ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1964

Seria: ELEKTRYKA z. 18 Nr kol. 119

ANTONI BOGUCKI
Katedra Sieci i Układów
Elektroenergetycznych

WPŁYW ZMIANY CZĘSTOTLIWOŚCI I NAPIĘCIA ZASILANIA NA ZMIANĘ WARTOŚCI WSPÓŁCZYNNIKÓW MOCY ZAKŁADÓW PRZEMYSŁOWYCH

Streszczenie: Wpływ zmiany częstotliwości na wartość współczynnika mocy jest podwójny; z jednej strony mamy bezpośredni wpływ częstotliwości, a z drugiej strony wpływ pośredni, wynikający ze zmiany napięcia zasilania pod wpływem zmiany częstotliwości. W artykule dla otrzymania pełnego obrazu wpływu zmiany częstotliwości na wartość współczynnika mocy przeanalizowano zarówno wpływ bezpośredni jak i pośredni. Analizę omawianego zagadnienia przeprowadzono w oparciu o wzory, podające funkcjonalne związki między współczynnikami względnego nachylenia zależności $\cos\varphi = F(f)$, $\cos\varphi = F(U)$ oraz $\cos\varphi = F(f,U)$ a współczynnikami względnego nachylenia częstotliwościowych lub odpowiednio napięciowych charakterystyk statycznych odbioru.

W S T Ę P

Zmiana częstotliwości w układzie energetycznym, wywołując zmianę pobieranej mocy czynnej i biernej według częstotliwościowych charakterystyk statycznych odbioru [L. 1. 2], wpływa tym samym na zmianę wartości współczynników mocy odbiorów energetycznych. Zmianie częstotliwości w układzie towarzyszy równocześnie zmiana napięcia zasilania. Ta ostatnia, wywołując zmianę pobieranej mocy czynnej i biernej zgodnie z napięciowymi charakterystykami statycznymi odbioru [L. 3. 4] powoduje również zmianę wartości współczynników mocy. Wpływ zmiany częstotliwości na wartość współczynnika mocy jest zatem podwójny ; z jednej strony mamy bezpośredni wpływ zmiany częstotliwości, a z drugiej strony wpływ pośredni, wynikający ze zmiany napięcia zasilania pod wpływem zmiany częstotliwości. Dla otrzymania pełnego obrazu wpływu zmiany częstotliwości na wartość współczynnika mocy należy zatem przy przeprowadzaniu analizy uwzględnić zarówno wpływ bezpośredni, jak i pośredni.

Analizę omawianego zagadnienia można przeprowadzić w dwojaki sposób, albo w oparciu o zależności $\cos\varphi = F(f)$ i $\cos\varphi = F(U)$ wyznaczone dla znanych charakterystyk statycznych odbioru lub w oparciu o tzw. współczynniki względnego nachylenia tych zależności. W przypadku pierwszym, zachodziłaby wtedy konieczność określania zależności $\cos\varphi = F(f)$, $\cos\varphi = F(U)$ oraz $\cos\varphi = F(f,U)$ dla różnych charakterystyk statycznych pobieranej mocy czynnej i biernej, przy różnych wartościach naturalnych współczynników mocy i stopniach kompensacji mocy biernej. Taki sposób przeprowadzenia analizy byłby żmudny i pracochłonny. Przyjęcie natomiast drugiego sposobu, daje możliwość przeprowadzenia analizy omawianego zagadnienia w sposób prosty i jasny. W tym celu zostały przez autora wyprowadzone odpowiednie wzory, podające funkcjonalny związek między współczynnikami względnego nachylenia zależności $\cos\varphi = F(f)$, $\cos\varphi = F(U)$ oraz $\cos\varphi = F(f,U)$, a współczynnikami względnego nachylenia częstotliwościowych lub odpowiednio napięciowych charakterystyk statycznych odbioru. Analizą tych ostatnich współczynników zajął się już autor w swych wcześniejszych publikacjach

[por. L. 1, 2, 3 i 4] i dlatego nie są one w niniejszym artykule szerzej omawiane. Podane w tych publikacjach wartości współczynników względnego nachylenia charakterystyk dla zakładów przemysłowych - wykorzystano dla analizy ilościowej omawianego obecnie problemu.

Należy podkreślić, że operowanie współczynnikami względnego nachylenia jest tylko wtedy możliwe, gdy w danym zakresie zmiany częstotliwości, czy napięcia możemy rzeczywiste przebiegi badanych zależności zastąpić liniami prostymi. W rzeczywistych warunkach pracy układu zmiana częstotliwości rzadko przekracza zakres 48-51 Hz, a zmiana napięcia zasilania mieści się zwykle w zakresie 0,9-1,05 U_{zn}. W podanych wyżej zakresach zmiany częstotliwości i napięcia, rzeczywiste zależności $\cos\varphi = F(f)$, $\cos\varphi = F(U)$ i $\cos\varphi = F(f,U)$ można aproksymować liniami prostymi. W rozważanych przypadkach zastosowano aproksymację liniową, polegającą na zastąpieniu łuku paraboli drugiego stopnia przez styczną wykreśloną w punkcie odpowiadającym częstotliwości znamionowej, względnie napięciu znamionowemu. Stwierdzono też, że błędy wynikające z zastosowania takiej aproksymacji liniowej mieszczą się w granicach zakresu błędu pomiarowego.

WSPÓŁCZYNNIK WZGLĘDNEGO NACHYLENIA ZALEŻNOŚCI $\cos\varphi = F(f)$

Współczynnik względnego nachylenia zależności $\cos\varphi = F(f)$ określony jest następującym wzorem ogólnym

$$\alpha_f = \frac{d\cos\varphi}{df} \cdot \frac{f_{zn}}{\cos\varphi_{zn}} \qquad (1)$$

W celu znalezienia związku jaki zachodzi między współczynnikiem α_f, a współczynnikiem względnego nachylenia częstotliwościowej charakterystyki pobieranej mocy czynnej (K_f) i biernej

(L_f), znajdujemy pochodną z wyrażenia $\cos\varphi = P/S$ względem częstotliwości przy założeniu, że $dU/df = 0$. Możemy zatem napisać, że

$$\frac{d\cos\varphi}{df} = \frac{\partial\cos\varphi}{\partial P} \cdot \frac{dP}{df} + \frac{\partial\cos\varphi}{\partial S} \cdot \frac{dS}{df}$$

lub

$$\frac{d\cos\varphi}{df} = \frac{1}{S} \cdot \frac{dP}{df} - \frac{P}{S^2} \cdot \frac{dS}{df}$$

przyjmując, że

$$\frac{dP}{df} = K_f \cdot \frac{P}{f}, \quad \frac{dS}{df} = \gamma_f \cdot \frac{S}{f}$$

otrzymujemy

$$\frac{d\cos\varphi}{df} = (K_f - \gamma_f)\,\frac{\cos\varphi}{f}$$

względnie

$$K_f - \gamma_f = \frac{d\cos\varphi}{df} \cdot \frac{f}{\cos\varphi}$$

i ostatecznie

$$\alpha_f = K_f - \gamma_f = \frac{d\cos\varphi}{df}\,\frac{f_{zn}}{\cos\varphi_{zn}} \qquad (2)$$

gdzie

K_f – współczynnik względnego nachylenia częstotliwościowej charakterystyki $\underline{P} = F(f)$,

γ_f – współczynnik względnego nachylenia częstotliwościowej charakterystyki pobieranej mocy pozornej – $S = F(f)$.

Współczynnik względnego nachylenia częstotliwościowej charakterystyki pobieranej mocy pozornej możemy określić wzorem

$$\gamma_f = \frac{K_f + L_f tg^2\varphi}{1 + tg^2\varphi} = \frac{dS}{df} \cdot \frac{f_{zn}}{S_{zn}} \qquad (3)$$

Wzór (3) znajdujemy przez zróżniczkowanie względem częstotliwości wyrażenia

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

oraz po podstawieniu do otrzymanej pochodnej następujących wyrażeń

$$\frac{dP}{df} = K_f \cdot \frac{P}{f}; \quad \frac{dQ}{df} = L_f \frac{Q}{f}; \quad Q = Ptg\varphi; \quad \frac{dU}{df} = 0$$

Po wprowadzeniu do równania (2) zależności (3) otrzymujemy

$$\alpha_f = K_f - \frac{K_f + L_f tg^2\varphi}{1 + tg^2\varphi} = \frac{d\cos\varphi}{df} \cdot \frac{f_{zn}}{\cos\varphi_{zn}} \qquad (4)$$

W ostatecznym wyniku otrzymaliśmy więc równanie, które określa nam funkcjonalny związek między współczynnikiem α_f, a współczynnikiem względnego nachylenia charakterystyki pobieranej mocy czynnej (K_f) i biernej (L_f) oraz tangensem kąta przesunięcia fazowego,

Po zastosowaniu u odbiorcy kompensacji mocy biernej w celu poprawy naturalnego współczynnika mocy, otrzymamy nową zależność pobieranej mocy biernej od częstotliwości - $Q' = F(f)$. Współczynnik względnego nachylenia tej zależności określamy według wzoru

$$L'_f = \frac{L_f tg\varphi - L_{f.K}(tg\varphi - tg\varphi')}{tg\varphi'} = \frac{dQ'}{df} \cdot \frac{f_{zn}}{Q'_{zn}} \qquad (5)$$

gdzie

L_f - współczynnik względnego nachylenia charakterystyki $Q = F(f)$ - przed zastosowaniem kompensacji mocy biernej,

$tg\varphi$ - tangens kąta przesunięcia fazowego przed kompensacją,

$tg\varphi'$ - tangens kąta przesunięcia fazowego po kompensacji,

$L_{f,K}$ - współczynnik względnego nachylenia zależności mocy biernej wytwarzanej przez urządzenia kompensujące od częstotliwości. W przypadku zastosowania baterii kondensatorów statycznych - $L_{f,K} = 1$.

Po poprawie naturalnego współczynnika mocy do wartości $\cos\varphi'$ wartość współczynnika α_f ulegnie zatem zmianie. Wartość współczynnika α'_f, określającego stromość nachylenia zależności $\cos\varphi' = F(f)$ - wyznaczamy z wzoru

$$\alpha'_f = K_f - \frac{K_f + L'_f tg^2\varphi}{1 + tg^2\varphi'} = \frac{d\cos\varphi'}{df} \cdot \frac{f_{zn}}{\cos\varphi'_{zn}} \qquad (6)$$

Posługując się wzorem (6) możemy określić wartość współczynnika względnego nachylenia zależności $\cos\varphi' = F(f)$ przy dowolnym stopniu kompensacji mocy biernej.

Współczynnik względnego nachylenia zależności $\cos\varphi = F(U)$

Współczynnik względnego nachylenia zależności $\cos\varphi = F(U)$ określamy wzorem

$$\alpha_u = \frac{d\cos\varphi}{dU} \cdot \frac{U_{zn}}{\cos\varphi_{zn}} \qquad (7)$$

W celu znalezienia funkcjonalnego związku między współczynnikiem α_u, a współczynnikiem względnego nachylenia napięciowej charakterystyki pobieranej mocy czynnej (K_u) i biernej (L_u) różniczkujemy względem napięcia wyrażenie

$$\cos\varphi = \frac{P}{S} \quad \text{względnie} \quad \cos\varphi = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}}$$

Po wprowadzeniu do otrzymanych wyrażeń następujących zależności

$$\frac{dP}{dU} = K_u \cdot \frac{P}{U}; \quad \frac{dQ}{dU} = L_u \frac{Q}{U}; \quad \frac{dS}{dU} = \gamma_u \frac{S}{U};$$

- i po dokonaniu prostych przekształceń ostatecznie otrzymujemy, że

$$\alpha_u = K_u - \frac{K_u + L_u tg^2\varphi}{1 + tg^2\varphi} = \frac{d\cos\varphi}{dU} \cdot \frac{U_{zn}}{\cos\varphi_{zn}} \tag{8}$$

Po poprawie naturalnego współczynnika mocy do wartości $\cos\varphi'$ otrzymujemy nową zależność $\cos\varphi' = F(U)$. Współczynnik względnego nachylenia tej zależności określamy wzorem

$$\alpha'_u = K_u - \frac{K_u + L'_u tg^2\varphi'}{1 + tg^2\varphi'} = \frac{d\cos\varphi'}{dU} \cdot \frac{U_{zn}}{\cos\varphi'_{zn}} \tag{9}$$

gdzie

$$L'_u = \frac{L_u tg\varphi - L_{U,K}(tg\varphi - tg\varphi')}{tg\varphi'} = \frac{dQ'}{dU} \cdot \frac{U_{zn}}{Q'_{zn}} \tag{10}$$

$L_{U,K}$ - współczynnik względnego nachylenia zależności mocy biernej wytwarzanej przez urządzenia kompensujące od napięcia. Przy użyciu do kompensacji mocy biernej baterii kondensatorów statycznych - współczynnik $L_{U,K} = 2$.

Współczynnik względnego nachylenia zależności $\cos\varphi = F(f,U)$

Jak już powiedziano na wstępie, zmianie częstotliwości w układzie energetycznym towarzyszy zmiana poziomów napięć w węzłach sieciowych, a zatem i zmiana napięć zasilania odbiorów energetycznych. Ogólnie mamy więc zależności $\cos\varphi = F(f,U)$, a zatem

$$\frac{d\cos\varphi}{df} = \frac{\partial\cos\varphi}{\partial f} + \frac{\partial\cos\varphi}{\partial U} \cdot \frac{dU}{df} \tag{11}$$

stąd

$$\alpha_{f,U} = \alpha_f + \alpha_u \cdot K_r$$

gdzie

$K_r = \frac{dU}{df} \cdot \frac{f_{zn}}{U_{zn}}$ – współczynnik względnego nachylenia zależności $U = F(f)$. Wartości tego współczynnika mieszczą się w zakresie (0,65-1,10),

α_f – współczynnik względnego nachylenia zależności $\cos\varphi = F(f)$ wzór (4),

α_u – współczynnik względnego nachylenia zależności $\cos\varphi = F(U)$ wzór (8).

Po zastosowaniu kompensacji mocy biernej u odbiorcy, w celu poprawy naturalnego współczynnika mocy, otrzymamy nową zależność $\cos\varphi' = F(f,U)$. Współczynnik względnego nachylenia tej zależności może być określony wzorem

$$\alpha'_{f,U} = \alpha'_f + \alpha'_U \cdot K_r \tag{12}$$

gdzie

α'_f – współczynnik względnego nachylenia zależności $\cos\varphi' = F(f)$ wzór (6),

α'_u – współczynnik względnego nachylenia zależności $\cos\varphi' = F(U)$ wzór (9).

Analiza bezpośredniego wpływu zmiany częstotliwości na zmianę wartości współczynników mocy zakładów przemysłowych

W tablicy 1 zestawiono wartości współczynników α_f i α'_f obliczone w oparciu o wyprowadzone uprzednio wzory oraz o częstotliwościowe charakterystyki statyczne odbioru, wyznaczone dla zakładów przemysłowych [L. 1, 2]. W kolumnie pierwszej podano wartości współczynników K_f oraz wartości naturalnych współczynników mocy i odpowiadające im wartości współczynników γ_f. W pozostałych kolumnach zestawiono wartości współczynników α'_f obliczone dla 3 stopni kompensacji mocy biernej a mianowicie: po poprawie naturalnego współczynnika mocy do $\cos\varphi'_{zn} = 0,85$ do $\cos\varphi'_{zn} = 0,90$ i $\cos\varphi'_{zn} = 0,95$. Wobec zależności współczynników mocy od napięcia przyjęto, że wszystkie podane wyżej wartości współczynników mocy odnoszą się do napięcia znamionowego.

Z porównania wartości współczynników α_f zestawionych w kolumnie pierwszej widać, że z wzrostem wartości naturalnych współczynników mocy maleje wyraźnie względna stromość przebiegów zależności $\cos\varphi = F(f)$. Wszystkie wartości współczynników α_f i α'_f zestawione w omawianej tablicy są dodatnie, co oznacza, że obniżenie częstotliwości poniżej poziomu znamionowego wywołuje obniżenie wartości współczynników mocy i na odwrót, wzrost częstotliwości powoduje wzrost wartości współczynników mocy. Należy również podkreślić, że w miarę wzrostu stopnia kompensacji mocy biernej wartości współczynników α'_f - odpowiadające określonej wartości naturalnego współczynnika mocy - maleją. Wnioskujemy stąd, że z wzrostem stopnia kompensacji maleje względna stromość przebiegów zależności $\cos\varphi' = F(f)$.

Tablica 1

Zestawienie wartości współczynników α_f i α'_f dla zakładów przemysłowych

Przed kompensacją				Po kompensacji do $\cos\varphi'_{zn} = 0,85$		Po kompensacji do $\cos\varphi'_{zn} = 0,90$		Po kompensacji do $\cos\varphi'_{zn} = 0,95$	
K_f	$\cos\varphi_{zn}$	γ_f	α_f	γ'_f	α'_f	γ'_f	α'_f	γ'_f	α'_f
1,1	0,85	0,16	0,94	-	-	0,28	0,82	0,48	0,62
1,1	0,80	-0,19	1,29	-0,10	1,20	0,05	1,05	0,31	0,79
1,1	0,75	-0,62	1,72	-0,51	1,61	-0,24	1,34	0,08	1,02
1,1	0,70	-0,91	2,01	-0,68	1,78	-0,45	1,55	-0,07	1,17
1,1	0,65	-1,32	2,42	-1,07	2,17	-0,79	1,89	-0,33	1,43
1,1	0,60	-1,59	2,69	-1,37	2,47	-1,06	2,16	-0,54	1,64

Analiza wpływu zmiany napięcia zasilania na zmianę wartości współczynników mocy zakładów przemysłowych

W tablicy 2 podano wartości współczynników α_u i α'_u obliczone według wzorów (8) i (9) oraz w oparciu o napięciowe charakterystyki statyczne P = F(U) i Q = F(U) dla zakładów przemysłowych [L. 3, 4]. Podobnie jak w poprzednim przypadku, wartości współczynników α'_u wyznaczono dla trzech stopni kompensacji mocy biernej, zastosowanej w celu poprawy wartości naturalnego współczynnika mocy.

Z porównania wartości współczynników α_u i α'_u zestawionych w omawianej tablicy wynika, że w miarę wzrostu stopnia kompensacji mocy biernej maleją bezwzględne wartości współczynników α'_u. W miarę więc wzrostu stopnia kompensacji maleje względna stromość zależności $\cos\varphi' = F(U)$. Przy tym samym stopniu kompensacji, niższym wartościom naturalnych współczynników mocy odpowiadają większe bezwzględne wartości współczynników α'_u. Wynika stąd wniosek, że im są niższe wartości naturalnych współczynników mocy tym odpowiadające im zależności $\cos\varphi' = F(U)$ mają przebiegi bardziej strome. Warto podkreślić, że wszystkie wartości współczynników α_u i α'_u są ujemne, co oznacza, że wzrost napięcia zasilania powyżej poziomu znamionowego powoduje obniżenie wartości współczynników mocy i odwrotnie, obniżenie napięcia zasilania powoduje wzrost ich wartości. Podane w tablicy 2 wartości współczynników α_u i α'_u określają procentową wielkość zmian współczynników mocy przy zmianie napięcia zasilania o 1%. Jeśli np. współczynnik $\alpha_u = -1,44$, to oznacza, że wzrost napięcia zasilania o 1% powyżej poziomu znamionowego, powoduje obniżenie wartości współczynnika mocy o 1,44%.

Rzeczywisty przebieg charakterystyki $\cos\varphi' = F(U)$ można w zakresie (0,90-1,1) U_{zn} zastąpić linią prostą i wówczas równanie określające przebieg tej charakterystyki ma postać

$$\cos\varphi' = \cos\varphi'_{zn}(1 - \alpha_u \cdot \delta U^*) \qquad (13)$$

Tablica 2

Zestawienie wartości współczynników α_u i α'_u dla zakładów przemysłowych

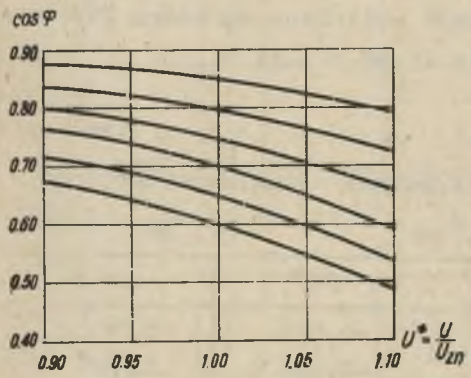
Przed kompensacją				Po kompensacji do $\cos\varphi'_{zn}=0,85$		Po kompensacji do $\cos\varphi'_{zn}=0,90$		Po kompensacji do $\cos\varphi'_{zn}=0,95$	
K_u	$\cos\varphi_{zn}$	γ_u	α_u	γ'_u	α'_u	γ'_u	α'_u	γ'_u	α'_u
0,60	0,85	1,07	-0,47	-	-	0,94	-0,34	0,79	-0,19
0,60	0,80	1,28	-0,68	1,15	-0,55	1,01	-0,41	0,84	-0,24
0,60	0,75	1,58	-0,98	1,32	-0,72	1,15	-0,55	0,95	-0,35
0,60	0,70	1,74	-1,14	1,37	-0,77	1,20	-0,60	0,98	-0,38
0,60	0,65	2,04	-1,44	1,56	-0,96	1,37	-0,77	1,11	-0,51
0,60	0,60	2,20	-1,60	1,64	-1,04	1,44	-0,84	1,16	-0,56

gdzie

δU^* - względna wartość odchylenia napięcia $\delta U^* = \delta U/U_{zn}$,

$\cos\varphi'_{zn}$ - wartość współczynnika mocy przy napięciu znamionowym.

Z uprzednio już wyprowadzonych wzorów wynika, że dla wyznaczenia wartości współczynnika α'_u konieczna jest znajomość wartości naturalnego współczynnika mocy przy napięciu znamionowym. Jeśli znamy wartość naturalnego współczynnika mocy przy dowolnej wartości napięcia zasilania, to jego wartość przy napięciu znamionowym możemy określić, wykorzystując do tego celu wykresy przedstawione na rys. 1. Wykresy te podają zależność naturalnych współczynników mocy od napięcia.



Rys. 1. Zależność naturalnych współczynników mocy od napięcia zasilania dla odbiorów przemysłowych

Załóżmy dla przykładu, że wartość naturalnego współczynnika mocy wynosi 0,70 przy napięciu 0,94 U_{zn}. Z wykresów podanych na rys. 1 wynika, że punkt o współrzędnych (0,94 U_{zn},0,70) znajduje się na drugiej krzywej licząc od dołu. Z przebiegu tej krzywej wnioskujemy, że przy napięciu znamionowym wartość naturalnego współczynnika mocy wynosi 0,65. Jeśli punkt o współrzędnych (U, $\cos\varphi$) nie leży na żadnej z podanych na rys.1 krzywych, to należy wówczas zastosować odpowiednią interpolację. Warto podkreślić, że właśnie w ten sposób wyznaczona wartość naturalnego współczynnika mocy ($\cos\varphi_{zn}$ = 0,65 a nie $\cos\varphi$ = 0,70) jest miarodajna dla prawidłowego określenia mocy baterii kondensatorów statycznych, jaką należy zainstalować w danym zakładzie w celu poprawy naturalnego współczynnika mocy do wartości wymaganej ($\cos\varphi_{zn}$ = 0,9) przy napięciu znamionowym.

Załóżmy dalej, że w wyniku zastosowania baterii kondensatorów statycznych poprawiono wartość $\cos\varphi_{zn} = 0,65$ do 0,90.

Dla tych warunków wyznaczamy wartość współczynnika α'_u posługując się wzorami (10) i (9), a w naszym konkretnym przypadku odczytujemy ją po prostu z tablicy 2 (kolumna 8, wiersz 2 od dołu) - $\alpha'_u = -0,77$. Uzyskane dotąd wartości pozwalają na analityczne określenie zależności $\cos\varphi' = F(U)$ według wzoru (13);

$$\cos\varphi' = 0,90\ (1 - 0,77\ .\ \delta U^*)$$

lub

$$\cos\varphi' = 0,90 - 0,693\ \delta U^* \qquad (14)$$

W tablicy 3 podano wartości $\cos\varphi'$ obliczone wg wzoru (14) dla różnych wartości δU^* w zakresie $(0,90 - 1,1)\ U_{zn}$.

Tablica 3

Wartości $\cos\varphi'$ przy różnych wartościach odchylenia napięcia - po poprawie naturalnego $\cos\varphi_{zn} = 0,65$ do $\cos\varphi'_{zn} = 0,90$

δU^*	$\cos\varphi'$	δU^*	$\cos\varphi'$
+0,025	0,883	-0,025	0,917
+0,050	0,865	-0,050	0,935
+0,075	0,848	-0,075	0,952
+0,100	0,831	-0,100	0,969

Analiza wpływu zmiany częstotliwości i napięcia na zmianę wartości współczynników mocy zakładów przemysłowych

W tablicy 4 zestawiono wartości współczynników $\alpha_{f,u}$ i $\alpha'_{f,u}$ obliczone według wzorów (11) i (12) oraz o podane w tablicach 1 i 2 wartości współczynników względnego nachylenia zależności $\cos\varphi = F(f)$ i $\cos\varphi = F(U)$. Wartości współczynników $\alpha_{f,u}$ i $\alpha'_{f,u}$ określają procentową wielkość zmian współczynników mocy

Tablica 4

Zestawienie wartości współczynników $\alpha_{f,u}$ i $\alpha'_{f,u}$ dla zakładów przemysłowych

Przed kompensacją					Po kompensacji do $\cos\varphi'_{zn}=0,85$			Po kompensacji do $\cos\varphi'_{zn}=0,90$			Po kompensacji do $\cos\varphi'_{zn}=0,95$		
K_r	$\cos\varphi_{zn}$	α_f	α_u	$\alpha_{f,u}$	α'_f	α'_u	$\alpha'_{f,u}$	α'_f	α'_u	$\alpha'_{f,u}$	α'_f	α'_u	$\alpha'_{f,u}$
1,10				0,423						0,446			0,411
	0,85	0,94	-0,47		-	-	-	0,83	-0,34		0,62	-0,19	
0,65				0,634						0,559			0,497
1,10				0,542			0,595			0,599			0,526
	0,80	1,29	-0,68		1,20	-0,55		1,05	-0,41		0,79	-0,24	
0,65				0,848			0,842			0,784			0,634
1,10				0,642			0,818			0,735			0,635
	0,75	1,72	-0,98		1,61	-0,72		1,34	-0,55		1,02	-0,35	
0,65				1,083			1,142			0,983			0,793
1,10				0,756			0,933			0,890			0,752
	0,70	2,01	-1,14		1,78	-0,77		1,55	-0,60		1,17	-0,38	
0,65				1,269			1,279			1,160			0,923
1,10				0,836			1,114			1,043			0,869
	0,65	2,42	-1,44		2,17	-0,96		1,89	-0,77		1,43	-0,51	
0,65				1,484			1,546			1,390			1,099
1,10				0,930			1,326			1,236			1,024
	0,60	2,69	-1,60		2,47	-1,04		2,16	-0,84		1,64	-0,56	
0,65				1,650			1,794			1,614			1,276

przy zmianie częstotliwości o 1% (0,5 Hz) oraz jednocześnie występującej zmianie napięcia zasilania o 1,1% - gdy $K_r = 1,1$, lub o 0,65% - jeśli $K_r = 0,65$.

Z poprzednio przytoczonych rozważań wiemy, że współczynniki α_u i α'_u mają zawsze wartości ujemne. Wynika stąd, że iloczyny $\alpha_u \cdot K_r$ i $\alpha'_u \cdot K_r$ są również ujemne, bo współczynniki $K_r > 0$. Ponieważ wartości współczynników α_f i α'_f są dodatnie, zatem dla wszystkich rozpatrywanych przypadków spełniona będzie nierówność

$$\alpha_{f,u} < \alpha_f$$

i (15)

$$\alpha'_{f,u} < \alpha'_f$$

Wnioskujemy stąd, że występująca jednocześnie ze zmianą częstotliwości zmiana napięcia wpływa na złagodzenie przebiegów zależności $\cos\varphi = F(f,U)$ i $\cos\varphi' = F(f,U)$. Warto podkreślić, że wszystkie współczynniki $\alpha_{f,u}$ i $\alpha'_{f,u}$ - zestawione w omawianej tablicy - mają wartości dodatnie, a zatem obniżenie częstotliwości poniżej wartości znamionowej powoduje obniżenie wartości współczynników mocy.

Rękopis złożono w redakcji w grudniu 1963 r.

LITERATURA

[1] Bogucki A., Wójcik M.: Równania częstotliwościowych charakterystyk statycznych pobieranej mocy czynnej dla typowych grup odbiorów. Energetyka Nr 8. 1962.

[2] Bogucki A., Wójcik M.: Równania częstotliwościowych charakterystyk statycznych pobieranej mocy biernej dla typowych grup odbiorców. Energetyka Nr 5. 1963.

[3] Bogucki A., Wójcik M.: Napięciowe charakterystyki statyczne pobieranej mocy czynnej dla typowych grup odbiorów energetycznych. Energetyka Nr 7. 1962.

[4] Bogucki A., Wójcik M.: Równania naturalnych statycznych charakterystyk napięciowych mocy biernej pobieranej przez typowe grupy odbiorców. Energetyka Nr 2. 1962.

ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ЧАСТОТЫ И НАПРЯЖЕНИЯ ПИТАНИЯ НА ИЗМЕНЕНИЕ ЗНАЧЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТОВ МОЩНОСТИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Р е з ю м е

Влияние изменения частоты на значение коэффициента мощности двоякого рода: с одной стороны имеем прямое влияние частоты, а с другой стороны посредственное влияние - следующее с изменения напряжения питания под влиянием изменения частоты.
В статье, чтобы получить полное представление влияния изменения частоты на значение коэффициента мощности, приведен анализ так прямого как и посредственного влияний. Анализ рассматриваемого вопроса проведен на основании формул, указывающих на функциональные связи между коэффицентами относительного наклона зависимости $\cos\varphi = F(f)$, $\cos\varphi = F(U)$, а также $\cos\varphi = F(f,U)$ а коэффициентами относительного наклона по частоте или соответственно по напряжению статических характеристик потребления.

EFFECT OF FREQUENCY CHANGE AND SUPPLY VOLTAGE ON THE POWER FACTOR CHANGE OF THE INDUSTRIAL PLANTS

S u m m a r y

The effect of the frequency cnange on the powef factor value is double. From the one side we have the direct frequency effect and from the other side the intermediate effect, resulting from the supply voltage change caused by the frequency change. To gain the full orientation about the effect of the frequency change on the power factor value in this work, there was analysed the direct and the intermediate effect. The analysis of the discussed problem was obtained on the base of the formulas indicating the functional relations between the relative inclination factors of the relation $\cos\varphi = F(f)$, $\cos\varphi = F(U)$ and $\cos\varphi = F(f,U)$ and the relative inclination factors of the frequency characteristic or adequately statical voltage characteristics of the reception.