

4.6.8 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

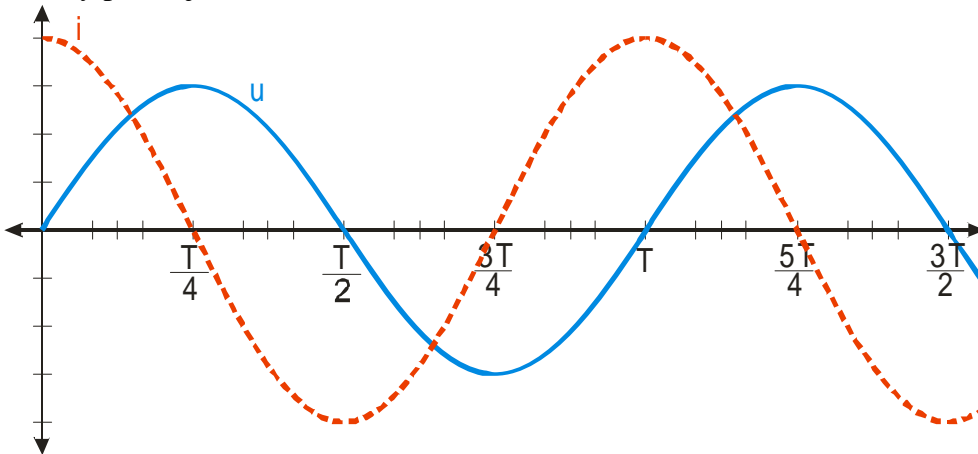
bez problémů, proud a napětí mají stejnou fázi \Rightarrow když se otočí směr proudu, změní se i směr napětí \Rightarrow jejich orientace jsou stále shodné

\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 φ :

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

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: $U = 230 \text{ V}$ $I = 5 \text{ A}$ $\cos \varphi = 0,8$.

$$P = U \cdot I \cdot \cos \varphi$$
$$P = 220 \cdot 5 \cdot 0,8 \text{ W}$$
$$P = 920 \text{ W}$$

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 φ

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

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

Př. 4: Přívodní vodiče elektromotoru mají odpor 3Ω . Urči ztráty, které na nich vznikají, pokud elektromotor o činném výkonu 1500 W pracuje s účinníkem:

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

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):

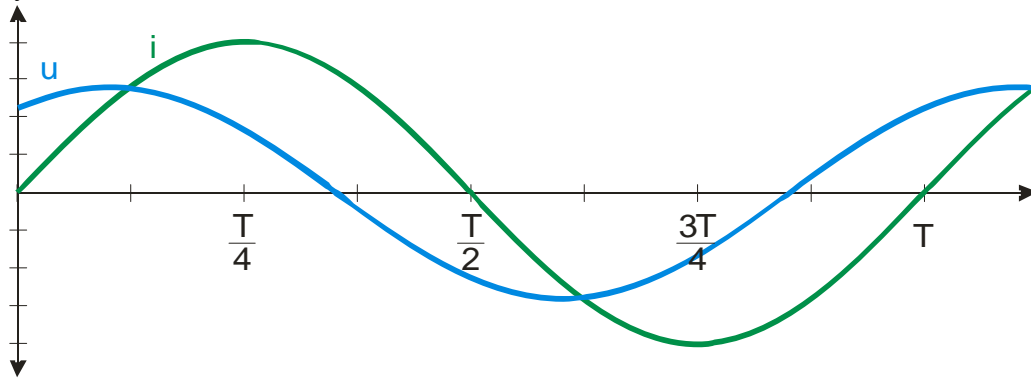
$$P_z = U \cdot I = I^2 \cdot R$$

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

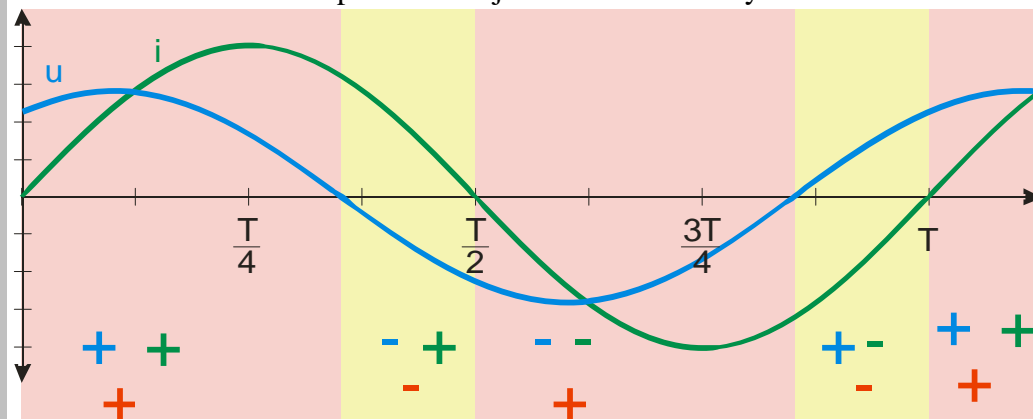
účinník: $\varphi_1 = 10$: $P_{z1} = \left(\frac{P}{U \cdot \cos \varphi_1} \right)^2 \cdot R = \left(\frac{1500}{230 \cdot \cos 10^\circ} \right)^2 \cdot 3 \text{ W} = 132 \text{ W}$

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

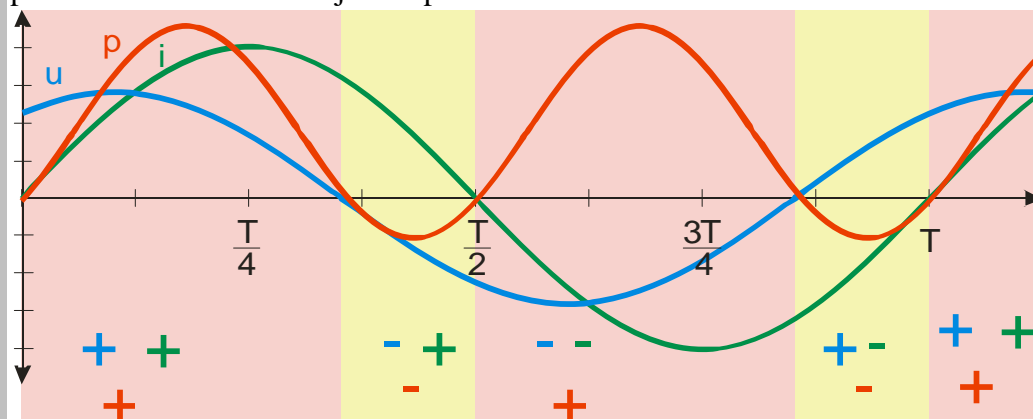
Př. 5: Na obrázku jsou grafy střídavého proudu a napětí. Vyznač do grafu, ve kterých okamžicích proud koná kladnou a kdy zápornou práci. Načrtni přibližný časový průběh okamžitého výkonu.



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.