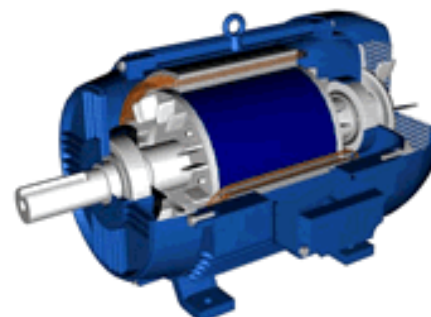
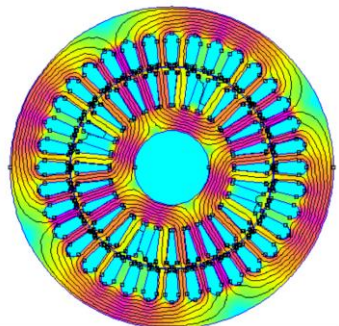
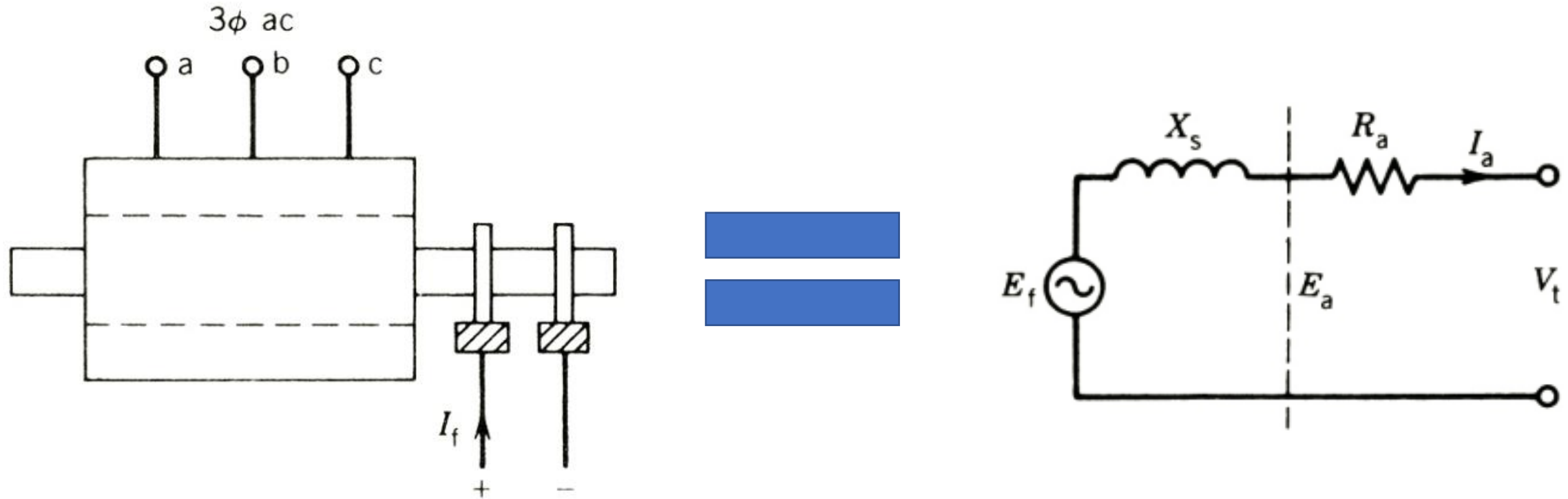


# Expressão do conjugado de uma máquina síncrona de polos lisos

Prof. Allan Fagner Cupertino  
[afcupertino@ieee.org](mailto:afcupertino@ieee.org)

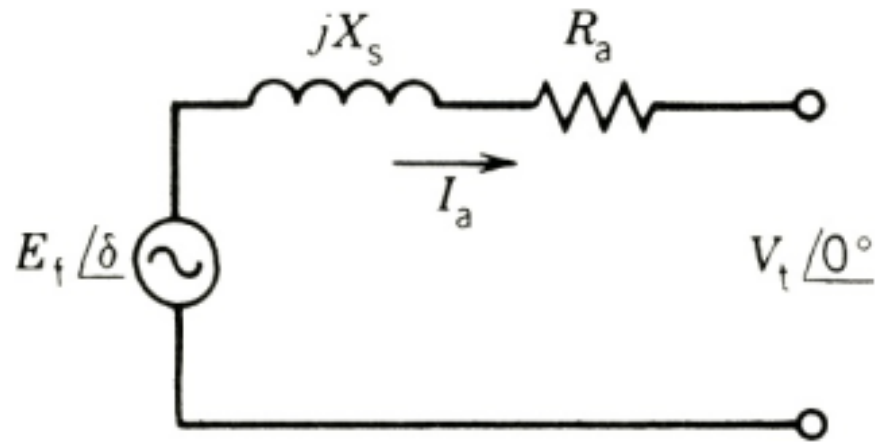


# Circuito equivalente da máquina síncrona



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:

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

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

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

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

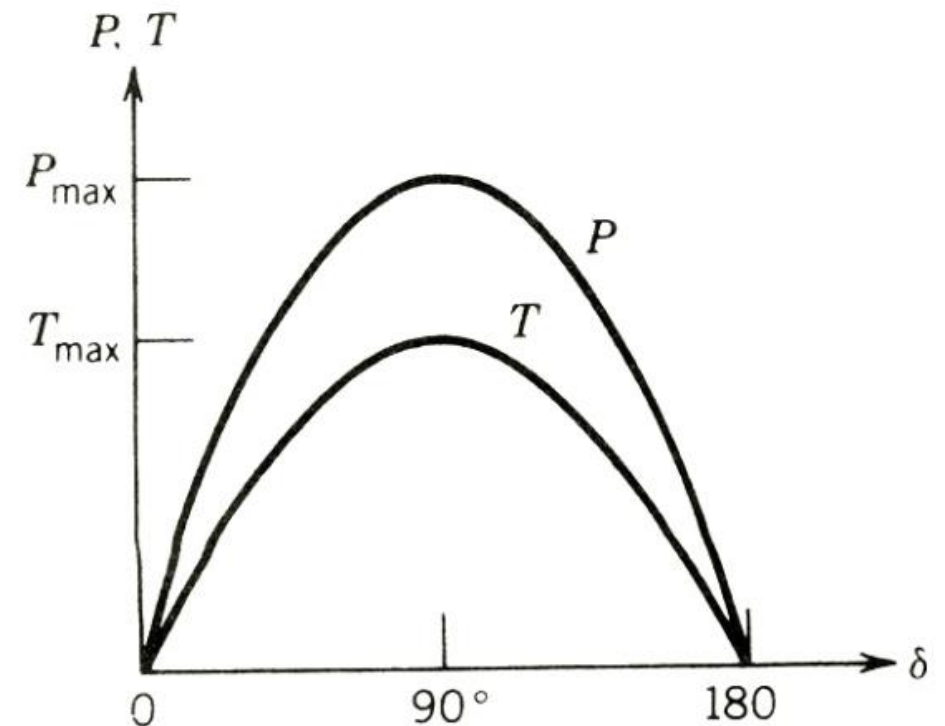
Note que a transferência de potência depende do ângulo  $\delta$ . Por este motivo, este é usualmente referido como ângulo de potência.

## 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;

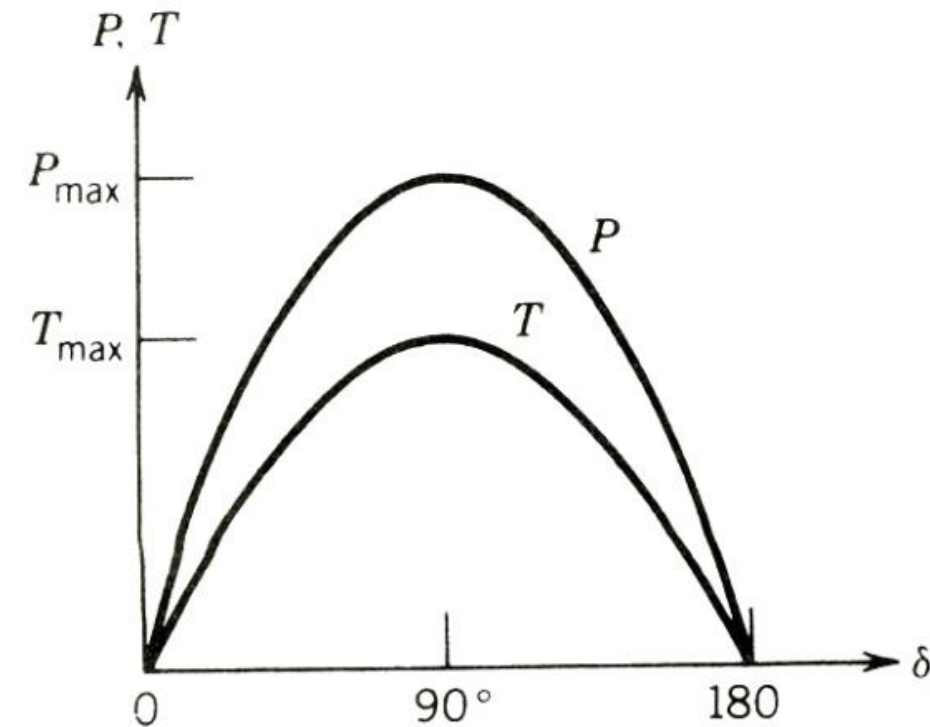
$$T = \frac{3}{\omega_s} \frac{|V_t||E_f|}{X_s} \sin \delta$$

❑ Perda de sincronismo!

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

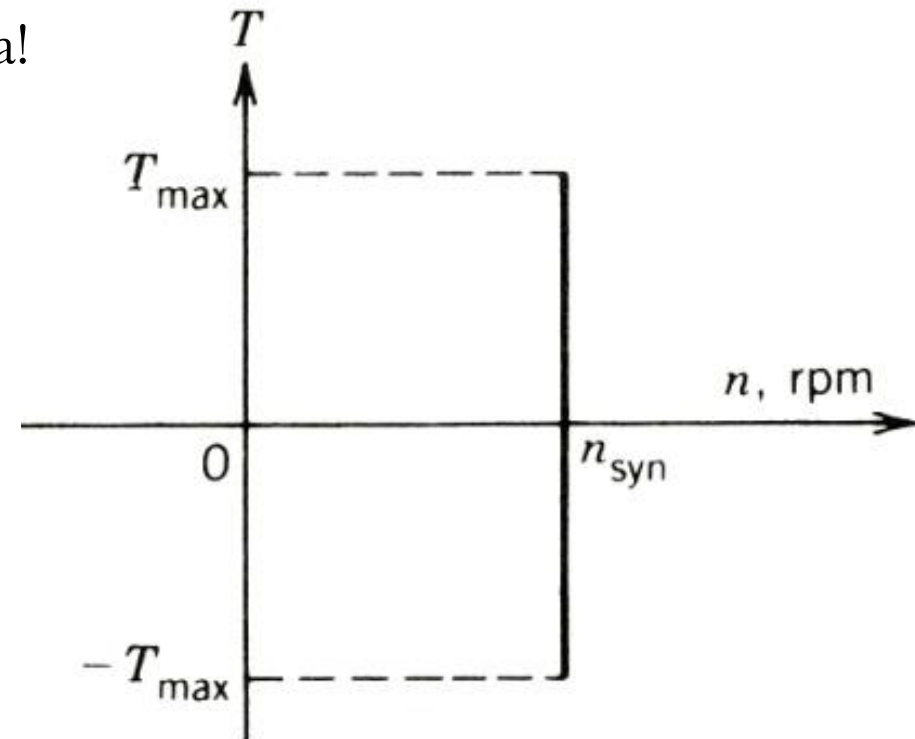
❑ Fenômeno importante em sistemas elétricos;

❑ 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](mailto:afcupertino@ieee.org)



[www.gesep.ufv.br](http://www.gesep.ufv.br)



@GESEP



@gesep\_vicosa



Gesep



Pesquise por:  
“GESEP UFV”



ES  
Estimate - Sistemas  
Fotovoltaicos



Pesquise por:  
“ESestimate”