

## 4.6.9 Výkon střídavého proudu v obvodu s impedancí

**Předpoklady:** 4203, 4606, 4607

### Opakování:

#### klasický uzavřený elektrický obvod

- vnější část – proud teče od + k -  $\Rightarrow$  normální stav, kladnou práci vykonává elektrická síla
  - vnitřní část (baterie) – proud teče od - k + (obráceně)  $\Rightarrow$  elektrická síla kladnou práci nekoná (místo ní přesouvá elektrony chemie, magnetismus nebo něco jiného)
- $\Rightarrow$  **musíme dávat pozor zda má proud a napětí správný směr** (u stejnosměrného obvodu to nebyl problém, tam bylo obojí stále stejné)

#### střídavý obvod s odporem

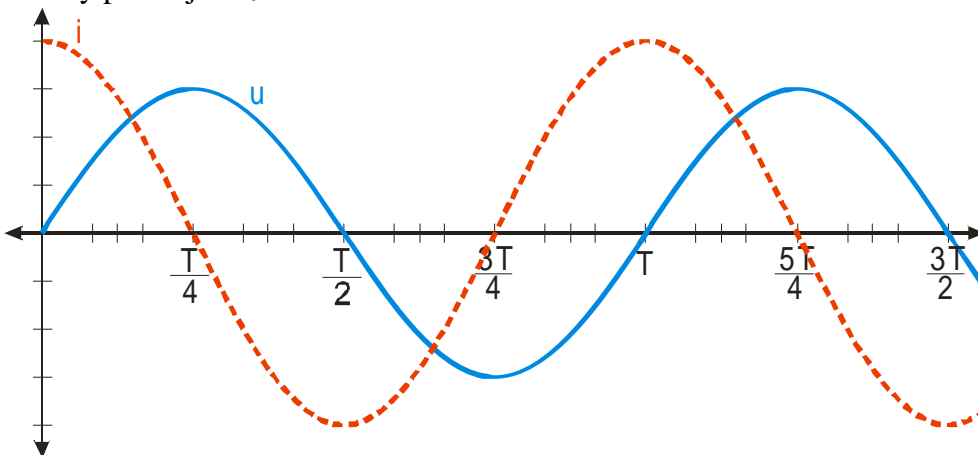
bez problémů, proud a napětí mají stejnou fázi  $\Rightarrow$  když se otočí směr proudu, změní se i směr napětí  $\Rightarrow$  jejich orientace jsou stále shodné

$\Rightarrow$  u cívky a kondenzátoru není fázový posun nulový  $\Rightarrow$  asi to bude horší

#### Jaký výkon se uvolňuje na kondenzátoru?

Napětí i proud se neustále mění  $\Rightarrow$  použijeme vzorec pro okamžité hodnoty  $p = i \cdot u$

Fázový posun je  $\varphi = -90^\circ$



**1. čtvrtina periody** (od  $t=0$  do  $t=\frac{T}{4}$  )

zdroj nabíjí kondenzátor, zdroj dodává energii do obvodu (součin  $p = i \cdot u$  je kladný)

**2. čtvrtina periody** (od  $t=\frac{T}{4}$  o  $t=\frac{T}{2}$  )

kondenzátor se vybíjí, uvolňuje energii do obvodu (součin  $p = i \cdot u$  je záporný)

podobně v dalších dvou částech

$\Rightarrow$  když připojíme na střídavý obvod kondenzátor, nekoná se žádná užitečná práce, protože všechno, co dodáme, se vrátí do zdroje.

$\Rightarrow$  činný výkon závisí na efektivní velikosti proudu, efektivní velikosti napětí a jejich fázovému posunu  $\varphi$  :

$$P = U \cdot I \cdot \cos \varphi \quad \cos \varphi = \text{účinník}$$

**Př. 1:** Dosazením do vzorce ověř, že výkon uvolněný na ideálním kondenzátoru je vždy nulový.

$$P = U \cdot I \cdot \cos \varphi = U \cdot I \cdot \cos(-90^\circ) = U \cdot I \cdot 0 = 0$$

Nezávisle na hodnotách napětí a proudu vyjde vždy nula.

Podobně můžeme postupovat i u cívky (se stejnými výsledky).

U všech spotřebičů na střídavý proud rozlišujeme:

- **činný výkon:**  $P = U \cdot I \cdot \cos \varphi$  - užitečný výkon, který přístroj uvolňuje
- **jalový výkon:**  $P_Q = U \cdot I \cdot \sin \varphi$  - výkon, který přeměňuje uvnitř přístroje, nedá se využít
- **zdánlivý výkon:**  $P_S = U \cdot I$  - nemá fyzikální význam, ale jeho velikost umožňuje určit proudy, které do přístroje vtékají.

**Př. 2:** Urči činný výkon motoru s parametry:  $U = 230 \text{ V}$   $I = 5 \text{ A}$   $\cos \varphi = 0,8$  .

$$P = U \cdot I \cdot \cos \varphi$$
$$P = 230 \cdot 5 \cdot 0,8 \text{ W}$$
$$P = 920 \text{ W}$$

Motor má činný výkon 920 W.

Máme velký fázový posun  $\varphi \Rightarrow$  malá hodnota  $\cos \varphi \Rightarrow$  malý výkon, ale do zařízení teče velký proud  $\Rightarrow$  velké ztráty v přívodních vodičích (navzdory tomu, že ve vlastním přístroji se nic neztrácí)  $\Rightarrow$  snažíme se snížit  $\varphi$

**Př. 3:** Hlavní součástí motorů je cívkové vinutí. Motory proto mají značnou indukčnost a tedy i velký fázový posun a malý účinek. Navrhní způsob, jak fázový posun cívek kompenzovat a zvětšit účinek motoru.

Máme cívku, která způsobuje kladný fázový posun  $\Rightarrow$  připojíme sériově kondenzátor (způsobuje záporný fázový posun)  $\Rightarrow$  zmenšíme  $\varphi$  a tím zvýšíme účinnost.

**Př. 4:** Přívodní vodiče elektromotoru mají odpor  $3 \Omega$  . Urči ztráty, které na nich vznikají, pokud elektromotor o činném výkonu 1500 W pracuje s účínkem:

- $\varphi = 10^\circ$
- $\varphi = 70^\circ$  .

Efektivní hodnota použitého napětí je 230 V.

Ze vzorce pro výkon určíme v obou případech proud:

$$P = U \cdot I \cdot \cos \varphi$$

$$I = \frac{P}{U \cdot \cos \varphi}$$

Ztráty v přívodních vodičích pak vypočítáme podle vzorce pro výkon na odporu (u přívodních vodičů předpokládáme, že nemají ani indukčnost, ani kapacitu):

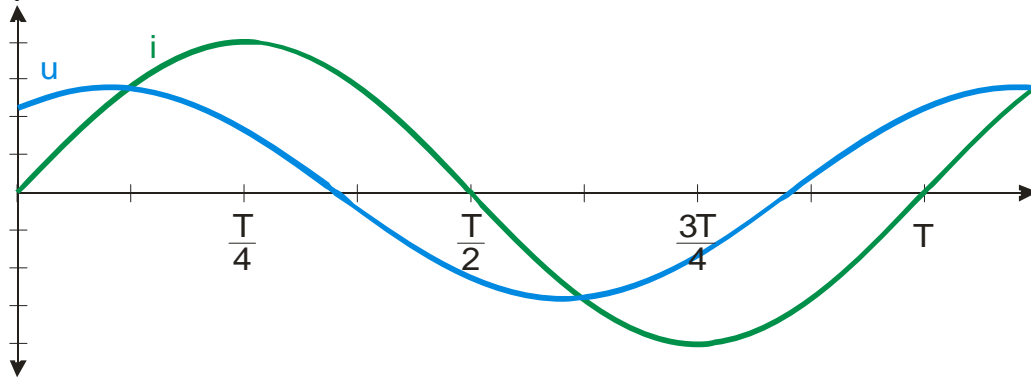
$$P_z = U \cdot I = I^2 \cdot R$$

Po dosazení:  $P_z = I^2 \cdot R = \left( \frac{P}{U \cdot \cos \varphi} \right)^2 \cdot R$

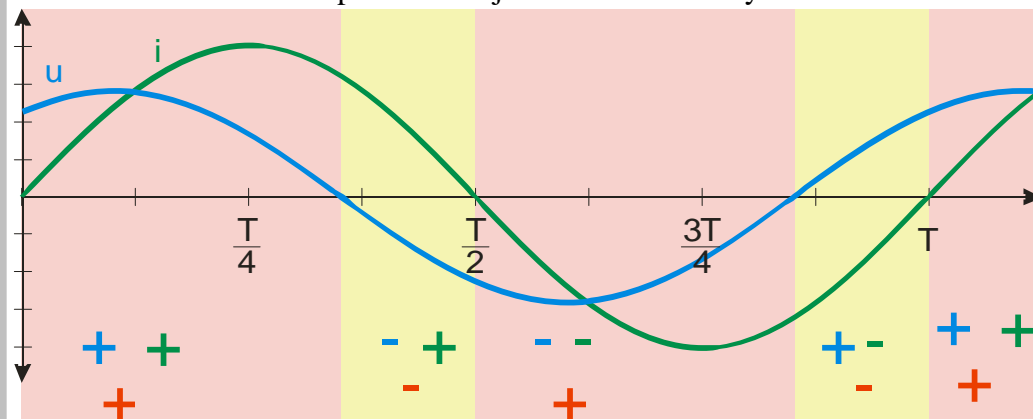
účinník:  $\varphi_1 = 10^\circ$  :  $P_{z1} = \left( \frac{P}{U \cdot \cos \varphi_1} \right)^2 \cdot R = \left( \frac{1500}{230 \cdot \cos 10^\circ} \right)^2 \cdot 3 \text{ W} = 132 \text{ W}$

$$\text{účinník: } \varphi_2=70^\circ : P_{z2} = \left( \frac{P}{U \cdot \cos \varphi_2} \right)^2 \cdot R = \left( \frac{1500}{220 \cdot \cos 70^\circ} \right)^2 \cdot 3 \text{ W} = 1091 \text{ W}$$

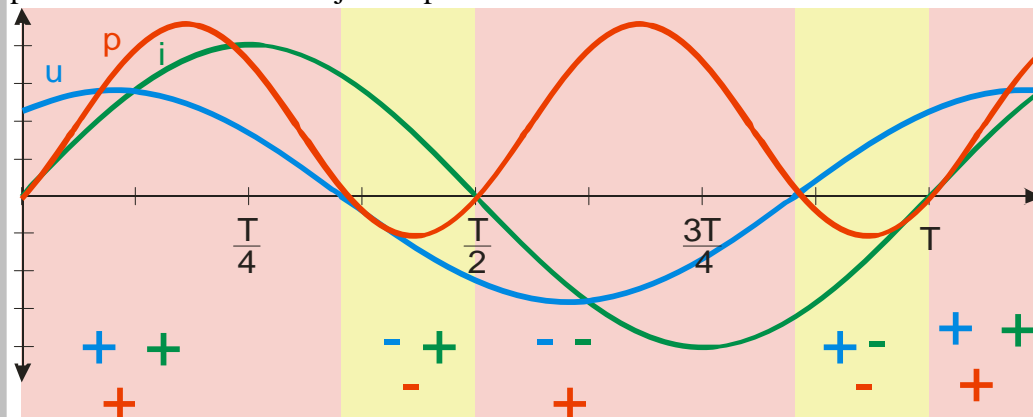
**Př. 5:** Na obrázku jsou grafy střídavého proudu a napětí. Vyznač do grafu, ve kterých okamžicích proud koná kladnou a kdy zápornou práci. Načrtni přibližný časový průběh okamžitého výkonu.



Znaménko okamžitého výkonu závisí na znaménkách proudu a napětí, vyznačíme si znaménka obou veličin a podle nich zjistíme znaménko výkonu.



Okamžitý výkon bude mít zřejmě opět tvar sinusoidy s dvojnásobnou frekvencí, nebude však posunutá zcela nad osu  $x$  jako v předchozí hodině.



**Shrnutí:** Užitečný činný výkon střídavého proud závisí kromě proudu a napětí i na jejich fázovém posunu.