

7.22. VÝKON A PRÁCE V TROJFÁZOVÉ SOUSTAVĚ

Výkon v trojfázové soustavě je dán součtem výkonů jednotlivých fází

$$P = P_U + P_V + P_W$$

Činný výkon v jedné fázi je např. $P_U = U_f I_f \cos \varphi$.

Úhel φ je fázový posun mezi fázovým napětím U_f a fázovým proudem I_f .
Při *souměrném zatížení* trojfázové soustavy je tedy činný výkon

$$P = 3U_f I_f \cos \varphi$$

Zpravidla počítáme výkon v trojfázové soustavě pomocí sdružených napětí a proudů. Při spojení fází generátoru (transformátoru) do hvězdy, tj. ve čtyřvodičové síti, je fázové napětí $U_f = U/\sqrt{3}$ a fázový proud $I_f = I$, kde U a I jsou sdružené hodnoty. Potom činný výkon přenášený trojfázovou soustavou je

$$P = 3 \frac{U}{\sqrt{3}} I \cos \varphi = \sqrt{3} UI \cos \varphi$$

Při spojení fází do trojúhelníku je fázové napětí a fázový proud

$$U_f = U \quad \text{a} \quad I_f = \frac{I}{\sqrt{3}}$$

Činný výkon je tedy

$$P = 3U \frac{I}{\sqrt{3}} \cos \varphi = \sqrt{3} UI \cos \varphi$$

Výkon v trojfázové soustavě při *souměrném zatížení* vždy určíme ze vztahu

$$P = \sqrt{3} UI \cos \varphi$$

ať jsou fáze spojeny do hvězdy, nebo do trojúhelníku, dosadíme-li do něho sdružené hodnoty napětí a proudu.

Účinník při *souměrném zatížení* trojfázové soustavy je vždy *cosinus úhlu* φ fázového posunu mezi napětím a proudem. Při *nesouměrném zatížení* jsou

fázové úhly, jednotlivých fází různé a nelze mluvit o cosinu φ trojfázové soustavy. Účinník je potom vyjádřen početně poměrem činného a zdánlivého výkonu

$$\cos \varphi = \frac{P}{S}$$

Podobný vztah platí pro zdánlivý výkon

$$S = \sqrt{3}UI$$

a pro jalový výkon

$$Q = \sqrt{3}UI \sin \varphi$$

Elektrická práce trojfázové soustavy při souměrném zatížení je

$$W = Pt = \sqrt{3}UI \cos \varphi t$$

Příklad 76: Trojfázový elektromotor s výkonem 6 kW, na jmenovité napětí $3 \times 220/380$ V, s účinností 85 % a účinníkem 0,8 je jednou připojen na síť 3×380 V a podruhé na síť 3×220 V. Pro oba případy určete proud odebíraný ze sítě, činný a jalový proud, zdánlivý a jalový příkon.

$P = 6 \text{ kW} = 6000 \text{ W}$, $U = 380 \text{ V}$, $\eta = 85 \% = 0,85$, $\cos \varphi = 0,8$, $U = 220 \text{ V}$
Příkon elektromotoru

$$P_1 = \frac{P_2}{\eta} = \frac{6000}{0,85} \text{ W} = 7059 \text{ W}$$

Proud odebíraný při napětí 3×380 V, jsou-li fáze elektromotoru spojeny do hvězdy, je

$$I_{380} = \frac{P_1}{\sqrt{3}U \cos \varphi} = \frac{7059}{1,73 \cdot 380 \cdot 0,8} \text{ A} = 13,4 \text{ A}$$

Činný proud

$$I_{380\epsilon} = I_{380} \cos \varphi = 13,4 \cdot 0,8 \text{ A} \doteq 10,7 \text{ A}$$

Z tabulek

$$\sin \varphi = 0,6$$

Jalový proud

$$I_{380j} = I_{380} \sin \varphi = 13,4 \cdot 0,6 \text{ A} \doteq 8 \text{ A}$$

Proud odebíraný při napětí $3 \times 220 \text{ V}$, jsou-li fáze elektromotoru spojeny do trojúhelníka, je

$$I_{220} = \frac{P_1}{\sqrt{3}U \cos \varphi} = \frac{7059}{1,73 \cdot 220 \cdot 0,8} \text{ A} \doteq 23,2 \text{ A}$$

Činný proud

$$I_{220\epsilon} = I_{220} \cos \varphi = 23,2 \cdot 0,8 \text{ A} \doteq 18,6 \text{ A}$$

Jalový proud

$$I_{220j} = I_{220} \sin \varphi = 23,2 \cdot 0,6 \text{ A} \doteq 13,9 \text{ A}$$

Zdánlivý příkon

$$S_1 = \sqrt{3}U_{380}I_{380} = 1,73 \cdot 380 \cdot 13,4 \text{ V} \cdot \text{A} = 8809 \text{ V} \cdot \text{A} \doteq 8,8 \text{ kV} \cdot \text{A}$$

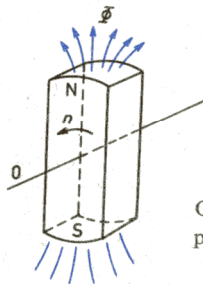
$$S_1 = \sqrt{3}U_{220}I_{220} = 1,73 \cdot 220 \cdot 23,2 \text{ V} \cdot \text{A} = 8809 \text{ V} \cdot \text{A} \doteq 8,8 \text{ kV} \cdot \text{A}$$

Jalový příkon

$$Q_{380} = Q_{220} = S_1 \sin \varphi = 8,8 \cdot 0,6 \text{ kvar} \doteq 5,3 \text{ kvar}$$

7.23. TOČIVÉ MAGNETICKÉ POLE

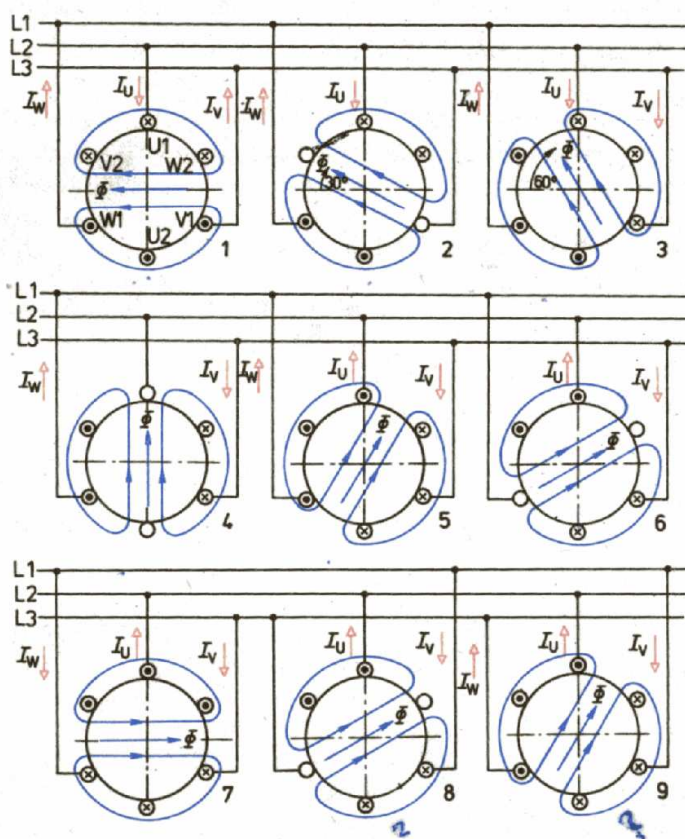
Budeme-li trvalým magnetem otáčet kolem osy (obr. 233), bude se otáčet také magnetické pole. Takovému magnetickému poli říkáme točivé magnetické pole. Je to magnetické pole, které plynule mění svůj směr, ale jeho velikost a průběh se nemění.



Obr. 233. Točivé magnetické pole stálého magnetu

Podobné točivé magnetické pole vzniká působením trojfázového proudu ve vinutí statoru za předpokladu, že cívky jednotlivých fází jsou posunuty stejně, jako jsou vzájemně posunuty časové průběhy přivedených proudů, tj. o 120° .

Vznik točivého magnetického pole vysvětlíme podle obr. 234. Na obrázku je sator synchronního stroje znázorněn zjednodušeně, neboť vinutí, které je rovnoměrně rozloženo na obvodu stroje podél vzduchové mezery, je znázorněno pouze jedním závitem. Začátky vinutí U1, V1, W1 jsou připojeny na trojfázovou síť L1, L2, L3 a jejich konce U2, V2, W2 jsou spojeny do jednoho uzlu. Vinutí je tedy spojeno do hvězdy, ale mohlo by být spojeno do trojúhelníku a v dutině satoru by také vzniklo točivé magnetické pole. Na obr. 235 je zobrazen časový průběh trojfázového proudu během jedné periody. Na tomto obrázku je čísla 1 až 13 vyznačeno třináct okamžiků a na obr. 234 jsou v jednotlivých obrázcích zakresleny směry proudů v jednotlivých fázích pro okamžiky 1 až 9. Za kladný směr proudu



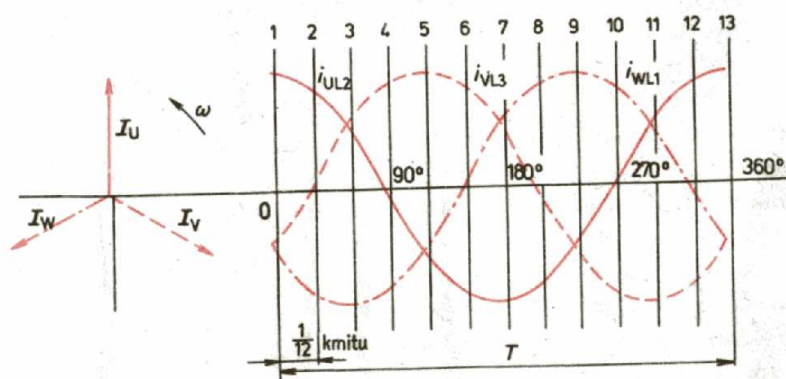
Obr. 234. Vznik točivého magnetického pole

v každé fázi volíme proud od začátku fáze ke konci fáze. Je-li směr proudu kladný, jde proud na začátku fáze za nákresnu (od nás). Má-li proud opačný směr, jde proud na začátku před nákresnu (k nám).

Podle této dohody sledujeme obr. 234/1, tj. okamžik 1. Proud ve fázi U je kladný a maximální, proudy ve fázích V a W jsou opačného směru a jejich hodnota se rovná polovině maximální hodnoty. Proudů ve všech vodičích vinutí nad vodorovnou osou jdou za nákresnu, pod vodorovnou osou jdou před nákresnu. Vinutí statoru tvoří vlastně cívku, jejíž osa je v tomto okamžiku ve vodorovné poloze. Směr výsledného toku Φ je na obr. 234/1 zakreslen a určíme jej podle Ampérova pravidla pravé ruky pro cívku.

V okamžiku 2, tj. o $1/12$ periody později, je proud ve fázi V nulový a proudy ve fázích U, W jsou stejně velké, ale opačného smyslu. Směr těchto proudů v trojfázovém vinutí je zakreslen na obr. 234/2. Výsledný magnetický tok Φ je pootočen o 30° , tj. o $1/12$ obvodu proti směru magnetického pole v okamžiku 1, a to ve směru pohybu hodinových ručiček. Při dalším sledování magnetického pole podle obr. 234/3 až 234/7 zjistíme, že výsledný magnetický tok zůstává stálý a úhel natočení se vždy zvětší o 30° . Za jednu periodu se tedy otočí magnetické pole o jednu otáčku. Při kmitočtu f se otočí za 1 sekundu n krát, tj. $n = f$.

Ve dvoupólovém generátoru se indukuje ve vinutí statoru jeden kmit napětí za jednu otáčku, tj. za dobu, kdy pod vinutím proběhne severní a jižní pól (tj. jeden pár pólů, jedna dvojice pólů). U mnohopólového stroje se indukuje na jednu otáčku rotoru napětí s p kmity, označíme-li p počet pólových dvojic.



Obr. 235. Znárodnění časového průběhu střídavého trojfázového proudu

Magnetické pole má u mnohopólového stroje otáčky $n = f/p$. Otáčky ale obvykle udáváme v jednotce min^{-1} . Protože $1 \text{ min} = 60 \text{ s}$, můžeme vztah pro otáčky upravit na

$$n = \frac{60f}{p}$$

kde f je kmitočet,

p počet pólových dvojic.

Na obr. 234/8 a 234/9 jsou přívody k fázím V a W vzájemně zaměněny a to má za následek změnu směru proudů ve vinutí statoru. Magnetické pole se potom otáčí opačně než na obr. 234/1 až 234/7.

Točivé magnetické pole vznikne ve statoru s trojfázovým vinutím ihned po připojení na trojfázovou soustavu a umožňuje jednoduchou konstrukci asynchronních motorů.