

Poprawa współczynnika mocy

1. Znaczenie współczynnika mocy

O przemianie energii elektrycznej w inny rodzaj energii, np. w ciepło, w pracę mechaniczną decyduje moc czynna. Liczniki energii elektrycznej zainstalowane u odbiorców (rys. 2.) rejestrują iloczyn mocy czynnej i czasu jej poboru, bez względu na to przy jakiej wartości współczynnika mocy była ona pobierana.

Jeżeli np. jeden odbiorca pobiera z sieci o napięciu 230 V

moc $P = 2300$ W przy $\cos\varphi = 1$, a drugi – przy $\cos\varphi = 0,5$ to pierwszy z nich pobiera prąd:

$$I_1 = \frac{P}{U \cdot \cos\varphi} = \frac{2300}{230 \cdot 1} = 10A$$

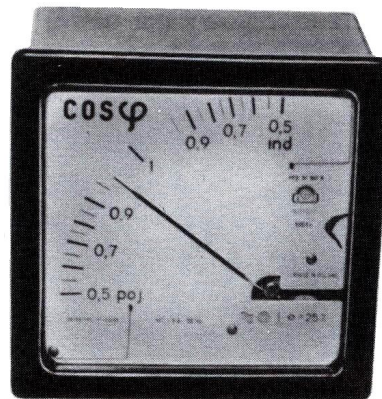
a drugi:

$$I_2 = \frac{P}{U \cdot \cos\varphi} = \frac{2300}{230 \cdot 0,5} = 20A$$

↑ !



Rys. 2. Licznik energii elektrycznej



Rys. 1. Miernik współczynnika mocy (fazomierz)

Fazomierz jest przeznaczony do pomiarów wartości $\cos\varphi$ w obwodach prądu przemiennego. Jest to przyrząd z podziałką opisaną w wartościach funkcji kosinusa kąta przesunięcia fazowego między prądem i napięciem.

Fazomierze buduje się na różne zakresy prądowe i napięciowe. Włącza się je do obwodu tak jak watomierze.

Obydwaj zużyją w tym samym czasie jednakowe ilości energii, za którą płacą, ale drugi typ odbiorców jest dla zakładu energetycznego niekorzystny z następujących powodów:

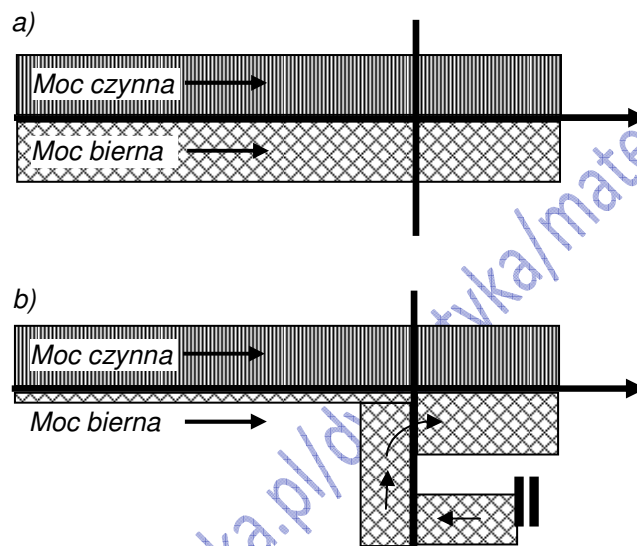
- ◆ zwiększona wartość natężenia prądu ponad wartość niezbędną do uzyskania danej mocy (przy $\cos\varphi = 1$) wymaga stosowania przez zakład energetyczny przewodów zasilających, linii i kabli przesyłowych o większych przekrojach;
- ◆ większa wartość prądu powoduje większe straty mocy w liniach zasilających, za które odbiorca nie płaci (*straty mocy czynnej w linii: $\Delta P = R_l I^2$*);
- ◆ zwiększenie poboru prądu wymaga zastosowania większych prądnic i transformatorów.

Z przytoczonych względów należy utrzymać współczynnik mocy możliwie bliski jedności. Taryfa opłat za energię elektryczną przewiduje zresztą wysokie dopłaty w razie pobierania energii z sieci zewnętrznej przy współczynniku mocy niższym od ustalonej wartości.

Poprawa współczynnika mocy

2. Poprawa współczynnika mocy (kompensacja mocy biernej)

Poprawę współczynnika mocy można uzyskać ograniczając pobór mocy biernej. Najprostszym sposobem poprawy współczynnika mocy jest włączenie równoległe do odbiornika elementu pobierającego tylko moc bierną przeciwnego znaku niż moc bierna odbiornika. Inaczej mówiąc, zamiast pobierać moc bierną ze źródła energii, np. odległych elektrowni, pobiera się ją np. z baterii kondensatorów zainstalowanej w pobliżu punktów odbioru energii. Sieć zasilająca zostaje więc odciążona od przesyłu mocy biernej.



Rys. 3. Efekt kompensacji poboru mocy biernej przez instalowanie baterii kondensatorów: a) linia przed kompensacją, b) linia po kompensacji

Zasadę kompensacji mocy biernej można wyjaśnić na prostym przykładzie. Załóżmy, że silnik elektryczny o mocy P i $\cos\varphi$ zasilany jest ze źródła o napięciu U . Silnik jest urządzeniem, którego schemat zastępczy można w uproszczeniu przedstawić za pomocą dwójnika równoległego R, L (rys. 4a.). Wobec tego prąd pobierany przez silnik I_s jest opóźniony względem napięcia na jego zaciskach o kąt fazowy φ wynikający z $\cos\varphi$.

Poprawa współczynnika mocy

Składową prądu I_S będącego w fazie z napięciem oznaczymy I_R' a składową bierną (prostopadłą do napięcia) oznaczymy I_L . Jak wynika z wykresu wskazowego (rys. 4b.)

$$I_R = I_S \cos \varphi$$

Jeżeli teraz równolegle włączymy (przez zamknięcie wyłącznika W na rys. 4a.) baterię kondensatorów o pojemności C , to prąd pobierany przez baterię wynosi I_C . Prąd I_C wyprzedza napięcie U o kat fazowy 90° , a zatem prąd ten ma zwrot przeciwny do zwrotu prądu I_L , który opóźnia się względem napięcia.

Kompensacje mocy bierniej można wykonać w dwojaki sposób:

1. Dobrać tak pojemność kondensatora C aby prąd $I_C = I_L$ (kompensacja idealna – moc bierna indukcyjna silnika zostaje całkowicie skompensowana mocą bierną pojemnościową baterii kondensatorów, w wyniku czego współczynnik mocy jest równy jedności)

$$I_C = I_L = I_S \sin \varphi$$

Moc bierna baterii kondensatorów

$$Q_C = UI_C = UI_S \sin \varphi$$

Pojemność baterii kondensatorów odpowiadająca tej mocy

$$C = \frac{Q_C}{\omega U^2}$$

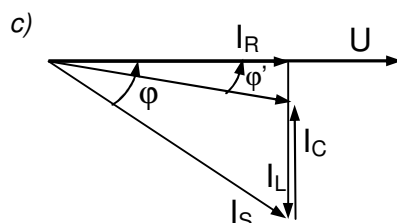
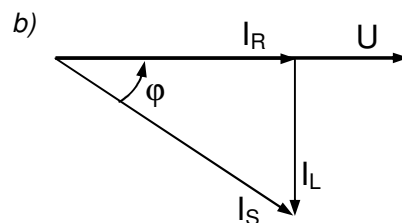
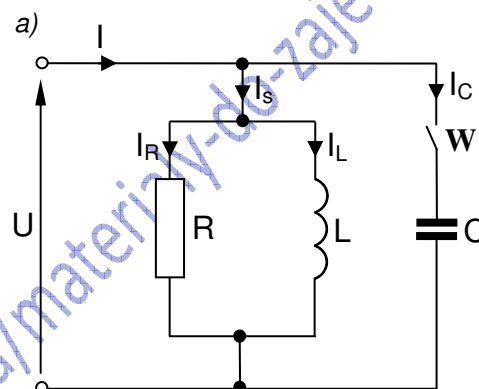
2. Dobrać tak pojemność kondensatora C , aby $\cos \varphi'$ miał nową wartość, większą od wartości $\cos \varphi$ silnika, czyli w tym przypadku $I_C < I_L$. Z wykresu wskazowego (rys. 4c.) wynika, że

$$I_C = I_R \operatorname{tg} \varphi - I_R \operatorname{tg} \varphi' = \frac{P}{U} (\operatorname{tg} \varphi - \operatorname{tg} \varphi')$$

Moc bierna baterii kondensatorów

$$Q_C = UI_C = P (\operatorname{tg} \varphi - \operatorname{tg} \varphi')$$

W praktyce stosuje się przypadek nr 2. Baterie kondensatorów dobiera się tak, że nie pokrywają one w pełni zapotrzebowania mocy bierniej i drobna jej część nadal jest pokrywana przez elektrownie i sieć zasilającą (rys. 3b.).



Rys. 4. Wyjaśnienie zasady kompensacji mocy bierniej

- a) schemat obwodu
- b) wykres wskazowy dla przypadku gdy kondensator C jest odłączony
- c) wykres wskazowy dla przypadku gdy kondensator C jest dołączony