

Lekcja 10.

Temat: Moc odbiorników prądu stałego. Moc czynna, bierna i pozorna w obwodach prądu zmiennego.

1. Moc odbiorników prądu stałego

Prąd płynący przez odbiornik powoduje wydzielanie się określonej mocy. Jej wielkość jest proporcjonalna do wielkości przyłożonego napięcia i wielkości przepływającego prądu. Moc „P” jest równa:

„”

$$P = U * I .$$

Jeżeli: $U = I * R,$

to:

$$P = I^2 * R \text{ lub } P = \frac{U^2}{R} \text{ [W] - wat.}$$

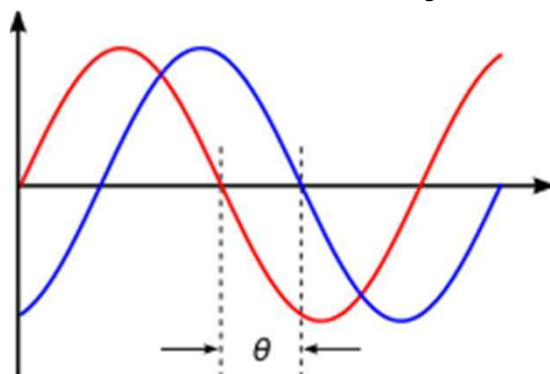
Każdy odbiornik powinien być użytkowany przy jego napięciu znamionowym, które oznaczamy przez U_n .

W przypadku gdy do odbiornika podłączone jest napięcie inne niż nominalne, istnieje bardzo wysokie prawdopodobieństwo uszkodzenia odbiornika lub może to doprowadzić do powstania zagrożenia dla zdrowia i życia osób obsługujących dany odbiornik.

Napięcie znamionowe i moc znamionowa są podawane na tabliczkach znamionowych przytwierdzonych trwale do odbiornika. Niekiedy podaje się jeszcze prąd znamionowy.

2. Moc czynna prądu zmiennego.

Przy przebiegach sinusoidalnych interesuje nas zazwyczaj energia pobrana przez odbiornik w czasie jednego okresu lub wielokrotności okresu.



Ze względu na przesunięcia prądu względem napięcia w układach prądu zmiennego możemy rozróżniać trzy rodzaje mocy. Mocą czynną nazywamy wartość średnią mocy chwilowej i określamy ją wzorem

$$P = U \cdot I \cdot \cos \varphi \text{ [W]} - \text{wat.}$$

Jednostką mocy czynnej jest 1 wat (1 W). Moc czynna jest zatem równa iloczynowi wartości skutecznej napięcia i prądu oraz cosinusa kąta przesunięcia fazowego między napięciem i prądem, zwanego współczynnikiem mocy ($\cos \varphi$). Jeżeli moc czynną pomnożymy przez czas T , to otrzymamy energię pobraną przez odbiornik o charakterze rezystancyjnym, ze źródła w czasie jednego okresu.

3. Moc bierna i pozorna prądu zmiennego.

Drugim rodzajem mocy jest moc bierna, którą wyraża się wzorem:

$$Q = U \cdot I \cdot \sin\varphi \text{ [Var]}.$$

Moc bierna w obwodach prądu zmiennego jest wielkością opisującą pulsowanie energii elektrycznej między elementami obwodu elektrycznego. Ta oscylująca energia nie jest zamieniana na użyteczną pracę lub ciepło, niemniej jest ona konieczna do funkcjonowania urządzeń elektrycznych (np. transformatorów, silników). Energia jest pobierana ze źródła w części okresu przebiegu zmiennego, magazynowana przez odbiornik (w postaci energii pola elektrycznego lub magnetycznego) i oddawana do źródła w innej części okresu, kiedy pole elektryczne lub magnetyczne w odbiorniku zanika.

Wyróżnia się moc bierną:

- Indukcyjną,
- Pojemnościową.

- Moc (energię) bierną indukcyjną związaną z elementami indukcyjnymi np. silniki, piece indukcyjne. Energia bierna indukcyjna występuje wyłącznie w obwodach prądu zmiennego. Przepływa między źródłem a odbiornikiem i nie jest zamieniana na pracę. Jest potrzebna do wzbudzania zmiennych pól magnetycznych silników, magnesowania rdzeni transformatorów oraz ładowania pojemności linii przesyłowych napowietrznych i kablowych.
- Moc (energię) bierną pojemnościową związaną z kondensatorami lub długimi odcinkami kabli, będącymi pod napięciem.

Zarówno moc bierna indukcyjna jak i pojemnościowa wpływa na zwiększenie strat cieplnych oraz ogranicza sprawność transformatorów i linii kablowych.

Ujemne skutki mocy biernej

Podstawowym źródłem mocy biernej są generatory w elektrowniach. Jednakże, wytwarzanie tam energii biernej niesie za sobą wiele negatywnych skutków zarówno dla dostawców energii, jak i dla jej odbiorców. Prąd bierny przepływający przez sieć przesyłową powoduje zmniejszenie jej przepustowości oraz zwiększenie strat mocy. Dostawcy energii elektrycznej rekompensują swoje straty poprzez narzucenie odbiorcom energii limitów mocy biernej, których przekroczenie wiąże się z poniesieniem dodatkowych opłat. Dla większości odbiorców energii, szczególnie dla zakładów przemysłowych o prostym systemie zasilająco-rozdzielczym, jest to podstawowy negatywny skutek.

Jednakże zakłady przemysłowe o rozbudowanej sieci rozdzielczej muszą liczyć się również z innymi skutkami, takimi jak m.in.:

- Zmniejszona przepustowość sieci rozdzielczej,
- Straty mocy czynnej w transformatorach i kablach zasilających wynikające z przepływu prądu biernego,
- Spadki napięć w punktach odległych od źródła zasilania.

Prawidłowo dobrane urządzenia kompensacyjne pozwalają na zlikwidowanie powyższych problemów.

Kompensacja mocy biernej

Kompensacja mocy biernej polega na wytworzeniu potrzebnej mocy biernej w pobliżu odbiornika zamiast na przesyłaniu jej siecią elektroenergetyczną. Powoduje to zmniejszenie natężenia prądu w sieci, a co za tym idzie - zmniejszenie spadku napięcia i straty mocy w liniach przesyłowych. Ponadto wzrost współczynnika mocy pozytywnie wpływa na pracę innych odbiorników podłączonych do sieci. Dzięki zmniejszeniu natężenia prądu możliwe jest zmniejszenie przekroju przewodów linii, czyli w efekcie ekonomiczniejsze wykorzystanie materiału.

W przypadku przekompensowania odbiornik (rozumiany tutaj jak równoległe połączenie kompensującej baterii kondensatorów i właściwego odbiornika energii) zmienia charakter z indukcyjnego na pojemnościowy.

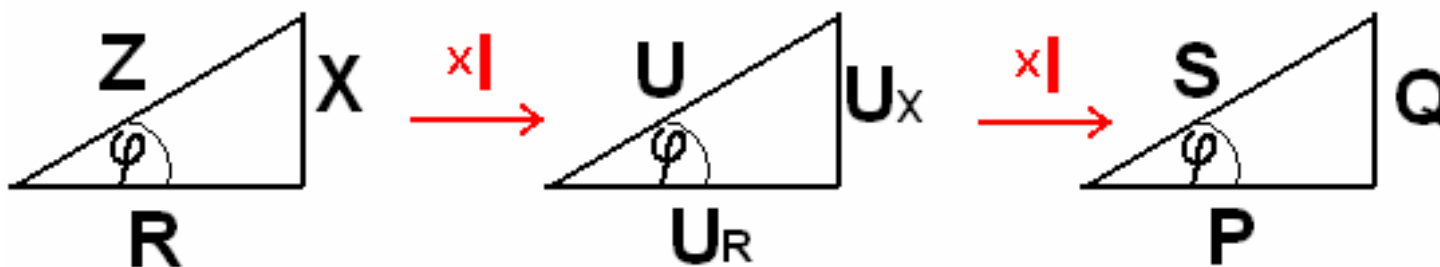
Najbardziej efektywną metodą kompensacji mocy biernej indukcyjnej jest kompensacja przez odbiory pojemnościowe, w szczególności kondensatory energetyczne lub automatycznie regulowane baterie kondensatorów.

Trzecim rodzajem mocy jest moc pozorna wyrażona wzorem:

$$S = U \cdot I$$

lub $S = \sqrt{P^2 + Q^2}$ [VA] woltoamper

Moc pozorna jest geometryczną sumą mocy czynnej i biernej prądu elektrycznego pobieranego przez odbiornik ze źródła.



Trójkąt mocy

$$S = \sqrt{P^2 + (Q_L - Q_C)^2}$$

4. Energia elektryczna

Energia zużywana przez odbiornik zależy od jego mocy i od czasu użytkowania:

$$W = P * t$$

Jeżeli: $P = U * I$, to

$$W = U * I * t$$

Energia elektryczna prądu elektrycznego to energia, jaką prąd elektryczny przekazuje odbiornikowi wykonującemu pracę lub zmieniającemu ją na inną formę energii.

Energię elektryczną przepływającą lub pobieraną przez urządzenie określa iloczyn natężenia prądu płynącego przez odbiornik, napięcia na odbiorniku i czasu przepływu prądu przez odbiornik.

Zużycie energii elektrycznej w technice mierzone jest w kilowatogodzinach (kWh).

Urządzeniem do pomiaru zużycia energii elektrycznej jest licznik energii elektrycznej.

Zadania do samodzielnego wykonania

- **Zad 1**

W obwodzie prądu zmiennego odbiornik o mocy $P_n = 1000 \text{ W}$ i współczynniku mocy $\cos\varphi = 0,8$, zasilono napięciem sinusoidalnie zmiennym o napięciu nominalnym $U_n = 230 \text{ V}$. Odbiornik zainstalowano i włączano go codziennie, przez 14 dni w godzinach od 8.00 do 16.00. Oblicz koszt energii elektrycznej jeżeli cena 1 kWh wynosi 0,5 zł.

Zad 2

Przez odbiornik o mocy znamionowej $P_n = 1000 \text{ W}$ i napięciu znamionowym $U_n = 230 \text{ V}$ przepływa prąd $I = 5 \text{ A}$. Oblicz moc pozorną i bierną wydzielaną w tym odbiorniku.

Zad 3

Przez odbiornik w warunkach znamionowych o napięciu znamionowym $U_n = 230 \text{ V}$, współczynnika mocy $\cos\varphi = 0,8$ przepływa prąd $I = 50 \text{ A}$. Oblicz moc czynną, bierną, pozorną wydzielaną w tym odbiorniku. Wyniki zapisz w kW, kVar, kVA.