

Aula Nro: 12

Motores Síncronos

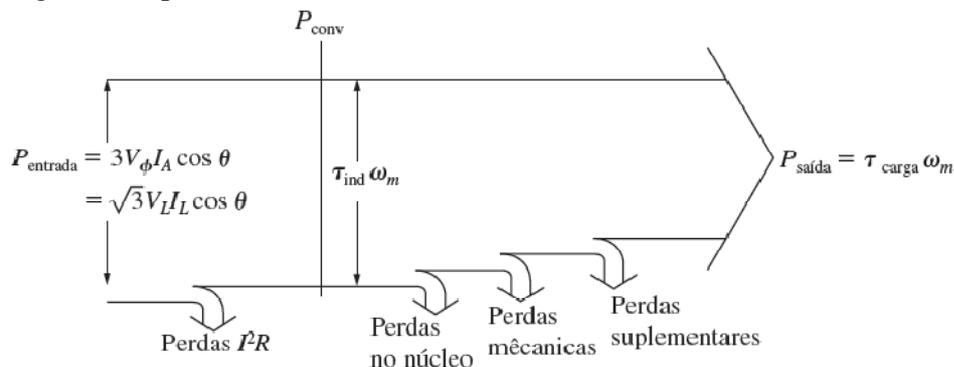
Princípio de funcionamento: Aplicando correntes trifásicas ao estator, produzirá um campo girante no entreferro (B_s). Por outro lado aplicando corrente contínua no circuito do rotor da máquina síncrona, este produzirá um outro campo que acompanhará o campo do estator. O princípio básico é que o rotor “persegue” o campo magnético do estator.

Como o motor síncrono é fisicamente igual gerador síncrono, todas as equações básicas de velocidade, potência e conjugado são iguais. A única diferença é que agora a corrente (fluxo de potência) ingressa na máquina.

A rotação está dada pela equação:

$$n_m = \frac{120f_e}{p}$$

O diagrama de potência é:



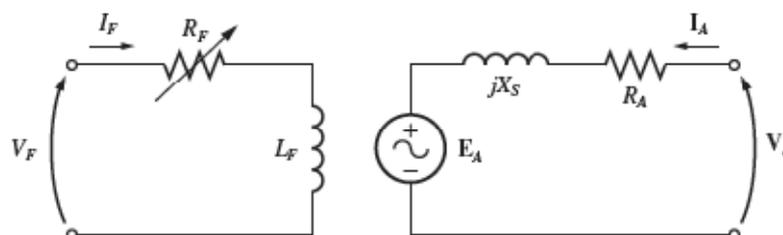
$$P_{\text{entrada}} = P_{\text{saída}} + P_{\text{mec}} + P_{\text{pH\&F}} + P_{\text{pcobre}}$$

P_{mec} potência de perdas mecânicas

$P_{\text{pH\&F}}$ potência de perdas mecânicas

P_{pcobre} potência de perdas no cobre.

Circuito equivalente monofásico e diagrama fasorial



$$E_A = V_{\phi} - jX_S I_A - R_A I_A$$

$$V_{\phi} = E_A + jX_S I_A + R_A I_A$$

Diagrama Fasorial

f.d.p. adiantado	f.d.p. = 1	a) f.d.p. atrasado

Potência e Torque induzido:

$$P_{ent3\phi} = 3 \cdot \frac{V_{\phi} \cdot E_A}{X_S} \text{sen } \delta$$

$$\tau_{ind3\phi} = 3 \cdot \frac{V_{\phi} \cdot E_A}{\omega_S \cdot X_S} \text{sen } \delta$$

$$\tau_{ind3\phi(max)} = 3 \cdot \frac{V_{\phi} \cdot E_A}{\omega_S \cdot X_S}$$

Obs: Se o torque no eixo (devido à carga) for maior ao torque induzido, o motor desacelera e o campo magnético do estator ultrapassa repetidamente ao campo do rotor e o sentido do torque muda em cada ultrapassagem. O motor perde sincronismo e pode vibrar severamente. Este fenômeno é conhecido como “pólos deslizantes” ou “salto de pólos”.

Efeito da mudança de carga no motor síncrono

O que acontece aumentando a carga no motor síncrono mantendo fixa a corrente de campo?

Exemplo:

Um motor síncrono 60Hz, 208V, f.d.p. = 0,8, 45kVA, ligado em Δ possui uma reatância síncrona de $2,5\Omega$ e resistência de armadura desprezível. As perdas por atrito e ventilação são 1,5kW, perdas no núcleo 1kW. Inicialmente o eixo tem uma carga de 15HP e o f.d.p.=0,8↑ (adiantado).

- Esboce o diagrama fasorial do motor e determine I_A , I_L , E_A e δ .
- Suponha que a carga no eixo seja aumentada até atingir 30HP. Determine I_A , I_L , E_A e f.d.p. após a mudança.
- Qual o novo fator de potência?

$$a) P_{saída} = 15HP \cdot \frac{0,746kW}{HP} = 11,19kW$$

$$P_{ent} = P_{saída} + P_{pmec} + P_{pH\&F} + P_{pcobre}$$

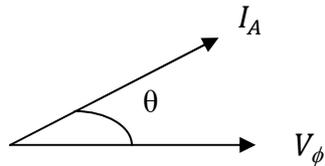
$$P_{ent} = 11,19 + 1 + 1,5 = 13,69 kW$$

$$I_L = \frac{P_{ent}}{\sqrt{3} \cdot V_L \cdot \cos \phi} = \frac{13690}{\sqrt{3} \cdot 208 \cdot 0,8} = 47,5 \text{ A}$$

Como está ligado em delta, a corrente de armadura é:

$$I_A = \frac{I_L}{\sqrt{3}} = \frac{47,5}{\sqrt{3}} = 27,4 \angle \cos^{-1} 0,8 = 27,4 \angle 36,87^\circ$$

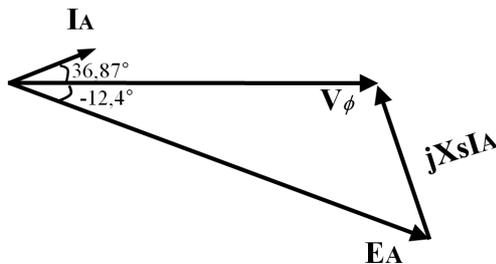
Como a ligação está em delta, a tensão de fase é igual a tensão de linha.



$$E_A = V_\phi - I_A \cdot X_s j$$

$$E_A = 208 \angle 0^\circ - 27,4 \angle 36,87^\circ \cdot 2,5 j$$

$$E_A = 255,56 \angle -12,407^\circ$$



d) Após o acréscimo de carga:

$$P_{saída} = 30 \text{ HP} \cdot \frac{0,746 \text{ kW}}{\text{HP}} = 22,38 \text{ kW}$$

$$P_{ent} = P_{saída} + P_{pmec} + P_{pH\&F} + P_{pcobre}$$

$$P_{ent} = 22,38 + 1 + 1,5 = 24,880 \text{ kW}$$

Como E_A é constante devido a que não muda a corrente de campo

$$P_{ent} = 3 \cdot \frac{V_\phi E_A}{X_s} \sin \delta = P_{convertida} \text{ (devido a que } R_A=0)$$

$$\delta' = \sin^{-1} \left(\frac{P_{ent} \cdot X_s}{3 \cdot V_\phi E_A} \right) = \sin^{-1} \frac{24880 \cdot 2,5}{3 \cdot 208 \cdot 255,56} = 23^\circ$$

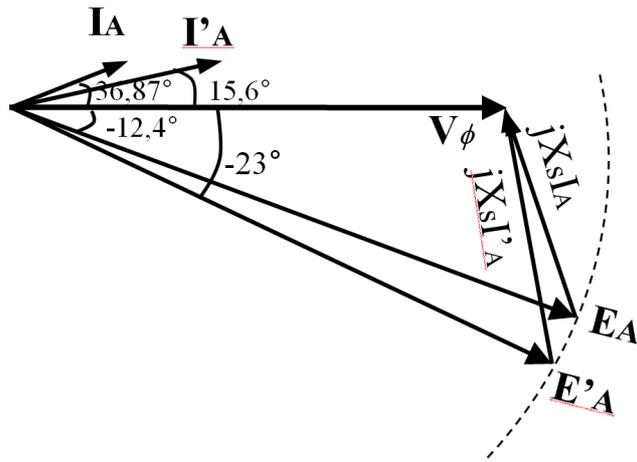
$$E_A = 255,56 \angle -23^\circ$$

A corrente pode ser determinada a partir de:

$$I'_A = \frac{V_\phi - E_A'}{X_s j} = \frac{208 \angle 0^\circ - 255,56 \angle -23^\circ}{j2,5} = 41,4 \angle 15,6^\circ$$

$$I_L = I'_A \sqrt{3} = 71,71 \text{ A}$$

e) f.d.p. = $\cos(15,16^\circ) = 0,965^\circ \uparrow$ (ficou menos capacitivo)



I_F constante, implica em E_A constante

$\delta \uparrow$

$\tau_{ind} \uparrow$

$I = I_A \uparrow$

$\theta \downarrow$

fdp = $\cos \theta \uparrow$ ficou menos capacitivo ou **mais indutivo**

Conclusão: aumentando a carga implica em $\delta \uparrow$ e o fdp é menos capacitivo.

Próxima Aula:

-Efeitos da corrente de campo no motor síncrono.

-Técnicas de partidas do motor síncrono.