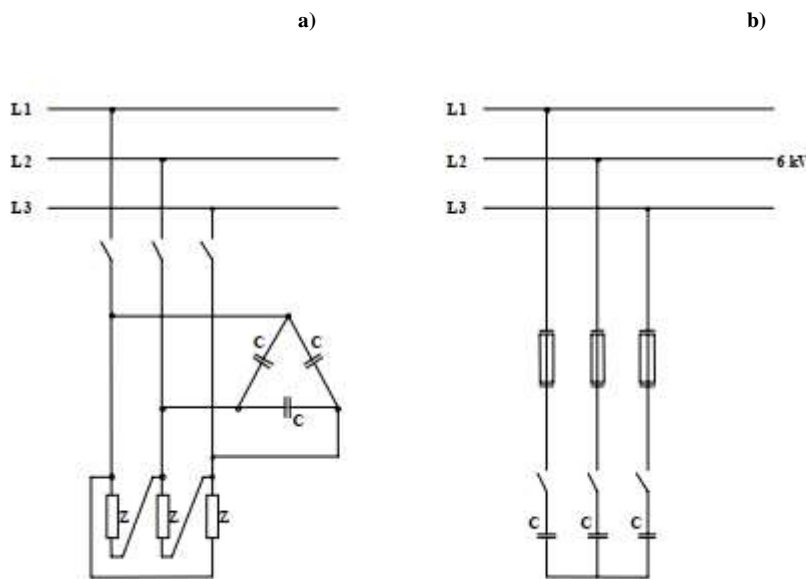


## Temat: Poprawa współczynnika mocy w układach trójfazowych- obliczenia

Zagadnienie poprawy współczynnika mocy ma szczególne znaczenie u odbiorców przemysłowych, pobierających znaczną ilość energii czynnej, a tym samym i biernej z sieci energetycznej trójfazowej. Odbiorniki trójfazowe przyłączane do sieci energetycznej często są odbiornikami indukcyjnymi o dużej mocy i przy ich eksploatacji wartość współczynnika mocy nabiera szczególnego znaczenia. Dla poprawy współczynnika mocy stosuje się kompensację mocy biernej. Może ona być zrealizowana:

- indywidualnie (dla większych jednostek – silników indukcyjnych o mocy  $P > 100$  kW) poprzez dołączenie kondensatorów energetycznych równolegle przy poszczególnych odbiornikach (rys. a). Gdy odbiornik nie pracuje kondensator wraz z nim jest odłączany od sieci, mimo że inne odbiorniki małej mocy u tego samego odbiorcy też pobierają moc bierną,
- centralnie dla grupy odbiorników lub całej instalacji zasilającej danego odbiorcę (rys. b).



Rys. Poprawa współczynnika mocy w układzie trójfazowym: a) indywidualna, b) grupowa.

Na tabliczkach znamionowych kondensatorów energetycznych podawane jest zwykle napięcie znamionowe międzyfazowe i moc bierna kondensatora. Obliczenie pojemności kondensatora, który należy dołączyć do poszczególnych faz odbiornika w celu uzyskania żadanego współczynnika mocy wykonuje się identycznie jak dla obwodów jednofazowych.

Tok obliczeń jest następujący:

- mając dane wielkości odbiornika  $U, P, I$  (bądź grupy odbiorników) obliczamy moc pozorną  $S_1$  i współczynnik mocy ( $\cos \phi$ ) przed kompensacją, (jeżeli nie są znane):

$$S_1 = \sqrt{3}UI$$

$$\cos \phi_1 = \frac{P}{S_1}$$

- obliczamy moc bierną odbiornika przed kompensacją:

$$Q_1 = \sqrt{S_1^2 - P^2}$$

- obliczamy moc pozorną po kompensacji (moc czynna nie ulega zmianie po dołączeniu kondensatora):

$$S_2 = \frac{P}{\cos \varphi_2}$$

- moc bierna odbiornika trójfazowego po kompensacji:

$$Q_2 = \sqrt{S_2^2 - P^2}$$

- moc bierna kondensatora trójfazowego potrzebna do kompensacji (uzyskania pożądanego współczynnika mocy):

$$Q_k = Q_1 - Q_2$$

- z katalogu kondensatorów dobieramy kondensator trójfazowy o najbliższej mocy w stosunku do wyliczonej  $Q_k$

Jeżeli chcemy obliczyć pojemność kondensatora jednej fazy należy:

- obliczyć moc bierną jednej fazy kondensatora  $Q_{kf}$ :

$$Q_{kf} = \frac{Q_k}{3}$$

- obliczyć pojemność kondensatora, (jak w obwodzie jednofazowym):

$$C = \frac{Q_{kf}}{\omega U_f^2}$$

Przy eksploatacji kondensatorów należy pamiętać, że tracą one powoli swój ładunek i dotknięcie ich ręką nawet po długim czasie może spowodować porażenie. Dotyczy to kondensatorów przy grupowej kompensacji mocy biernej. Dlatego równolegle do tych kondensatorów dołączane są rezystory rozładowujące tak dobrane, aby po czasie około jednej minuty napięcie na zaciskach nie przekraczało dopuszczalnej wartości, nie stanowiącej niebezpieczeństwa dla obsługi. Kondensatory połączone na stałe z odbiornikiem rozładowują się przez ten odbiornik.

## Ćwiczenie 1

Oblicz moc czynną, bierną i pozorną odbiornika trójfazowego symetrycznego indukcyjnego połączonego w gwiazdę, zasilanego z sieci trójfazowej o napięciu międzyfazowym  $U_p = 400 \text{ V}$ . Moduł impedancji fazowej wynosi  $Z_f = 100 \Omega$ , a rezystancja fazowa  $R_f = 50 \Omega$ .

Sposób wykonania ćwiczenia

- 1) obliczyć współczynnik mocy,
- 2) obliczyć napięcie fazowe,
- 3) obliczyć prąd,

- 4) napisać zależność na moc czynną i obliczyć tę moc,
- 5) obliczyć reaktancję fazową oraz  $\sin\phi$ ,
- 6) napisać zależność na moc bierną odbiornika i obliczyć ją,
- 7) napisać zależność na moc pozorną i obliczyć ją.

### Ćwiczenie 2

Oblicz moc czynną, bierną i pozorną odbiornika trójfazowego symetrycznego indukcyjnego połączonego w trójkąt, zasilanego z sieci trójfazowej o napięciu międzyfazowym  $U_p = 400 \text{ V}$ . Moduł impedancji fazowej wynosi  $Z_f = 100 \Omega$ , a rezystancja fazowa  $R_f = 50 \Omega$ .

Sposób wykonania ćwiczenia

- 1) obliczyć prąd każdej fazy odbiornika,
- 2) obliczyć współczynnik mocy,
- 3) napisać zależność na moc czynną i obliczyć tę moc,
- 4) obliczyć reaktancję fazową oraz  $\sin\phi$ ,
- 5) napisać zależność na moc bierną odbiornika i obliczyć ją, 6) napisać zależność na moc pozorną i obliczyć ją.

### Ćwiczenie 3

Sprawdź poprzez obliczenia jak zmieni się moc czynna pobierana przez odbiornik trójfazowy rezystancyjny symetryczny połączony w trójkąt po przełączeniu go w gwiazdę.

W obu przypadkach odbiornik jest zasilany z sieci trójfazowej o napięciu międzyfazowym  $U_p = 400 \text{ V}$ , a rezystancja fazowa  $R_f = 100 \Omega$ .

Sposób wykonania ćwiczenia

- 1) obliczyć prąd fazowy odbiornika połączonego w trójkąt,
- 2) obliczyć prąd przewodowy odbiornika połączonego w trójkąt,
- 3) obliczyć moc czynną tego odbiornika połączonego w trójkąt,
- 4) obliczyć napięcie fazowe odbiornika połączonego w gwiazdę
- 5) obliczyć prąd przewodowy odbiornika połączonego w gwiazdę,
- 6) obliczyć moc czynną odbiornika połączonego w gwiazdę,
- 7) porównać moc pobraną przez odbiornik połączony w trójkąt z mocą tego odbiornika

połączonego w gwiazdę (obliczyć stosunek  $\frac{P_\Delta}{P_Y}$ ),

- 8) porównać prąd przewodowy odbiornika połączonego w trójkąt z prądem przewodowym

tego odbiornika połączonego w gwiazdę (obliczyć stosunek  $\frac{I_{p\Delta}}{I_{pY}}$  i sformułować wnioski)

Uwaga do ćwiczenia: obliczenia mocy wykonać z dokładnością do jednego wata, obliczenia prądów z dokładnością do jednej dziesiątej ampera.

### Ćwiczenie 4

Dobierz pojemność jednej fazy kondensatora trójfazowego połączonego w gwiazdę, który należy dołączyć do silnika indukcyjnego trójfazowego o mocy 2,6 kW, aby współczynnik mocy układu po dołączeniu kondensatora wynosił 0,9. Silnik zasilany jest z sieci trójfazowej o napięciu międzyfazowym  $U = 400 \text{ V}$ ,  $f = 50 \text{ Hz}$  i przed dołączeniem kondensatora w każdym przewodzie zasilającym płynął prąd  $I = 5 \text{ A}$ .

#### Sposób wykonania ćwiczenia

- 1) narysować odbiornik trójfazowy indukcyjny (silnik) podłączony do sieci trójfazowej trójprzewodowej z dołączonym trójfazowym kondensatorem,
- 2) obliczyć moc pozorną przed poprawą współczynnika mocy,
- 3) obliczyć współczynnik mocy przed jego poprawą,
- 4) obliczyć moc bierną przed kompensacją,
- 5) obliczyć moc pozorną i bierną po kompensacji,
- 6) obliczyć potrzebną do kompensacji moc bierną kondensatora trójfazowego oraz jednej fazy kondensatora,
- 7) obliczyć pojemność kondensatora,
- 8) określić zmianę prądu w przewodach linii zasilającej,
- 9) sformułować wnioski dotyczące znaczenia współczynnika mocy