] виділимо у векторі миттєвих значень фазних напруг ортогональну складову нульової послідовності

$$\begin{aligned} \mathbf{u}_0(t) &= \frac{u_A + u_B + u_C}{3} \mathbf{j} = \frac{\sqrt{2}U}{3} [k_A \cos(\omega t) + k_B \cos(\omega t - 2\pi/3) + k_C \cos(\omega t + 2\pi/3)] \mathbf{j} = \\ &= \frac{\sqrt{2}U}{3} [(k_B - k_A) \cos(\omega t - 2\pi/3) + (k_C - k_A) \cos(\omega t + 2\pi/3)] \mathbf{j} \end{aligned}$$

Квадрат діючого значення складової нульової послідовності

$$\begin{aligned} U_0^2 &= \frac{1}{T} \int_0^T \mathbf{u}_0^T(t) \mathbf{u}_0(t) dt = \frac{2U^2}{9} \mathbf{j}^T \mathbf{j} \frac{1}{T} \int_0^T [(k_B - k_A) \cos(\omega t - 2\pi/3) + (k_C - k_A) \cos(\omega t + 2\pi/3)]^2 dt = \\ &= \frac{2U^2}{3} \times \frac{1}{T} \int_0^T [(k_B - k_A)^2 \cos^2(\omega t - 2\pi/3) + (k_C - k_A)^2 \cos^2(\omega t + 2\pi/3) + 2(k_B - k_A)(k_C - k_A) \cos(\omega t - 2\pi/3) \cos(\omega t + 2\pi/3)] dt = \\ &= \frac{U^2}{3} [(k_B - k_A)^2 + (k_C - k_A)^2 + 2(k_B - k_A)(k_C - k_A) \cos(4\pi/3)] = \frac{U^2}{3} [(k_B - k_A)^2 + (k_C - k_A)^2 - (k_B - k_A)(k_C - k_A)] = \\ &= \frac{U^2}{3} [k_A^2 + k_B^2 + k_C^2 - k_A k_B - k_B k_C - k_C k_A] = \frac{U^2}{3} (k_{\Sigma 2} - k_{2\Sigma}), \end{aligned}$$

де $k_{\Sigma 2} = k_A^2 + k_B^2 + k_C^2$; $k_{2\Sigma} = k_A k_B + k_B k_C + k_C k_A$.

Квадрат діючого значення фазних напруг

$$U_{RMS}^2 = \frac{1}{T} \int_0^T \mathbf{u}^T(t) \mathbf{u}(t) dt = k_A^2 U^2 + k_B^2 U^2 + k_C^2 U^2 = U^2 (k_A^2 + k_B^2 + k_C^2) = U^2 k_{\Sigma 2}.$$

Квадрат діючого значення ортогональної складової фазних напруг, що локалізується в $\alpha\beta$ – площині

$$\begin{aligned} \lambda &= \frac{\operatorname{Re} \left(\frac{\bar{Y}_A + \bar{Y}_B + \bar{Y}_C}{3} \right)}{\sqrt{\frac{Y_A^2 + Y_B^2 + Y_C^2}{3} + \frac{r_N Y_+^2}{r}}} = \\ &= \frac{G \left(\frac{k_A^{-1} + k_B^{-1} + k_C^{-1}}{3} \right)}{\sqrt{G^2 \frac{k_A^{-2} + k_B^{-2} + k_C^{-2}}{3} + \frac{r_N G^2 \alpha^2}{3r}}} = \\ &= \frac{k_A^{-1} + k_B^{-1} + k_C^{-1}}{\sqrt{3(k_A^{-2} + k_B^{-2} + k_C^{-2} + \alpha^2 r_N / r)}}. \end{aligned}$$

3. Симетричне активне навантаження ($R_A = R_B = R_C = 1/G$) при несиметричних синусоїдних фазних напругах [5], що характеризуються вектором миттєвих значень

$$\mathbf{u}(t) = \sqrt{2}U \begin{Bmatrix} k_A \cos(\omega t) \\ k_B \cos(\omega t - 2\pi/3) \\ k_C \cos(\omega t + 2\pi/3) \end{Bmatrix},$$

де U – діюче значення, k_A, k_B, k_C – коефіцієнти несиметрії фазних напруг живлення.

$$U_{\perp}^2 = U_{RMS}^2 - U_0^2 = U^2(k_A^2 + k_B^2 + k_C^2) - \frac{U^2}{3}[k_B^2 + k_A^2 + k_C^2 - k_A k_B - k_A k_C - k_B k_C] =$$

$$= \frac{U^2}{3}[2(k_A^2 + k_B^2 + k_C^2) + k_A k_B + k_A k_C + k_B k_C] = \frac{U^2}{3}(2k_{\Sigma 2} + k_{2\Sigma}).$$

Аналогічно може бути розкладений на ортогональні складові вектор фазних струмів.
Активна потужність

$$P = k_A^2 U^2 G + k_B^2 U^2 G + k_C^2 U^2 G = k_{\Sigma 2} U^2 G.$$

Коефіцієнт потужності

$$\lambda = \frac{P}{S} = \frac{k_{\Sigma 2} U^2 G}{\sqrt{[U_{\perp}^2 + (1 - \sigma_0) U_0^2][I_{\perp}^2 + I_0^2 / (1 - \sigma_0)]}} =$$

$$= \frac{k_{\Sigma 2} U^2 G}{\sqrt{\left[\frac{U^2}{3}(2k_{\Sigma 2} + k_{2\Sigma}) + (1 - \sigma_0) \frac{U^2}{3}(k_{\Sigma 2} - k_{2\Sigma}) \right] G^2 \left[\frac{U^2}{3}(2k_{\Sigma 2} + k_{2\Sigma}) + \frac{U^2}{3}(k_{\Sigma 2} - k_{2\Sigma}) / (1 - \sigma_0) \right]}} =$$

$$= \frac{3k_{\Sigma 2}}{\sqrt{[(2k_{\Sigma 2} + k_{2\Sigma}) + (1 - \sigma_0)(k_{\Sigma 2} - k_{2\Sigma})][(2k_{\Sigma 2} + k_{2\Sigma}) + (k_{\Sigma 2} - k_{2\Sigma}) / (1 - \sigma_0)]}}.$$

З урахуванням того [8], що $\sigma_0 = \frac{3r_N}{r + 3r_N}$; $1 - \sigma_0 = \frac{r}{r + 3r_N}$, остаточно маємо для даного випадку

$$\lambda = \frac{3k_{\Sigma 2}}{\sqrt{[(2k_{\Sigma 2} + k_{2\Sigma}) + (k_{\Sigma 2} - k_{2\Sigma})(1 + 3r_N / r)^{-1}][(2k_{\Sigma 2} + k_{2\Sigma}) + (k_{\Sigma 2} - k_{2\Sigma})(1 + 3r_N / r)]}}.$$

4. Нелінійне симетричне навантаження при симетричній синусоїдній напрузі живлення [6] характеризується миттєвим струмом фази А

$$i_A(t) = \frac{U_m}{R} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{\cos(2k-1)\omega t}{2k-1} =$$

$$= \frac{\pi U_m}{4R} \times \frac{4}{\pi} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{\cos(2k-1)\omega t}{2k-1} = \frac{\sqrt{2}\pi U}{4R} \gamma(\omega t),$$

де $\gamma(\omega t)$ - періодична імпульсна послідовність типу меандр одиничної амплітуди з періодом $T = 2\pi / \omega$. Інші лінійні струми синфазні відповідним фазним напругам:

$$i_B(t) = \frac{\sqrt{2}\pi U}{4R} \gamma(\omega t - 2\pi / 3);$$

$$i_C(t) = \frac{\sqrt{2}\pi U}{4R} \gamma(\omega t + 2\pi / 3).$$

Активна потужність

$$P_L = \frac{3}{T} \int_{-T/2}^{T/2} u_A(t) i_A(t) dt = \frac{3\sqrt{2}U}{T} \times \frac{\sqrt{2}\pi U}{4R_L} \times \int_{-T/2}^{T/2} \cos(\omega t) \gamma(\omega t) dt = \frac{3\pi U^2}{2TR_L} \times 4 \int_0^{T/4} \cos(\omega t) dt = \frac{3\pi U^2}{2TR} \times 4 \frac{1}{\omega} = \frac{3U^2}{R}.$$

Повна потужність

$$S^2 = \frac{1}{T} \int_0^T \mathbf{u}^T(t) \mathbf{R}^{-1} \mathbf{u}(t) dt \frac{1}{T} \int_0^T \mathbf{i}^T(t) \mathbf{R} \mathbf{i}(t) dt = \frac{1}{T} \int_0^T \mathbf{u}^T(t) \mathbf{u}(t) dt \frac{1}{T} \int_0^T \mathbf{i}^T(t) \mathbf{i}(t) dt = 3U^2 \times 3 \left(\frac{\sqrt{2}\pi U}{4R_L} \right)^2.$$

Коефіцієнт потужності

$$\lambda = \frac{P_L}{S} = \frac{3U^2}{R} : \frac{3\sqrt{2}\pi U^2}{4R} = \frac{2\sqrt{2}}{\pi}.$$

Задавши величини коефіцієнтів $k_A=1$, $k_B=1,3$, $k_C=0,5568$ та $\varphi = 20^\circ$ аналогічно [6], вважаючи однаковими активні опори фазних проводів і нейтралі та скориставшись виразом (5), побудуємо графіки залежностей $\chi = f(k_L)$ для розглянутих прикладів (рис.2).

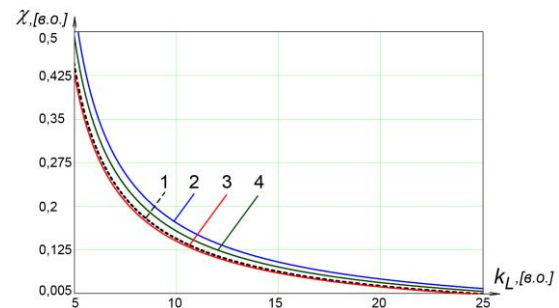


Рис. 2. Залежність відносної потужності втрат від коефіцієнта навантаження відповідно розглянутим прикладам 1 – 4

Отримані результати практично тотожні наведеним в [6], що підтверджує можливість використання виведених співвідношень для інженерних розрахунків.

Висновки

Запропоновано співвідношення для визначення відносної потужності втрат трифазної чотирипровідної системи живлення для несинусоїдного несиметричного режиму за заданим коефіцієнтом потужності навантаження, визначеним на періоді напруги живлення, та відомим відношенням потужності короткого замикання до активної потужності навантаження. Проведено розрахунок коефіцієнтів потужності та відносних втрат для типових видів несиметричних навантажень та напруг системи живлення.

Список використаних джерел

1. Akagi H., Watanabe E.H., Aredes M. Instantaneous power theory and applications to power conditioning. – Piscataway, NJ: IEEE Press. – 2007. – 379p.
2. Г.Г. Жемеров, Н.А. Ильина, О.В. Ильина, О.И. Ковальчук, Е.И. Сокол. КПД систем электроснабжения постоянного напряжения и трехфазной симметричной системы синусоидальных напряжений // *Технічна електродинаміка*, тем. випуск, «Проблеми сучасної електротехніки». – 2010. – Ч. 2. – С. 107–118.
3. Артеменко М. Ю., Батрак Л.М., Михальський В.М., Поліщук С.Й. Аналіз можливості збільшення ККД трифазної чотирипровідної системи живлення засобами паралельної активної фільтрації // *Технічна електродинаміка*. – 2015.– № 6. – С. 12 – 18.
4. Жемеров Г.Г., Тугай Д.В. Зависимость дополнительных потер в трехфазных системах электроснабжения от реактивной мощности и пульсаций мгновенной активной мощности// *Технічна електродинаміка*. – 2015. – № 4. – С. 66–704.
5. Жемеров Г.Г., Тугай Д.В. Уточнение универсальной формулы для определения мощности потер в трехфазных системах электроснабжения // *Вісник НТУ «ХПІ»* – 2015. – № 12. – С. 339–343.
6. Жемеров Г.Г., Тугай Д.В. Составляющие мощности суммарных потер электрической энергии в пространственных rpg координатах // *Електротехніка і електромеханіка*.– 2016.– №2.– С.11–19.
7. Артеменко М.Ю. Повна потужність трифазної системи живлення в несинусоїдному режимі та енергоефективність засобів паралельної активної фільтрації // *Електроніка та зв'язок*. – 2014. – №6. – С. 38–47.
8. Артеменко М.Ю., Батрак Л.М., Михальський В.М., Поліщук С.Й. Оптимізація енергетичних характеристик трифазної чотирипровідної системи живлення з паралельним активним фільтром в синусоїдному режимі // *Технічна електродинаміка*. – 2015. – № 2. – С. 30–37.
9. Artemenko M.Yu., Batrak L.M., Polishchuk S.J., Mykhalskyi V.M., Shapoval I.A. The Effect of Load Power Factor on the Efficiency of Three-Phase Four-Wire Power System with Shunt Active Filter // *Proceedings of 2016 IEEE36th International Conference on Electronics and Nanotechnology (ELNANO)*. – 2016. –Pp. 227-282.

Поступила в редакцію 19 юля 2016 г.

УДК 621.314

М.Е. Артеменко¹, д.-р. техн. наук, **В.О. Лесик**², **С.И. Полищук**², канд. техн. наук.

¹Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», пр. Победы,37, Киев, 03056, Украина,

²Институт электродинамики НАН Украины, пр. Победы,56, Киев-57,03680, Украина.

Мощность потер трехфазной четырехпроводной системы питания

В данной статье получено выражение для определения относительной мощности потер трехфазной четырехпроводной системы питания в несинусоидальном несимметричном режиме по заданному коэффициенту мощности нагрузки, определенному на периоде напряжения питания, и известному отношению мощности короткого замыкания к активной мощности нагрузки. Проведен расчет коэффициентов мощности и относительных потер мощности для типовых видов несимметричных нагрузок и напряжений системы питания. Библи. 9, рис. 2.

Ключевые слова: мощность потерь; коэффициент мощности; четырехпроводная система питания.

UDC 621.314

M. Artemenko¹, Dr.Sc., **V. Lesyk**², **S. Polishchuk**², Ph.D.

¹National Technical University of Ukraine "Kyiv polytechnic institute",
Peremohy pr., 37, Kyiv, 03056, Ukraine, e-mail:artemenko_m_ju@ukr.net.

²Institute of Electrodynamics of National Academy of Sciences of Ukraine,
Peremohy pr., 56, Kyiv-57, 03680, Ukraine, e-mail:polischuk@ied.org.ua.

Power losses in three-phase four-wire power system

In this article the expression for determining the relative power losses of three-phase four-wire supply system for non-sinusoidal asymmetrical mode under given load power factor and the known ratio of short-circuit power to active power load has been derived. The power factors and relative power losses for typical kinds of asymmetric loads and the power supply voltage were calculated. References 9, figures 2.

Keywords: power losses, power factor, three-phase four-wire power system.

Reference

1. Akagi, H., Watanabe, E. H., Aredes, M. (2007). Instantaneous power theory and applications to power conditioning. Piscataway, NJ: IEEE Press. P. 379.
2. Zhemerov, G. G., Ilyina, N. A., Ilyina, O. V., Kovalchuk, O. I., Sokol, E. I. (2010). Efficiency three-phase four-wire power supply system with an asymmetric load [KPD trehfaznoy chetyrehprovodnoy sistemyi elektrosnabzheniya s asimmetrichnoy nagruzkoy], Technical Electrodynamics, "Silova elektronika i energoefektivnist". Part 1, pp. 22–31
3. Artemenko, M. Yu., Batrak, L. M., Mykhalskyi, V. M. and Polishchuk, S. Y. (2015). Analysis of possibility to increase the efficiency of three-phase four-wire power system by means of shunt active filter. Technical Electrodynamics, no. 6, pp. 12-18. (Ukr).
4. Zhemerov, G. G., Tugay, D. V. (2015). The dependence of the additional losses in three-phase energy supply systems from reactive power and instantaneous active power pulsation. Technical Electrodynamics, no. 4, pp. 66-70. (Rus).
5. Zhemerov, G. G., Tugay, D. V. (2015). An universal formula clarification to determine the power losses in the three-phase energy supply systems. *Bulletin of NTU «KhPI»*. no.12, pp. 339-343. (Rus).
6. Zhemerov, G. G., Tugay, D. V. (2016). Components of total electric energy losses power in pqr spatial coordinates. Electrical engineering & electromechanics, no. 2, pp. 11-19. (Rus).
7. Artemenko, M. Yu. (2014). Apparent power of three-phase power system in nonsinusoidal mode and energy effectiveness of shunt active filters. Electronics and Communications, no. 6, pp. 38-47. (Ukr).
8. Artemenko, M. Yu., Batrak, L. M., Mykhalskyi, V. M. and Polishchuk, S. Y. (2015). Energy performance optimization of the three phase four wire power supply system with a parallel active filter in the unbalanced sinusoidal mode. Technical Electrodynamics, no. 2, pp. 30-37. (Ukr).
9. Artemenko, M. Yu., Batrak, L. M., Polishchuk, S. J., Mykhalskyi, V. M., Shapoval, I. A. (2016). The Effect of Load Power Factor on the Efficiency of Three-Phase Four-Wire Power System with Shunt Active Filter. Proceedings of 2016 IEEE36th International Conference on Electronics and Nanotechnology (ELNANO). Pp. 227-282.