

16.11.2020 Podstawy elektrotechniki

1. Współczynnik mocy
2. Znaczenie współczynnika mocy
3. Poprawa współczynnika mocy

Współczynnik mocy jest to $\cos\varphi$

Współczynnik mocy jest to $\cos\varphi$

Z matematyki wiadomo, że $\cos\varphi$ zmienia się w przedziale od 0 do 1

Korzystnie jest jeżeli współczynnik mocy jest bliski jedności – wtedy jest dobre gospodarowanie mocą. Natomiast jeżeli współczynnik mocy jest mały (0,3 – 0,6) jest to niekorzystne i należy go poprawić.

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 rejestrują iloczyn mocy czynnej i czasu jej poboru, bez względu na to przy jakiej wartości współczynnika była ona pobierana.

Jeżeli np. jeden odbiorca pobiera z sieci o napięciu 220V moc $P = 2200W$ przy $\cos\varphi = 1$, a drugi – przy $\cos\varphi = 0,5$, to pierwszy z nich pobiera prąd

$$I_1 = \frac{P}{U \cos\varphi} = \frac{2200}{220 \cdot 1} = 10A,$$

a drugi

$$I_2 = \frac{2200}{220 \cdot 0,5} = 20A.$$

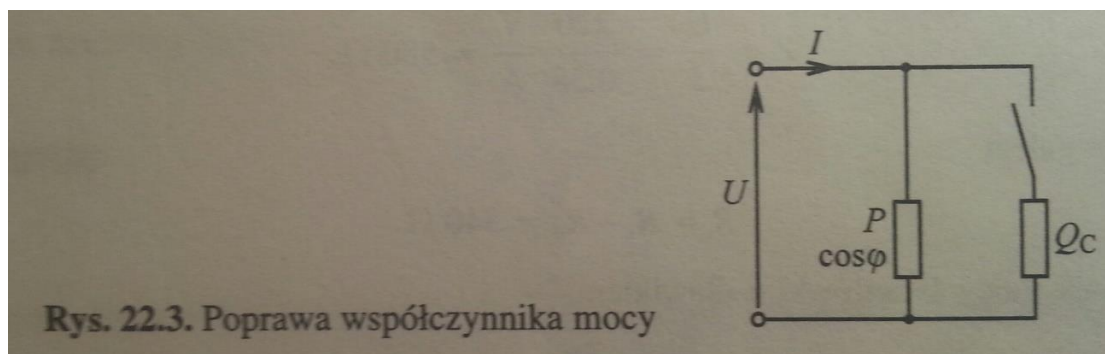
Obydwaj zużyją w tym samym czasie jednakowe ilości energii, za którą płać, ale drugi typ odbiorców jest dla zakładu energetycznego niekorzystny z następujących powodów

- a) Zwiększona wartość prądu ponad wartość niezbędną do uzyskania danej mocy (przy $\cos\varphi = 1$) wymaga stosowania przez zakład energetyczny przewodów zasilających, lin i kabli przesyłowych o większych przekrojach;
- b) Większa wartość prądu powoduje większe straty energii w liniach zasilających, za które odbiorca nie płać;
- c) Zwiększenie poboru prądu wymaga zastosowania większych prądnic i transformatorów; o wymiarach prądnicy i transformatora decyduje iloczyn napięcia i natężenia prądu bez względu na wartość $\cos\varphi$. Prąd znamionowy jest bowiem ograniczony dopuszczalnym nagrzewaniem się uzwojeń.

Z przytoczonych względów staramy się utrzymywać współczynnik mocy możliwie bliski jedności.

Poprawa współczynnika mocy

Najprostszym sposobem poprawy współczynnika mocy jest włączenie równoległe do odbiornika elementu pobierającego tylko moc bierną (rys. 22.3) przeciwnego znaku niż moc bierna odbiornika. Z reguły odbiorniki – oprócz żarówek i grzejników – mają charakter rezystancyjno-indukcyjny (R, L), a więc **do poprawy współczynnika mocy należy zastosować kondensatory**.



Przyjmijmy jako dane napięcie U , moc czynną P odbiornika oraz $\cos\varphi$ (przy $\varphi > 0$). Moc bierną odbiornika obliczymy ze wzoru

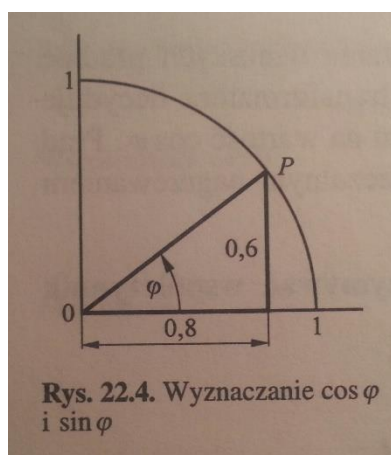
$$Q = UI\sin\varphi,$$

Przy czym $\sin\varphi$ odczytamy z tablic dla danej wartości $\cos\varphi$, albo obliczymy z zależności

$$\sin\varphi = \sqrt{1 - \cos^2\varphi}.$$

W bardzo dogodny sposób można samodzielnie sporządzić wykres pozwalający na:

- odczytywanie $\cos\varphi$ przy danym kącie φ ;
- odczytywanie $\sin\varphi$ przy danym $\cos\varphi$ lub na odwrót.



W tym celu kreślimy na papierze milimetrowym osie układu i ćwiartkę koła trygonometrycznego o promieniu „jednostkowym” 100mm. Prosta wykreślona z początku układu pod kątem φ do osi poziomej przecina okrąg w punkcie P, którego odległość od osi pionowej (mierzona wzdłuż linii poziomej) jest równa $\cos\varphi$, a odległość od osi poziomej – $\sin\varphi$. Dla punktu P na rys. 22.4 odczytujemy np. $\cos\varphi$ 0,8 (80mm), a $\sin\varphi = 0,6$ (60mm).

Przykład.

Światłówka ma przy prądzie $I = 0,38A$ rezystancję $R_s = 280\Omega$. Szeregowo ze światłówką połączony jest dławik o rezystancji uzwojenia $R_d = 60\Omega$ i nieznannej reaktancji indukcyjnej X_L (rys. 22.5a). Napięcie zasilające $U = 220V$. Obliczyć współczynnik mocy światłówki z dławikiem, potrzebną reaktancję

indukcyjną dławika, a następnie pojemność kondensatora potrzebną do całkowitego skompensowania mocy biernej.

Rozwiązanie

Impedancja świetlówki z dławikiem

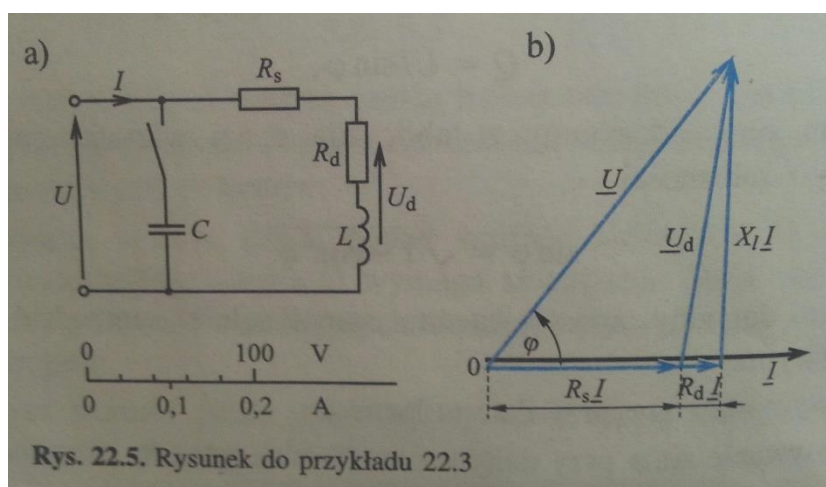
$$Z = \frac{U}{I} = \frac{220 \text{ V}}{0,38 \text{ A}} = 580 \Omega$$

Rezystancja gałęzi

$$R = R_s + R_d = 340 \Omega$$

Współczynnik mocy świetlówki z dławikiem

$$\cos \varphi = \frac{R}{Z} = 0,585$$



Reaktancja dławika

$$X_L = \sqrt{Z^2 - R^2} = \sqrt{580^2 - 340^2} = 470 \Omega$$

Indukcyjność dławika

$$L = \frac{X}{\omega} = \frac{470}{314} = 1,50 \text{ H.}$$

Odczytana z wykresu (rys. 22.4) wartość $\sin \varphi = 0,81$.

Moc bierna

$$Q = UI \sin \varphi = 220 \cdot 0,38 \cdot 0,81 = 67,7 \text{ var.}$$

Kondensator włączony na napięcie 220V powinien mieć dla skompensowania mocy biernej indukcyjnej taką samą bezwzględną wartość mocy biernej pojemnościowej

$$Q_C = UI_C = \omega C U^2.$$

Stąd szukana pojemność C

$$C = \frac{Q_C}{\omega U^2} = \frac{67,7 \cdot 10^6}{314 \cdot 220^2} = 4,45 \mu\text{F.}$$

W praktyce stosuje się kompensację niepełną. Kondensatory do świetlówek mają pojemność $3,6\mu\text{F}$, tak że $\cos\varphi = 0,98$ (po kompensacji), co jest zupełnie zadowalające.