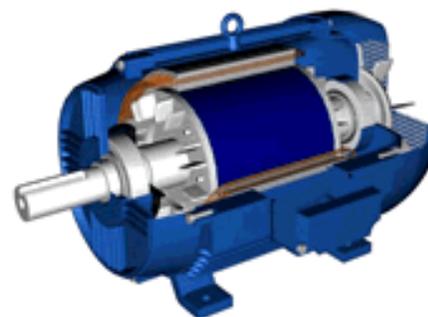
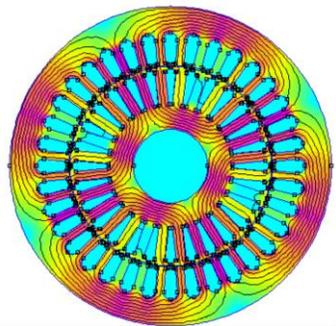
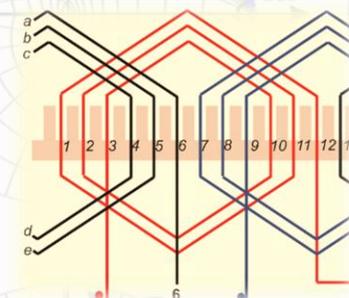




Expressão do conjugado de uma máquina síncrona de polos lisos

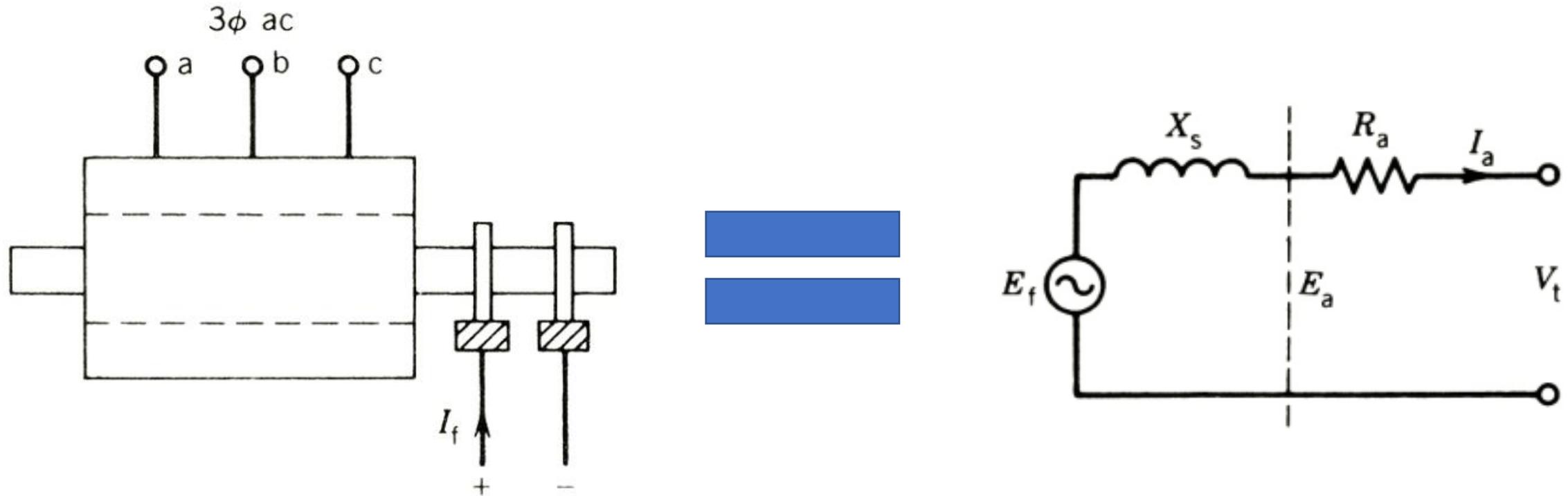
Prof. Allan Fagner Cupertino
afcupertino@ieee.org



<http://www.semage.com.br/calternada.ph>

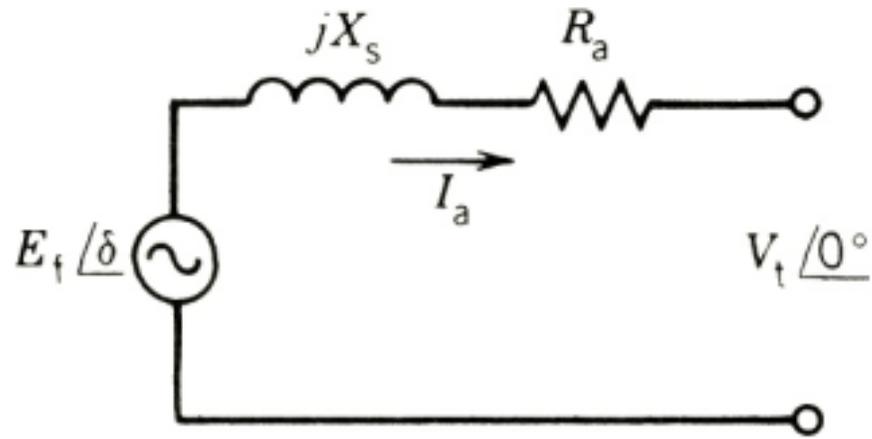


Circuito equivalente da máquina síncrona



Fonte: P. C. Sen. "Principles of Electrical Machines and Power Electronics".

Ensaio para determinação dos parâmetros



$$V_t = |V_t| \underline{/0^\circ}$$

$$E_f = |E_f| \underline{/\delta}$$

$$Z_s = R_a + jX_s = |Z_s| \underline{/\theta_s}$$

$$S = V_t I_a^*$$

$$I_a^* = \left| \frac{E_f - V_t}{Z_s} \right|^* = \frac{E_f^*}{Z_s^*} - \frac{V_t^*}{Z_s^*} = \frac{|E_f| \underline{/-\delta}}{|Z_s| \underline{/-\theta_s}} - \frac{|V_t| \underline{/0^\circ}}{|Z_s| \underline{/-\theta_s}} = \frac{|E_f|}{|Z_s|} \underline{/\theta_s - \delta} - \frac{|V_t|}{|Z_s|} \underline{/\theta_s}$$

Fonte: P. C. Sen. "Principles of Electrical Machines and Power Electronics".

Potência ativa e reativa em uma fase da máquina

$$S = \frac{|V_t||E_f|}{|Z_s|} \underline{\angle \theta_s - \delta} - \frac{|V_t|^2}{|Z_s|} \underline{\angle \theta_s} = P + jQ$$

$$P = \frac{|V_t||E_f|}{|Z_s|} \cos(\theta_s - \delta) - \frac{|V_t|^2}{|Z_s|} \cos \theta_s$$

$$Q = \frac{|V_t||E_f|}{|Z_s|} \sin(\theta_s - \delta) - \frac{|V_t|^2}{|Z_s|} \sin \theta_s$$

Potência trifásica – expressão aproximada

- ❑ Tipicamente, $R_a \ll X_s$;
- ❑ Portanto, $Z_s \approx X_s$ e $\theta_s \approx 90^\circ$;
- ❑ Neste caso:

$$P = \frac{|V_t||E_f|}{|Z_s|} \cos(\theta_s - \delta) - \frac{|V_t|^2}{|Z_s|} \cos \theta_s$$

$$Q = \frac{|V_t||E_f|}{|Z_s|} \sin(\theta_s - \delta) - \frac{|V_t|^2}{|Z_s|} \sin \theta_s$$

$$P_{3\phi} = \frac{3|V_t||E_f|}{|X_s|} \sin \delta$$

$$Q_{3\phi} = \frac{3|V_t||E_f|}{|X_s|} \cos \delta - \frac{3|V_t|^2}{|X_s|}$$

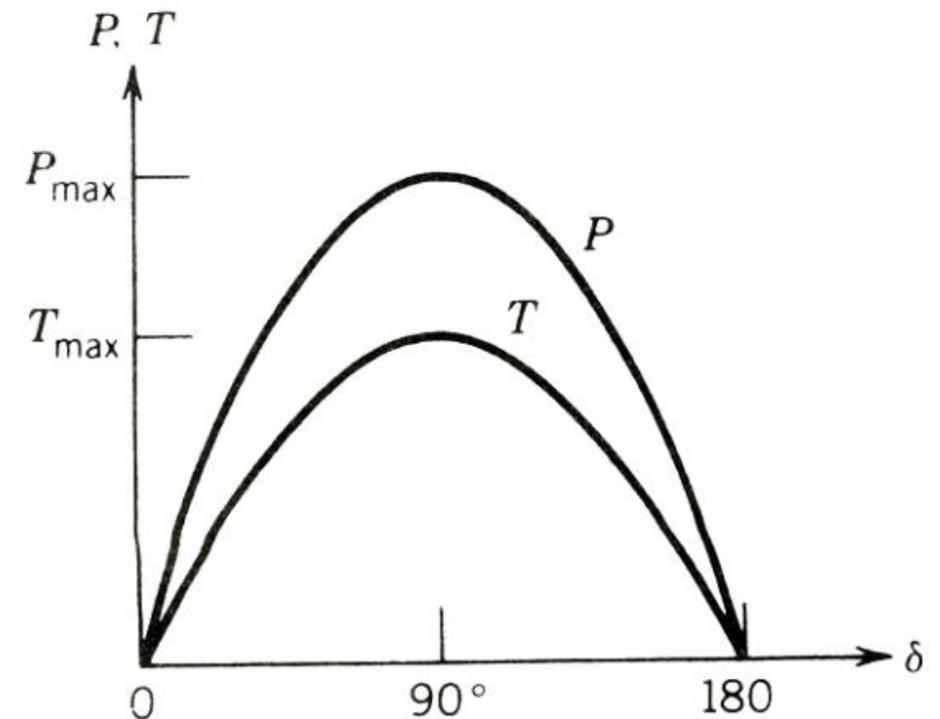
Note que a transferência de potência depende do ângulo δ . Por este motivo, este é usualmente referido como ângulo de potência.

Conjugado desenvolvido (eletromagnético)

$$P_{3\phi} = \frac{3|V_t||E_f|}{|X_s|} \sin \delta$$

- ❑ Como a perda de estator foi desprezada, a potência calculada é a potência desenvolvida pela máquina;
- ❑ Neste caso, o conjugado será dado por:

$$T = \frac{P_{3\phi}}{\omega_s} = \frac{3}{\omega_s} \frac{|V_t||E_f|}{X_s} \sin \delta$$



Estabilidade de máquinas síncronas

❑ $\delta = 90^\circ \rightarrow$ Limite de estabilidade estática da máquina síncrona;

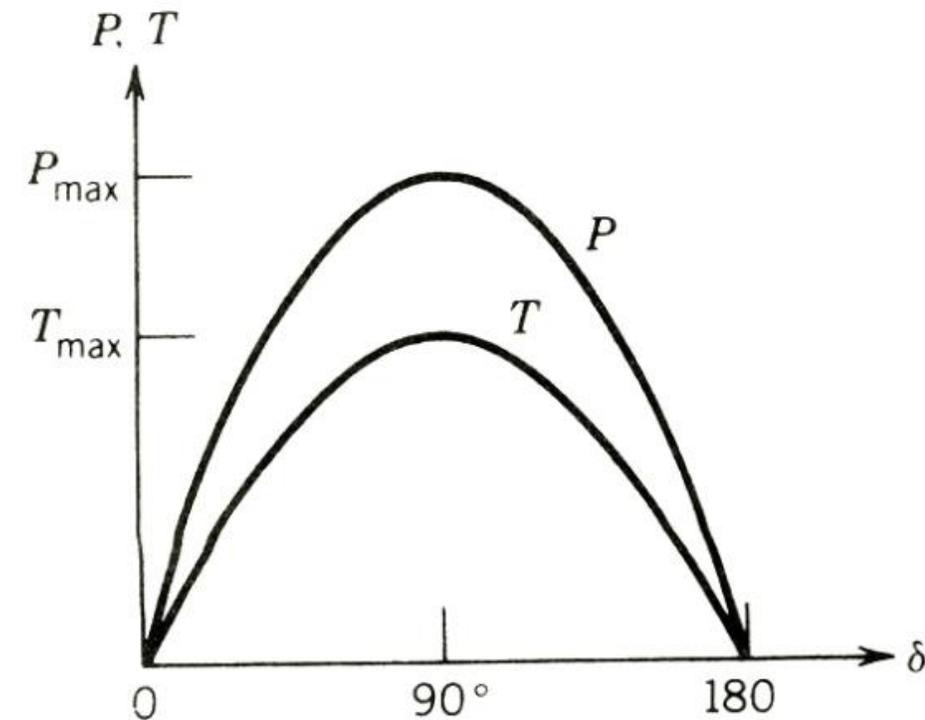
$$T = \frac{3}{\omega_s} \frac{|V_t||E_f|}{X_s} \sin \delta$$

❑ Perda de sincronismo!

❑ Note que o controle de excitação tem um papel importante;

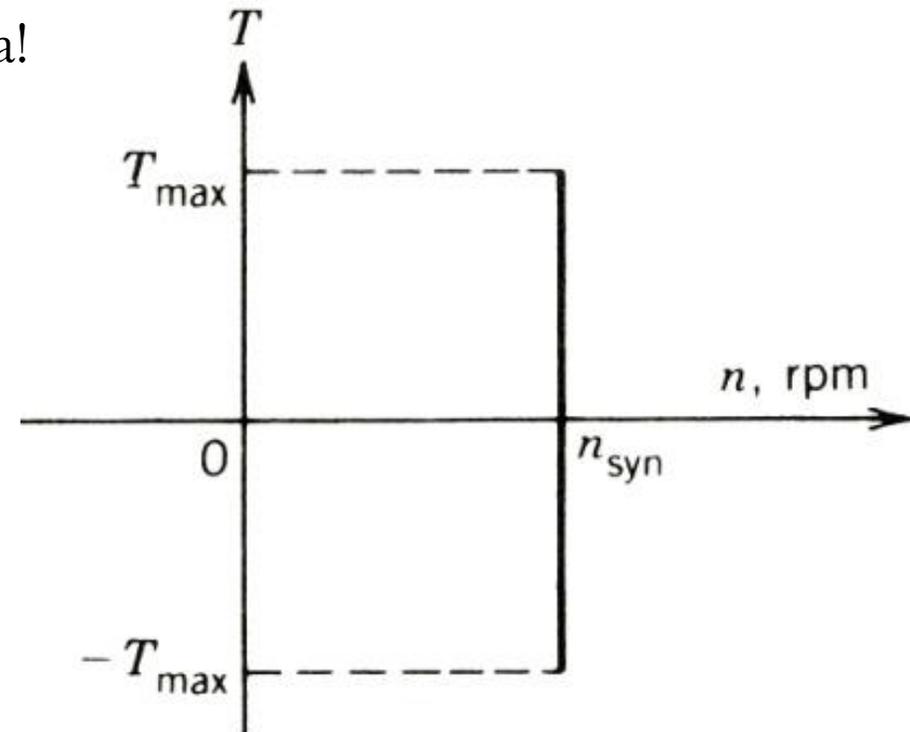
❑ Fenômeno importante em sistemas elétricos;

❑ Na prática, o limite de estabilidade é bem menor (



Curva de conjugado versus velocidade da máquina síncrona

- ❑ Em teoria, pode-se obter qualquer conjugado de 0 a T_{max} ;
- ❑ Além disso, a velocidade permanece na velocidade síncrona!
- ❑ Conclusão: A curva é uma reta vertical!
- ❑ Problema: partida do motor síncrono!



Obrigado pela Atenção



Bons estudos!



Dúvidas: afcupertino@ieee.org



www.gesep.ufv.br



@GESEP



@gesep_vicosa



Gesep



Pesquise por:
“GESEP UFV”



ES
Estimate - Sistemas
Fotovoltaicos



Pesquise por:
“Estimate”