ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1991

Seria: ELEKTRYKA z. 117 Nr kol. 1061

Marian PASKO

Instytut Elektrotechniki
Teoretycznej i Przemysłowej
Politechniki Śląskiej

SYNTEZA UKŁADÓW KOMPENSACJI DLA PEWNYCH KLAS UKŁADÓW TRÓJFAZOWYCH

Streszczenie. W pracy, opierając się na ortogonalnym rozkładzie prądu odbiornika trójfazowego w pewnej przestrzeni Hilberta $L_3^2(0;T)$ na trzy wzajemnie ortogonalne składniki, przeprowadzono syntezę układów służących do kompensacji składowej reaktancyjnej ${}_r i_\alpha$, $\alpha \in \{1,2,3\}$ prądu odbiornika dla dowolnej skończonej liczby harmonicznych; całkowitą kompensację prądu ${}_r i_\alpha$ w przypadku układów trójfazowych, w których nie występują sprzężenia magnetyczne oraz częściową kompensację składowej reaktancyjnej ${}_r i_{(1)\alpha}$ dla układów trójfazowych ze sprzężeniami magnetycznymi.

Do oceny stopnia skompensowania całkowitego prądu reaktancyjnego ${}_r i = ({}_r i_1, {}_r i_2, {}_r i_3) \in L_3^2(0;T)$ w układach ze sprzężeniami magnetycznymi wprowadzono współczynnik ξ, którego wartość dla konkretnych układów będzie decydować o celowości pełnej kompensacji tego prądu.

1. Wprowadzenie

Analiza energetyczna obwodów z przebiegami odkształconymi została zapoczątkowana w latach dwudziestych naszego wieku i wynikała raczej z potrzeb naukowych niż praktycznych. Wśród rodzących się wówczas teorii mocy na szczególną uwagę zasługują teorie zaproponowane przez rumuńskiego uczonego C.I. Budeanu i polskiego uczonego profesora St. Fryzego [9]. Pomimo czasu, który upłynął od opublikowania ich prac, problem jest nadal aktualny, ukazuje się wiele różnych prac i teorii z tego zakresu. Na szczególną uwagę zasługują teorie mocy sformułowane przez Z.Nowomiejskiego [11], [12] oraz wielu innych autorów cytowanych obszernie w pracy [6], w których można znaleźć elementy zarówno teorii C.I.Budeanu jak i St. Fryzego. Prace te dotyczyły z reguły obwodów jednofazowych i pozwoliły na uzyskanie różnych rozkładów prądu odbiornika na wzajemnie ortogonalne składniki [6], [9], [11]. L.S.Czarnecki w swojej pracy [6] proponuje w przypadku przebiegów odkształconych rozkład funkcji prądu odbiornika na trzy wzajemnie ortogonalne składniki ${}_a i$, ${}_r i$, ${}_s i$, o ściśle określonej

interpretacji fizykalnej w przestrzeni $L^2(0;T)$. Uogólnienie teorii rozkładów ortogonalnych prądu odbiornika dwuzaciskowego w przestrzeni $L^2(0;T)$ na układy trójfazowe w przestrzeni $L_3^2(0;T)$ oraz wielofazowe w przestrzeni $L_n^2(0;T)$ zostało przeprowadzone w pracach [1], [2], [7], [8]. Z analizy tych prac wynika, że rozkładając prąd odbiornika na wzajemnie ortogonalne składniki zawsze ujawnia się składowa reaktancyjna która jest odpowiedzialna za przepływ energii pomiędzy źródłem a czysto reaktancyjnymi elementami odbiornika. Pełna kompensacja składników ${}_ri$ oraz ${}_si$ zapewnia minimalizację strat mocy czynnej na doprowadzeniach, nie zapewnia jednak minimalizacji odkształceń prądu. Dlatego w pracach [3], [4], [5] były prowadzone poszukiwania takiego wskaźnika, który ujmowałby kompromis pomiędzy minimalizacją strat mocy czynnej na doprowadzeniach do odbiornika oraz minimalizacją zniekształceń prądu przy zadanej mocy czynnej. Poszukiwania te doprowadziły również do rozkładu prądu odbiornika na wzajemnie ortogonalne składniki w przestrzeni Sobolewa $W_{2,\lambda}^1(0;T)$ lub $W_{2,\lambda_n}^1(0;T)$ [3], [4]. Z analizy tych prac wynika, że i tutaj ujawnia się składowa reaktancyjna prądu, która ma identyczną postać do występujących w uprzednio analizowanych przestrzeniach $L^2(0;T)$, $L_3^2(0;T)$, $L_n^2(0;T)$. Wyniki wymienionych prac stwarzają możliwość podjęcia badań nad syntezą układów kompensujących składową reaktancyjną prądu odbiornika.

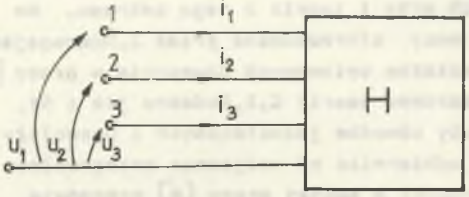
Celem artykułu jest synteza układów częściowej kompensacji pewnej składowej rozkładu ortogonalnego prądu odbiornika w przestrzeni $L_3^2(0;T)$ przy wykorzystaniu wyników prac [1], [2], [7], [14].

Omawiany rozkład ortogonalny prądu odbiornika trójfazowego przedstawiono pokrótce poniżej na podstawie prac [1], [2].

2. Rozkład ortogonalny prądu odbiornika trójfazowego w przestrzeni $L_3^2(0;T)$

Rozpatrujemy obwód trójfazowy (H) czteroprzewodowy z uwzględnieniem sprzężeń, przedstawiony na rys. 1.

Niech $L_3^2(0;T)$ oznacza przestrzeń Hilberta uporządkowanej trójki funkcji $f_\alpha(t)$, $\alpha \in \{1,2,3\}$ (napięcie, prąd) zmiennej rzeczywistej t (czas), okresowych o tym samym okresie T. Funkcje te mają poza tym całkowalny kwadrat, tzn.



Rys. 1

$$\int_0^T f^2(t)\,dt < \infty \qquad (1)$$

$$\alpha \in \{1,2,3\}$$

(Szczegółowe założenia i konstrukcja przestrzeni opisana jest w pracach [1], [2]).

Zatem $\mathbf{u} = (u_1, u_2, u_3)$ $L_3^2(0;T)$ oraz $\mathbf{i} = (i_1, i_2, i_3) \in L_3^2(0;T)$.

Rozważmy odbiornik H, który posiada macierz admitancyjną dla każdej harmonicznej o elementach

$$Y_{\alpha\beta h} = G_{\alpha\beta h} + j\, B_{\alpha\beta h}, \qquad \alpha\beta \in \{1,2,3\}, \qquad h \in N \tag{2}$$

oraz, że napięcia fazowe u_α dane są w postaci szeregu Fouriera

$$u_\alpha = U_{\alpha o} + \sqrt{2}\ \mathrm{Re} \sum_{h=1}^{\infty} U_{\alpha h} \exp jh\omega t, \quad \alpha \in \{1,2,3\} \tag{3}$$

wówczas prąd w danej fazie możemy zapisać w postaci

$$i_\alpha = \sum_{\beta=1}^{3} G_{\alpha\beta o}\, U_{\alpha o} + \sqrt{2}\ \mathrm{Re} \sum_{h=1}^{\infty} \sum_{\beta=1}^{3} (G_{\alpha\beta h} + jB_{\alpha\beta h}) U_{\beta h} \exp jh\omega t. \tag{4}$$

W pracy [2] przedstawiono rozkład prądu odbiornika na trzy składniki oraz wykazano ich wzajemną ortogonalność w sensie iloczynu skalarnego w przestrzeni $L_3^2(0;T)$ zdefiniowanego następująco:

$$(f|g)_3 = \sum_{\alpha=1}^{3} \frac{1}{T} \int_0^T f_\alpha(t)\, g_\alpha(t)\, dt, \tag{5}$$

który indukuje normę

$$(f|f)_3 = \sqrt{\sum_{\alpha=1}^{3} \frac{1}{T} \int_0^T f_\alpha^2(t)\, dt} \tag{6}$$

przy czym $\mathbf{f}, \mathbf{g} \in L_3^2(0;T)$.

Ortogonalne składniki prądu odbiornika określone są wzorami:

- składowa czynna

$$a_\alpha^i = GU_{\alpha o} + \sqrt{2}\ \mathrm{Re} \sum_{h=1}^{\infty} GU_{\alpha h} \exp jh\omega t, \tag{7}$$

- składowa reaktancyjna

$$r_\alpha^i = \sqrt{2}\ \mathrm{Re} \sum_{h=1}^{\infty} \sum_{\beta=1}^{3} j\, B_{\alpha\beta h}\, U_{\beta h} \exp jh\omega t, \tag{8}$$

- składowa rozproszenia

$$s^{i}_{\alpha} = \sum_{\beta=1}^{3} (G_{\alpha\beta o} - G\delta_{\alpha\beta})\, U_{\beta o} + \sqrt{2}\ \mathrm{Re} \sum_{h=1}^{\infty} \sum_{\beta=1}^{3} (G_{\alpha\beta h} - G\delta_{\alpha\beta}) U_{\beta h} \exp jh\omega t \tag{9}$$

$$\alpha, \beta, \in \{1,2,3\} \qquad h \in N.$$

gdzie:

$$G = \frac{P}{\|u\|_3^2}, \tag{10}$$

P - całkowita moc czynna dostarczona do odbiornika.

Z przynależności $i \in L_3^2(0;T)$ wynika przynależność poszczególnych prądów ${}_a i$, ${}_r i$, ${}_s i \in L_3^2(0;T)$. Na podstawie wzoru (8) można przypuszczać, że kompensacja prądu ${}_r i$ jest możliwa za pomocą złożonego układu wielozaciskowego LC. Problem ten nie został do chwili obecnej rozwiązany w sposób ogólny.

3. Synteza układu kompensacji

Przedstawiając prąd (8) w postaci

$$ {}_r i^{\alpha} = \sqrt{2}\ \mathrm{Re} \sum_{h=1}^{\infty} \sum_{\beta=1}^{3} jB_{\alpha\beta h}\delta_{\alpha\beta} U_{\beta h} \exp jh\omega t +$$

$$+ \sqrt{2}\ \mathrm{Re} \sum_{h=1}^{\infty} \sum_{\beta=1}^{3} j(B_{\alpha\beta h} - B_{\alpha\beta h}\delta_{\alpha\beta}) U_{\beta h} \exp jh\omega t = {}_r i^{\alpha}_{(1)} + {}_r i^{\alpha}_{(2)}, \tag{11}$$

można zauważyć, że pierwszy składnik wzoru (11) odpowiada składowej reaktancyjnej prądu odbiornika trójfazowego, w którym nie występują sprzężenia magnetyczne. W pracy przeprowadzono syntezę układu kompensacji pierwszego składnika wzoru (11) (a więc niepełną kompensację), wykorzystując metodę omawianą w pracy [14].

Problem syntezy sprowadza się do syntezy trzech niezależnych dwójników LC. Syntezę każdego z tych dwójników można sformułować następująco:

Wyznaczyć funkcję reaktancyjną $B_r(\omega)$ określoną wzorem:

$$B_{r\alpha}(\omega) = \frac{A \prod_{i=1}^{n} (\omega^2 - \overset{*}{\omega}{}^2_{2i\pm1})}{\omega \prod_{i=1}^{n} (\omega^2 - \overset{*}{\omega}{}^2_{2i})}, \quad A \in R, \quad \alpha \in \{1,2,3\} \tag{12}$$

która dla zadanych częstotliwości ω_h przyjmuje wartości

$$B_{r\alpha}(\omega_h) = -B_{\alpha\alpha h}(\omega_h), \quad h \in N_S, \quad N_S \subset N \tag{13}$$

Wykorzystując do sformalizowanego problemu twierdzenie dotyczące syntezy dwójników LC [15] służących do kompensacji składowej reaktancyjnej prądu odbiornika jednofazowego, można zauważyć, że:

1. Jeżeli susceptancje $B_{\alpha\alpha}(\omega_h)$ spełniają warunki określone wzorami (20 - 28) z pracy [14], to możliwa jest zawsze synteza układu kompensacji za pomocą dwójnika LC należącego do jednej z klas D1 - D4. Klasy dwójników LC definiuje się na podstawie własności asymptotycznych przyporządkowanej im funkcji reaktancyjnej $B_r(\omega)$ przy $\omega \to 0$ i $\omega \to \infty$ tzn.

$$\text{D1} - \lim_{\omega \to 0^+} B_r(\omega) = -\infty; \qquad \lim_{\omega \to \infty} B_r(\omega) = \infty \tag{14}$$

$$\text{D2} - \lim_{\omega \to 0+} B_r(\omega) = -\infty; \qquad \lim_{\omega \to \infty} B_r(\omega) = 0 \tag{15}$$

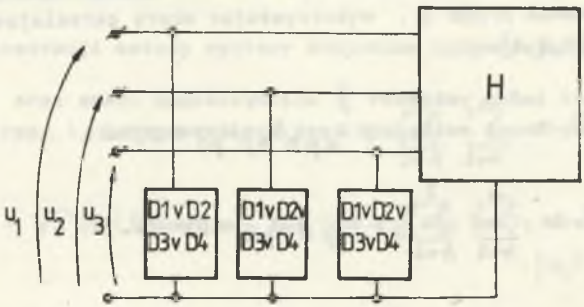
$$\text{D3} - \lim_{\omega \to 0^+} B_r(\omega) = 0; \qquad \lim_{\omega \to \infty} B_r(\omega) = \infty \tag{16}$$

$$\text{D4} - \lim_{\omega \to 0^+} B_r(\omega) = 0; \qquad \lim_{\omega \to \infty} B_r(\omega) = 0. \tag{17}$$

Rozwiązanie problemu syntezy sprowadza się wtedy do rozwiązania pewnego układu równań liniowych identycznych do występujących w pracy [14].

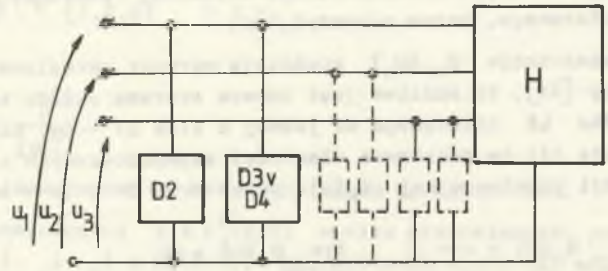
2. Jeżeli charakter jakościowy zmian susceptancji $B_{\alpha\alpha}(\omega_h)$ odbiornika w funkcji częstotliwości jest dowolny, to wówczas stosujemy tzw. rozkład delta [14] i układ kompensacji zawsze można przedstawić w postaci równoległego połączenia dwójników klasy D2 i D3 lub D2 i D4.

Z przedstawionych uwag wynikają następujące propozycje struktur układów kompensacji prądu $r_{(1)}i_\alpha$: rys. 2, gdy susceptancje $B_{\alpha\alpha}(\omega_h)$ spełniają warunki punktu 1; rys. 3, gdy susceptancje $B_{\alpha\alpha}(\omega_h)$ spełniają warunki punktu 2.



Rys. 2

W przypadku syntezy wg punktu 2 skończone bieguny funkcji reaktancyjnej należy dobrać tak, aby były jednakowe dla dwójników klasy D2 i D3 lub D2 i D4, wówczas proponowana struktura układu kompensacji, którą przedstawiono na rys. 3, ulegnie uproszczeniu do jednego dwójnika.



Rys. 3

4. Próba oceny stopnia skompensowania całkowitego prądu reaktancyjnego $_r i$

Zaproponowana w pracy kompensacja prądu $_{r(1)}i_\alpha$, $\alpha \in \{1,2,3\}$ zmniejsza straty mocy czynnej na doprowadzeniu do odbiornika. Maksymalne ograniczenie strat mocy czynnej na doprowadzeniu, wynikające z kompensacji za pomocą układów LC, wymagałoby kompensacji $(_{r(1)}i_\alpha + {}_{r(2)}i_\alpha)$, $\alpha \in \{1,2,3\}$.

Korzystne byłoby wprowadzenie oceny ilościowej związanej z niedokompensowaniem składowej reaktancyjnej prądu, które uzasadniałoby celowość niepełnej kompensacji prądu $_r i_\alpha$, $\alpha \in \{1,2,3\}$. Wskaźnik takiej oceny proponuje się wyrazić jako stosunek strat mocy czynnej na symetrycznych doprowadzeniach przy częściowej kompensacji (kompensacja prądu $_{r(1)}i_\alpha$) do strat mocy czynnej przy braku kompensacji (nieskompensowany prąd $_r i_\alpha$). Oznaczmy ten wskaźnik przez ξ, wykorzystując wzory określające prąd $_r i$ oraz $_{r(1)}i_\alpha$, $\alpha \in \{1,2,3\}$

$$_{r(1)}i_\alpha = \sqrt{2}\ \mathrm{Re} \sum_{h=1}^{\infty} \sum_{\beta=1}^{3} j\, B_{\alpha\beta h}\, \delta_{\alpha\beta}\, U_{\beta h} \exp jh\omega t \tag{18}$$

$$_r i_\alpha = \sqrt{2}\ \mathrm{Re} \sum_{h=1}^{\infty} \sum_{\beta=1}^{3} j\, B_{\alpha\beta h}\, U_{\beta h} \exp jh\omega t. \tag{19}$$

Na mocy wzoru Parsevala, wartości skuteczne $\|i\|_{L^2(0;T)}$ prądów $r^i_{(1)\alpha}$ oraz r^i_α można przedstawić w postaci wzorów

$$\|r^i_\alpha\|^2_{L^2(0;T)} = \|r^i_{(1)\alpha} + r^i_{(2)\alpha}\|^2 = \sum_{h=1}^{\infty} \left| \sum_{\beta=1}^{3} B_{\alpha\beta h}\, U_{\beta h} \right|^2 \tag{20}$$

$$\|r^i_{(1)\alpha}\|^2_{L^2(0;T)} = \sum_{h=1}^{\infty} \left| \sum_{\beta=1}^{3} B_{\alpha\beta h}\delta_{\alpha\beta}\, U_{\beta h} \right|^2 \tag{21}$$

Natomiast

$$\|r^i\|^2_{L^2_3(0;T)} \sum_{h=1}^{\infty} \sum_{\alpha=1}^{3} \left| \sum_{\beta=1}^{3} B_{\alpha\beta h}\, U_{\beta h} \right|^2 , \tag{22}$$

$$\|r^i_{(1)}\|^2_{L^2_3(0;T)} = \sum_{h=1}^{\infty} \sum_{\alpha=1}^{3} \left| \sum_{\beta=1}^{3} B_{\alpha\beta h}\delta_{\alpha\beta}\, U_{\beta h} \right|^2 , \tag{23}$$

skąd

$$\xi = \frac{\|r^i_{(1)}\|^2}{\|r^i\|^2} = \frac{\sum_{h=1}^{\infty} \sum_{\alpha=1}^{3} \left| \sum_{\beta=1}^{3} B_{\alpha\beta h}\delta_{\alpha\beta}\, U_{\beta h} \right|^2}{\sum_{h=1}^{\infty} \sum_{\alpha=1}^{3} \left| \sum_{\beta=1}^{3} B_{\alpha\beta h}\, U_{\beta h} \right|^2} , \quad \alpha,\beta \in \{1,2,3\} \quad h \in N. \tag{24}$$

Wskaźnik ξ określony wzorem (24) jest bardzo złożony, do jego oceny wymagana jest znajomość widma napięcia zasilającego i widma macierzy susceptancji odbiornika dla poszczególnych harmonicznych. Ocena stopnia kompensacji jest możliwa zatem dla konkretnych układów.

5. Przykład i wnioski

W celu ilustracji metody syntezy dwójników kompensujących prąd $r^i_{(1)\alpha}$ $\alpha \in \{1,2,3\}$ oraz oceny współczynnika ξ rozważmy układ trójfazowy przedstawiony na rys. 1, który zasilany jest napięciem symetrycznym odkształconym.

$$u_1(t) = \sqrt{2}\,|U_1|\,(\cos\omega t + \tfrac{1}{3}\cos 3\omega t + \tfrac{1}{5}\cos 5\omega t); \quad \omega = 1 \text{ rad/s}; \quad |U_1| = 100 \text{ V},$$

$$u_2(t) = u_1(t - T/3); \qquad u_3(t) = u_1(t + T/3).$$

Macierze susceptancji odbiornika dla poszczególnych harmonicznych mają postać:

$$B_1 = \begin{bmatrix} -1 & -0{,}33 & 0{,}33 \\ -0{,}33 & 0{,}77 & -0{,}1 \\ 0{,}33 & -0{,}1 & -0{,}55 \end{bmatrix} S; \quad B_3 = \begin{bmatrix} -0{,}32 & 0{,}08 & 0{,}06 \\ 0{,}08 & -0{,}18 & 0{,}026 \\ 0{,}06 & 0{,}026 & -0{,}15 \end{bmatrix} S;$$

$$B_5 = \begin{bmatrix} -0{,}1 & 0{,}02 & 0{,}015 \\ 0{,}02 & -0{,}015 & 0{,}01 \\ 0{,}015 & 0{,}01 & -0{,}03 \end{bmatrix} S.$$

Dla rozpatrywanego przykładu wskaźnik ξ określony wzorem (24) wynosi

$$\xi = \frac{\left\| {}_r\underset{(1)}{i} \right\|^2}{\left\| {}_r i \right\|^2} = 0{,}79$$

i wskazuje, że zmniejszenie strat mocy czynnej na doprowadzeniach wynikające z niepełnej kompensacji wynosi 79%, w stosunku do przypadku, gdyby został skompensowany cały prąd ${}_r i_\alpha$, $\alpha \in \{1,2,3\}$. Z tych też względów celowość pełnej kompensacji prądu ${}_r i_\alpha$ (za cenę bardzo złożonych układów LC) powinna być określona dla konkretnych przypadków względami ekonomicznymi w stosunku do niepełnej kompensacji.

Układ kompensacji dla poszczególnych faz powinien spełniać warunki:

1. Faza 1

$${}_1B_{r1} = 1\ S; \quad {}_1B_{r3} = 0{,}32\ S; \quad {}_1B_{r5} = 0{,}1\ S$$ - np. dwójnik klasy D4.

2. Faza 2

$${}_2B_{r1} = -0{,}77\ S; \quad {}_2B_{r3} = 0{,}18\ S; \quad {}_2B_{r5} = 0{,}045 S$$ -np. dwójnik klasy D2.

3. Faza 3

$${}_3B_{r1} = 0{,}55\ S; \quad {}_3B_{r3} = 0{,}15\ S; \quad {}_3B_{r5} = 0{,}03\ S$$ - np. dwójnik klasy D4.

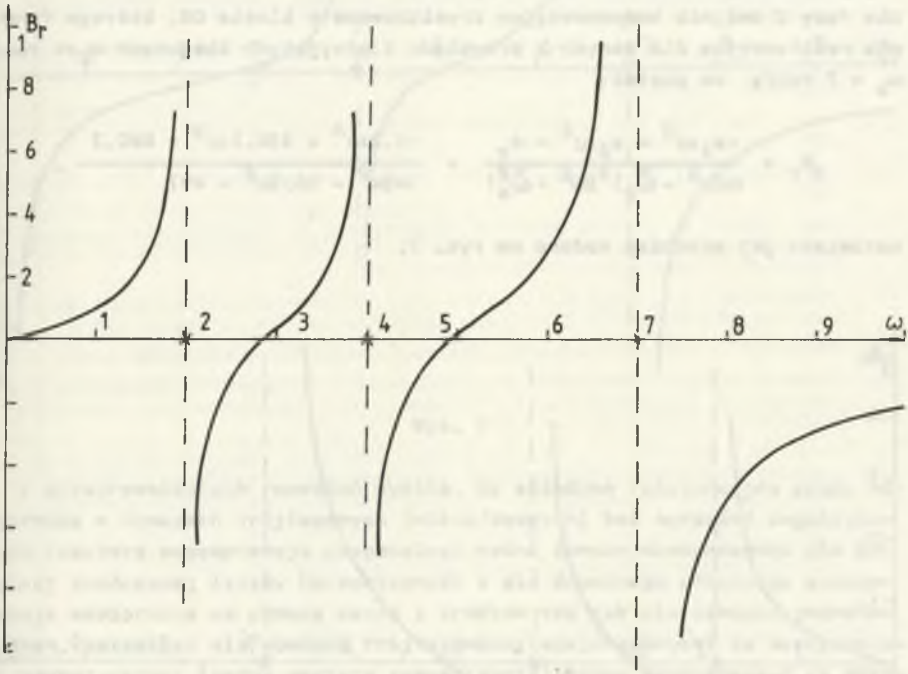
Dla fazy 1 i 3 funkcja reaktancyjna dwójnika $B_r(\omega)$ ma postać

$$B_r(\omega) = \frac{\omega(-a_4\omega^4 + a_2\omega^2 - a_0)}{(\omega^2 - \overset{*}{\omega}{}_2^2)(\omega^2 - \omega_4^2)(\omega^2 - \overset{*}{\omega}{}_6^2)}.$$

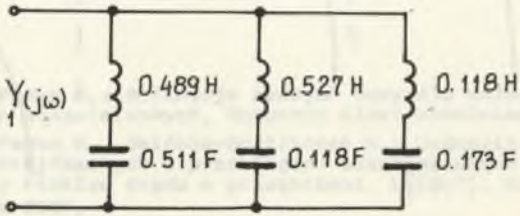
Przyjmując bieguny $\overset{*}{\omega}_2 = 2$ rad/s, $\overset{*}{\omega}_4$ rad/s, $\overset{*}{\omega}_6 = 7$ rad/s i stosując procedurę syntezy opisaną w pracy [14], otrzymujemy funkcję reaktancyjną dla fazy 1 w postaci

$$ {}_1B_r = \frac{\omega(-12{,}65\,\omega^4 + 415{,}18\,\omega^2 - 2562{,}5)}{(\omega^2 - 4)(\omega^2 - 16)(\omega^2 - 49)} , $$

której przebieg podany jest na rys. 4.



Rys. 4



Rys. 5

Postępując analogicznie do pracy [14], przeprowadzono syntezę dwójnika kompensującego wg II struktury Fostera. Strukturę i właściwości elementów dwójnika kompensującego przedstawiono na rys. 5

Dla fazy 3 funkcja reaktancyjna dwójnika przyjmuje postać:

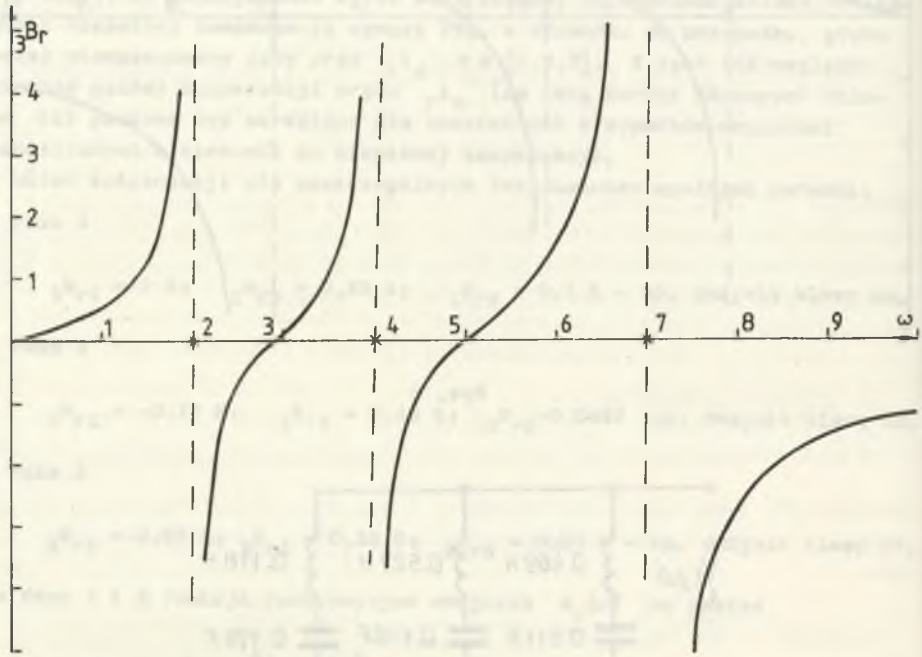
$$ {}_3B_r = \frac{\omega(-6{,}8\omega^4 + 225\omega^2 - 1406{,}5)}{(\omega^2 - 4)(\omega^2 - 16)(\omega^2 - 49)} , $$

a jej przebieg przedstawiono na rys. 6.

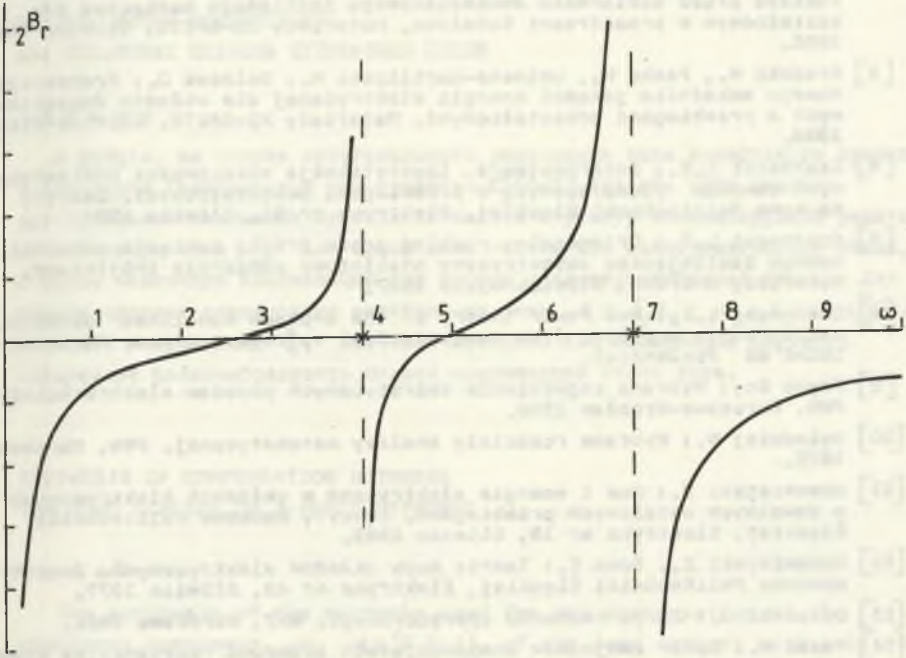
Dla fazy 2 dwójnik kompensacyjny zrealizowano w klasie D2, którego funkcja reaktancyjna dla danych z przykładu i przyjętych biegunach ω_2=4 rad/s, ω_4 = 7 rad/s ma postać:

$$ {}_2B_r = \frac{-a_4\omega^4 + a_2\omega^2 - a_0}{\omega(\omega^2 - \overset{*}{\omega}{}_2^2)(\omega^2 - \overset{*}{\omega}{}_4^2)} = \frac{-4{,}2\omega^4 + 130{,}1\omega^2 - 680{,}3}{\omega(\omega^2 - 16)(\omega^2 - 49)} , $$

natomiast jej przebieg podano na rys. 7.



Rys. 6



Rys. 7

Z przeprowadzonych rozważań wynika, że składową reaktancyjną prądu odbiornika w obwodach trójfazowych (wielofazowych) bez sprzężeń magnetycznych (macierz susceptancji diagonalna) można zawsze skompensować dla dowolnej skończonej liczby harmonicznych i dla dowolnego przebiegu susceptancji odbiornika za pomocą metod i środków tak jak dla obwodów jednofazowych. Natomiast dla obwodów trójfazowych (wielofazowych) ze sprzężeniami magnetycznymi (pełna macierz susceptancji) można skompensować za pomocą metod zaadoptowanych z obwodów jednofazowych tylko częściowo. Stopień skompensowania można ocenić za pomocą wprowadzonego współczynnika ξ.

LITERATURA

[1] Brodzki M., Pasko M.: Definicje pewnych mocy dla układów wielofazowych o przebiegach odkształconych. Rozprawy Elektrotechniczne z. 1, 1989

[2] Brodzki M., Pasko M., Umińska-Bortliczek M.: Jednolita teoria mocy dla obwodów trójfazowych o przebiegach odkształconych w oparciu o ortogonalny rozkład prądu w przestrzeni $L_3^2(0;T)$. Materiały X-SPETO, Gliwice-Wisła 1987.

[3] Brodzki M., Walczak J.: O pewnym sposobie oceny prądów odkształconych odbiorników wielozaciskowych wykorzystujących pojęcie przestrzeni Sobolewa. Materiały XI-SPETO, Gliwice-Wisła 1988.

[4] Brodzki M., Pasko M., Umińska-Bortliczek M., Walczak J.: Ortogonalny rozkład prądu odbiornika dwuzaciskowego zasilanego napięciem odkształconym w przestrzeni Sobolewa. Materiały XI-SPETO, Gliwice-Wisła 1988.

[5] Brodzki M., Pasko M., Umińska-Bortliczek M., Walczak J.: Propozycja nowego wskaźnika jakości energii elektrycznej dla układów dwuzaciskowych z przebiegami odkształconymi. Materiały XI-SPETO, Gliwice-Wisła 1988.

[6] Czarnecki L.S.: Interpretacja, identyfikacja właściwości energetycznych obwodów jednofazowych z przebiegami odkształconymi. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, Elektryka nr 91, Gliwice 1984.

[7] Czarnecki L.S.: Ortogonalny rozkład prądu źródła napięcia odkształconego zasilającego asymetryczny nieliniowy odbiornik trójfazowy. Materiały X-SPETO, Gliwice-Wisła 1987.

[8] Czarnecki L.S.: New Power theory of the 3-phase non-linear asymetrical circuits supplied from nonsinusoidal voltage sources. Materiały ISCAS'88 Finlandia).

[9] Fryze St.: Wybrane zagadnienia teoretycznych podstaw elektrotechniki, PWN, Warszawa-Wrocław 1966.

[10] Kołodziej W.: Wybrane rozdziały analizy matematycznej. PWN, Warszawa 1970.

[11] Nowomiejski Z.: Moc i energia elektryczna w układach elektrycznych o dowolnych ustalonych przebiegach. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, Elektryka nr 15, Gliwice 1963.

[12] Nowomiejski Z., Sowa E.: Teoria mocy układów elektrycznych. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, Elektryka nr 49, Gliwice 1977.

[13] Osiowski J.: Zarys rachunku operatorowego. WNT, Warszawa 1966.

[14] Pasko M.: Dobór dwójników kompensujących składowę reaktancyjną prądu odbiornika liniowego zasilanego napięciem odkształconym. Materiały XII-SPETO Gliwice-Wisła 1989.

[15] Pasko M., Walczak J.: Metoda syntezy układów kompensacji składowej reaktancyjnej prądu odbiornika dwuzaciskowego zasilanego napięciem odkształconym. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, Elektryka nr 113, 1990.

[16] Walczak J., Pasko M.: O pewnym sposobie syntezy dwójników pasywnych LC, Materiały XII-SPETO, Gliwice-Wisła 1989.

Praca wykonana w ramach RPBP 02.07.II.3.2.1/1988

Recenzent: Doc. dr hab. inż. Stanisław Osowski

Wpłynęło do Redakcji dnia 20 kwietnia 1989 r.

СИНТЕЗ СИСТЕМ КОМПЕНСАЦИИ
ДЛЯ НЕКОТОРЫХ КЛАССОВ ТРЁХФАЗНЫХ ЦЕПЕЙ

Р е з ю м е

В работе, на основе ортогонального разложения тока трёхфазного приёмника в некотором Гильбертовом пространстве $L_3^2(0;T)$ для его трёх взаимно ортогональных слагаемых проводится синтез структур компенсирующих реактивную составляющую тока ${}_r i_\alpha$ для трёхфазных систем без электромагнитной связи, а также частичную компенсацию для систем с электромагнитной связью. Для оценки степени компенсации реактивного тока ${}_r i = ({}_r i_1, {}_r i_2, {}_r i_3) \in L_3^2(0;T)$ вводится коэффициент ξ, значение которого для конкретных структур определяет целесообразность полной компенсации этого тока.

SYNTHESIS OF COMPENSATION NETWORKS
FOR SOME CLASSES OF 3-PHASE NETWORKS

S u m m a r y

The synthesis of the networks used for the compensation of the reactance component ${}_r i_\alpha$, $\alpha \in \{1,2,3\}$ of the load current with arbitrary number of harmonics has been carried out in the paper. The synthesis is based on the orthogonal decomposition of the current of 3-phase load in the choosen Hilbert space $L_3^2(0;T)$ into 3 orthogonal components. Complete compensation of the current ${}_r i_\alpha$ in 3-phase networks with no magnetic coupling and partial compensation of the reactance component of ${}_{r(1)}^{\ \ i}{}^{\alpha}$ in 3-phase networks with magnetic coupling has been done.
The coefficient ξ has been introduced as a measure of the degree of compensation of the reactance current ${}_r \mathbf{i} = ({}_r i_1, {}_r i_2, {}_r i_3) \in L_3^2(0;T)$ in the networks with magnetic coupling.
The coefficient ξ will be used for the estimation of the usefulness of complete compensation of this current.