

# STRATY MOCY I ENERGII

Straty mocy (podobnie energii) dzielimy na:

- obciążeniowe** (zwane też stratami podłużnymi) - **występujące w podłużnych impedancjach elementów sieciowych**. Są proporcjonalne do kwadratu prądu obciążeniowego,
- jałowe** (straty poprzeczne) - **powstające w admitancjach poprzecznych** i proporcjonalne do kwadratu napięcia w miejscu ich powstawania.

## Straty mocy czynnej

Obciążeniowe straty mocy czynnej w układzie trójfazowym, związane są z występowaniem rezystancji podłużnej. Są zmienne w czasie i oblicza się z wzoru

$$\Delta P_o = 3 I^2 R = 3 \left( \frac{S}{\sqrt{3} U_N} \right)^2 R = \frac{S^2}{U_N^2} R = \frac{P^2 + Q^2}{U_N^2} R \quad (5.1)$$

Uwzględnia się w liniach napowietrznych i kablowych oraz transformatorach, a pomija w dławikach i kondensatorach.

Jałowe (poprzeczne) straty mocy czynnej  $\Delta P_j$  w i-tej gałęzi poprzecznej oblicza się ze wzoru

$$\Delta P_{ji} = U_{Ni}^2 G_i \quad (5.2)$$

W liniach napowietrznych związane są z ulotem, kablowych - upływnością izolacji i polaryzacją dielektryka, transformatorach - prądami wirowymi i histerezą magnetyczną.

W liniach straty jałowe są bardzo małe i pomija się, natomiast uwzględniane są dla transformatorów.

**Całkowite straty mocy czynnej transformatorów wyznacza się z zależności**

$$\Delta P_t = \Delta P_{Fe} + k^2 \Delta P_{Cu} = \frac{S_N}{100} (\Delta P_{Fe\%} + k^2 \Delta P_{Cu\%}) \quad (5.3)$$

gdzie:

- $k = S_{obc}/S_N$  - stopień obciążenia Tr,
- $S_N$  - moc znamionowa Tr [kW],
- $\Delta P_{Fe}, \Delta P_{Fe\%}$  - straty w żelazie [kW, %],
- $\Delta P_{Cu}, \Delta P_{Cu\%}$  - straty w uzwojeniach [kW, %].

## Straty mocy biernej

Obciążeniowe (podłużne) straty mocy biernej związane są z występowaniem reaktancji podłużnej. W układzie trójfazowym wyznacza się ze wzoru

$$\Delta Q_o = 3 I^2 X = 3 \left( \frac{S}{\sqrt{3} U_N} \right)^2 X = \frac{S^2}{U_N^2} X = \frac{P^2 + Q^2}{U_N^2} X \quad (5.4)$$

Są zmienne w czasie (tj. są funkcją obciążenia). **Dla linii, Tr oraz dławików szeregowych mają charakter indukcyjny.**

Jałowe (poprzeczne) straty mocy biernej  $\Delta Q_j$  dla i-tej gałęzi poprzecznej oblicza się ze wzoru

$$\Delta Q_{ji} = U_{Ni}^2 B_i \quad (5.5)$$

Wyznacza się dla gałęzi poprzecznych linii (gdzie mają charakter pojemnościowy) i Tr (charakter indukcyjny).

**Całkowite straty mocy biernej w transformatorach określa się z przybliżonego wzoru postaci**

$$\Delta Q = \frac{\Delta U_{X\%}}{100} \frac{S_{obc}^2}{S_N} + \frac{I_{\mu\%}}{100} S_N \approx \frac{\Delta U_{Z\%}}{100} \frac{S_{obc}^2}{S_N} + \frac{I_{o\%}}{100} S_N \quad (5.6)$$

gdzie:

- $\Delta U_{X\%}$  - bierna strata napięcia w Tr [%],
- $\Delta I_{\mu\%}$  - prąd magnesujący [%],
- $\Delta U_{Z\%}$  - procentowe napięcie zwarcia [%],
- $\Delta I_{o\%}$  - prąd biegu jałowego [%],
- $S_N$  - moc znamionowa Tr [kW],
- $S_{obc}$  - moc obciążenia [kW].

**Dla dławików szeregowych podłużne straty mocy oblicza się ze wzoru**

$$\Delta Q \approx \frac{\Delta U_{Z\%}}{100} \frac{S_{obc}^2}{S_N} \quad (5.7)$$

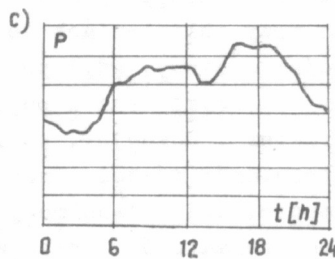
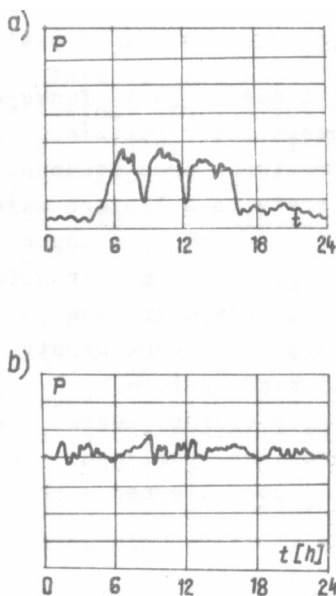
gdzie:  $\Delta U_{Z\%}$  - napięcie zwarcia dławika [%].

### Straty energii

Straty energii określa się całkując straty mocy  $\Delta P$  w czasie „t”. Gdy straty mocy  $\Delta P$  są stałe, to straty energii wyznacza się z zależności

$$\Delta A = \Delta P t \quad (5.8)$$

Zwykle obciążenie jest zmienne i zależy m. in. od: charakteru odbiorów, charakteru odbiorcy, pory roku, pory dnia itp.



Rys. 5.1. Dobowe wykresy obciążenia: a) zakład o ruchu jednonozmianowym, b) zakład o ruchu ciągłym, c) sieć zasilająca odbiorców przemysłowych oraz komunalno-bytowych

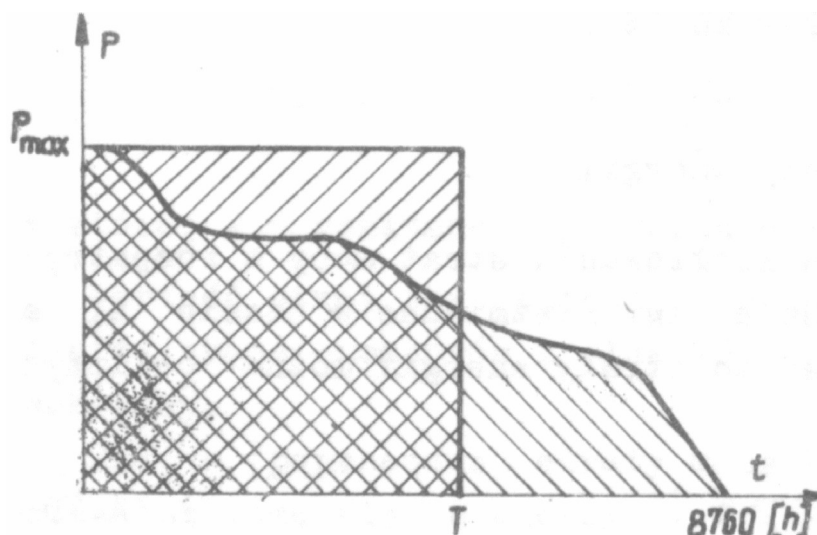
**Energia pobrana z sieci (w przypadkach podanych na rys. 4.1)**

$$A = \int_0^t P(t) dt \quad (5.9)$$

Energię dobową pobraną z sieci na podstawie półgodzinnych pomiarów wartości mocy  $P_k$  określić można z zależności

$$A_d = 0,5 \int_{k=1}^{48} P_k \quad (5.10)$$

Na podstawie wykresów dobowych tworzy się roczny wykres obciążeń, uporządkowany od mocy największej w czasie roku, tzw. mocy szczytowej  $P_{\max}$ , do najmniejszej (pokazany na rys. 4.2).



Rys. 5.2. Roczny uporządkowany wykres obciążenia

Powierzchnię pomiędzy krzywą mocy a osią czasu (odpowiadającą energii rocznej  $A_r$ ) zastępuje się równoważnym prostokątem o wysokości  $P_{\max}$  ( $P_s$ ) i czasie  $T$  - zwanym **rocznym czasem użytkowania mocy szczytowej**, charakteryzującym stopień wykorzystania urządzeń.

Czas  $T$  wyznaczany z zależności

$$T = \frac{A_r}{P_s} \quad (5.11)$$

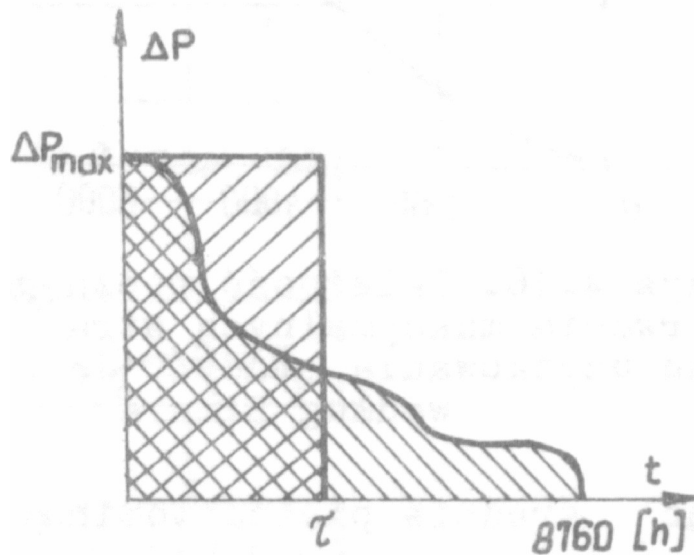
określa czas, w którym przy zachowaniu stałej mocy równej mocy szczytowej  $P_s$  byłaby przesyłana energia równa rzeczywiście przesyłanej w ciągu roku.

Przy zmiennej mocy powstają zmienne w czasie straty energii. Ilość energii traconej w ciągu roku przy pomiarach co 1 h opisuje zależność

$$\Delta A_r = \int_0^{8760} \Delta P(t) dt \quad (5.12)$$

a wyznaczona na podstawie wartości średnich półgodzinnych strat mocy

$$\Delta A_r = 0,5 \int_{k=1}^{17520} \Delta P_k \quad (5.13)$$



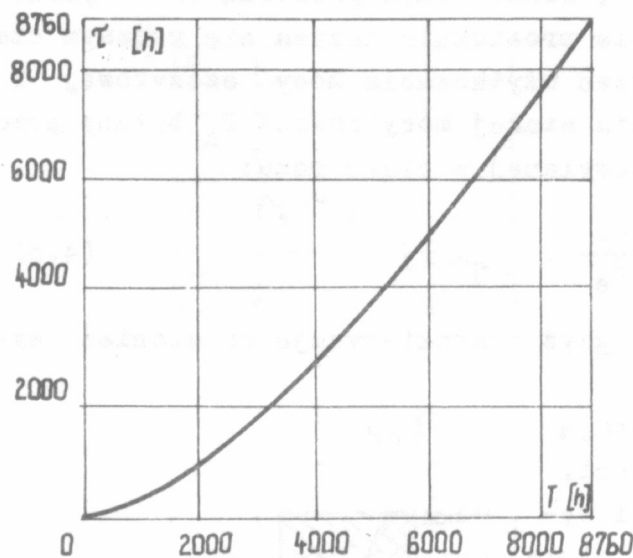
Rys. 5.3. Roczny uporządkowany wykres strat mocy czynnej (dla rys. 5.2).  
 $\tau$  - czas występowania maksymalnych strat

Czas występowania maksymalnych strat  $\tau$  jest to czas, w którym przy przepływie stałej mocy równej maksymalnej ( $P_{\max}$  - rys. 5.2) i występowaniu maksymalnych strat mocy  $\Delta P_{\max}$ , stracona byłaby energia  $\Delta A_r$  równa energii rzeczywiście straconej w ciągu roku.

Oznacza to, że dla wymienionego czasu  $\tau$  musi być spełniony warunek

$$\Delta A_r = \Delta P_{\max} \tau \quad (5.14)$$

Czas  $\tau$  wyznacza się na podstawie doświadczalnie ustalonej zależności  $\tau$  od czasu użytkowania mocy szczytowej  $T$ .



Rys. 5.4. Zależność rocznego czasu trwania strat max od czasu użytkowania mocy szczytowej (wg Eimera)

W obliczeniach przybliżonych przyjmuje się

$$\tau = \frac{2}{3} T \quad (5.15)$$