

## Izmenični signali – moč

Zanima nas potek trenutne moči v linearnem dvopolnem (dve zunanji sponki) vezju, kjer je napetost na zunanjih sponkah enaka  $u = U_m \sin(\omega t)$ , tok pa je zamaknjen za nek poljubni kot  $i = I_m \sin(\omega t - \varphi)$ . Trenutna moč v vezje je enaka zmnožku napetosti in toka

$$p(t) = u(t) \cdot i(t) = U_m \sin(\omega t) \cdot I_m \sin(\omega t - \varphi). \quad (17.1)$$

Z uporabo zveze  $\sin(\alpha) \cdot \sin(\beta) = \frac{1}{2}(\cos(\alpha - \beta) - \cos(\alpha + \beta))$  zapišemo moč vezja kot

$$p(t) = \frac{U_m I_m}{2} [\cos(\varphi) - \cos(2\omega t - \varphi)] \quad (17.2)$$

Vidimo, da lahko trenutno moč vezja opišemo kot vsoto dveh komponent moči, ene enosmerne in ene izmenične, ki niha z dvojno frekvenco. S povprečenjem moči preko periode dobimo povprečno moč, ki bo očitno kar enaka tej enosmerni komponenti moči, ki ji tudi rečemo **delovna moč**.

**Delovna moč.** Delovna moč je torej

$$P = \frac{U_m I_m}{2} \cos(\varphi) = U_{ef} \cdot I_{ef} \cdot \cos(\varphi). \quad (17.3)$$

To je del moči, ki se pretevarja v neko drugo obliko, na upor v toplotno (Joulske izgube), v motorjih pa v mehansko. Faktor  $\cos(\varphi)$  pogosto imenujemo tudi **faktor delavnosti** ali **faktor moči**.

**Navidezna moč.** Trenutna moč niha z dvojno frekvenco okoli vrednosti povprečne moči.

Amplituda nihanja moči (brez enosmerne komponente) je  $\frac{I_m U_m}{2}$  in jo imenujemo **navidezna moč**.

Navidezna moč je običajno tista, ki nam pove, koliko smemo obremenjevati napravo.

**Jalova moč.** Tudi nihanje moči okoli enosmerne komponente (povprečne moči) lahko razstavimo v skladu z zvezo  $\cos(\alpha - \beta) = \cos(\alpha) \cdot \cos(\beta) + \sin(\alpha) \cdot \sin(\beta)$ . Dobimo

$\cos(2\omega t - \varphi) = \cos(2\omega t) \cdot \cos(\varphi) + \sin(2\omega t) \cdot \sin(\varphi)$ . Maksimalni vrednosti drugega člena rečemo

**jalova moč** in je enaka

$$Q = \frac{I_m U_m}{2} \sin(\varphi). \quad (17.4)$$

Očitno je, da velja

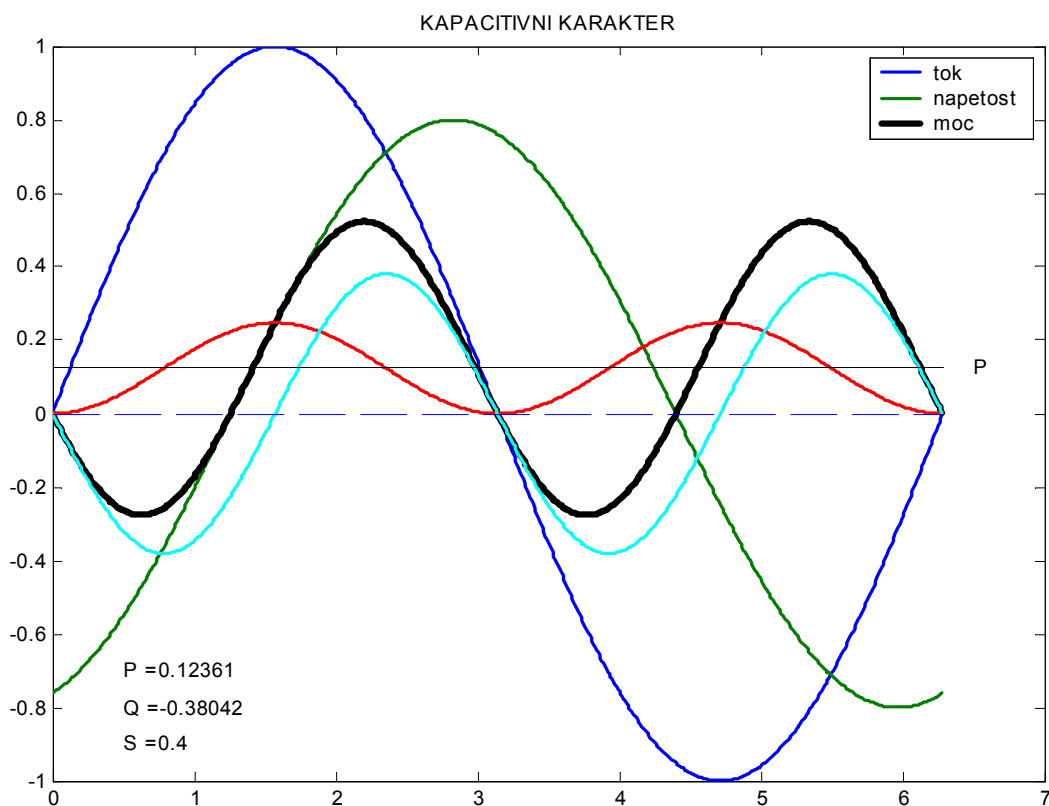
$$S^2 = P^2 + Q^2, \quad (17.5)$$

kar običajno prikažemo tudi s pravokotnim trikotnikom s stranicami  $P$ ,  $Q$  in  $S$ .

Če zapišemo celotno moč v obliki »razdruženega« signala, dobimo

$$p(t) = \frac{U_m I_m}{2} [\cos(\varphi)(1 - \cos(2\omega t)) - \sin(\varphi) \sin(2\omega t)] \quad (17.6)$$

Zaradi pomembnosti moči v elektrotehniki, za delovno moč uporabljamo običajno enoto watt (W), za jalovo pa Volt – Ampere-reaktivno (VAR), za navidezno pa volt-ampere (VA).



**SLIKA: Primer časovnega poteka komponent moči (s polno črto) na vezju kapacitivnega karakterja (tok prehiteva napetost). Prikazana je trenutna moč (krepko), pa tudi razdelitev te moči na dva dela: nihanje moči z amplitudo izmeničnega signala enaki  $P$  okoli povprečja, ki je enako  $P$  in jalova moč, ki je v povprečju enaka nič ima pa amplitudo  $Q$ . Navidezna moč niha okoli povprečne moči z amplitudo  $S$ .**

**Primer 1:** Motor priključimo na izmeničen vir napetosti  $u = 400 \cdot \sin(\omega t)$  V in med delovanjem izmerimo efektivno vrednost toka 3,68 A, ki za napetostnim signalom zaostaja za fazni kot  $25^\circ$ . Določite delovno, jalovo in navidezno moč motorja.

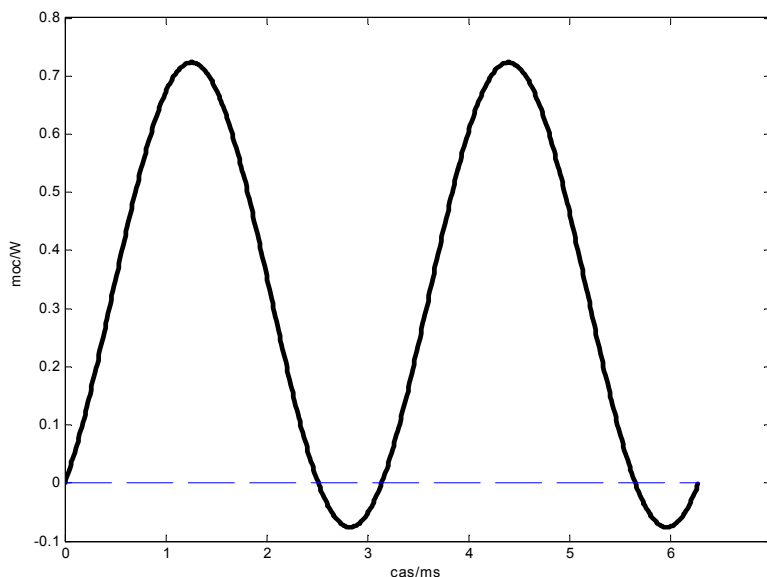
Izračun: Maksimalna vrednost toka bo  $I_m = I_{ef} \sqrt{2} = 5,2 \text{ A}$ . Delovna moč bo

$$P = \frac{I_m U_m}{2} \cos(\varphi) \cong 961 \text{ W}, \quad Q = \frac{I_m U_m}{2} \sin(\varphi) \approx 448 \text{ VAr} \text{ in } S = \frac{I_m U_m}{2} = 1060 \text{ VA}.$$

**Primer 2:** Navidezna moč električnega aparata je 550 VA, faktor delavnosti pa je 0,8. Določimo delavno in jalovo moč aparata.

Izračun: Iz trikotnika moči lahko razberemo, da je delovna moč  $P = S \cdot \cos(\varphi) = 440 \text{ W}$ . Ker poznamo  $P$  in  $S$  lahko  $Q$  določimo iz  $Q = \sqrt{S^2 - P^2} = 330 \text{ VAr}$ .

**Primer 3:** Iz grafa trenutne moči določimo delovno, jalovo in navidezno moč, frekvenco in fazni kot med napetostjo in tokom. Določimo še amplitudo napetosti, če je amplituda toka 2A.



Izračun: Amplituda moči je navidezna moč, ki niha okoli enosmerne komponente, ki je enaka delovni moči. Iz vršnih vrednosti lahko razberemo navidezno moč. Spodnja temenska vrednost

moči je  $-0,08 \text{ W}$ , zgornja pa  $0,72 \text{ W}$ ,  $S = \frac{0,08 + 0,72}{2} = 0,4 \text{ VA}$ . Če to vrednost odštejemo od zgornje vršne vrednosti ali pa prištejemo spodnji, dobimo delovno moč

$$P = 0,72 \text{ W} - 0,4 \text{ W} = 0,32 \text{ W}, \text{ jalova moč bo torej } Q = \sqrt{S^2 - P^2} = 0,24 \text{ VAR}.$$

Razberemo še periodo signala, ki je  $3,2 \text{ ms}$ , od koder je frekvenca signala moči

$$\omega_{moc} = \frac{1}{3,2 \text{ ms}} = 312,5 \text{ s}^{-1}. \text{ Moč niha z dvojno frekvenco toka (napetosti), tok bo torej nihal s kotno}$$

frekvenco  $156,3 \text{ Hz}$ . Ugotoviti moramo še fazni zamik med napetostjo in tokom. Že iz prejšnjega

primer smo ugotovili, da je  $S = P \cdot \cos(\varphi)$  od koder je  $\varphi = \text{Arc cos}\left(\frac{S}{P}\right) = 18^\circ$ . Določimo še

$$\text{amplitudo napetosti iz } S = \frac{I_m U_m}{2}, \text{ ki je } U_m = \frac{2S}{I_m} = 0,4 \text{ V}.$$