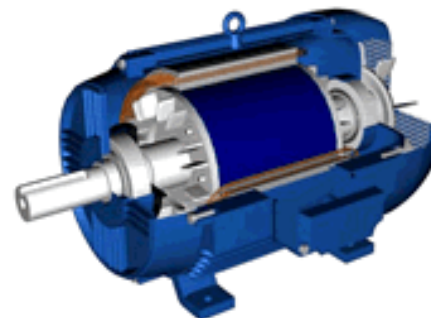
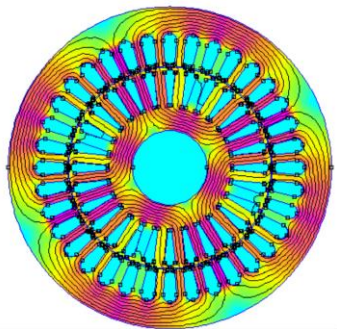
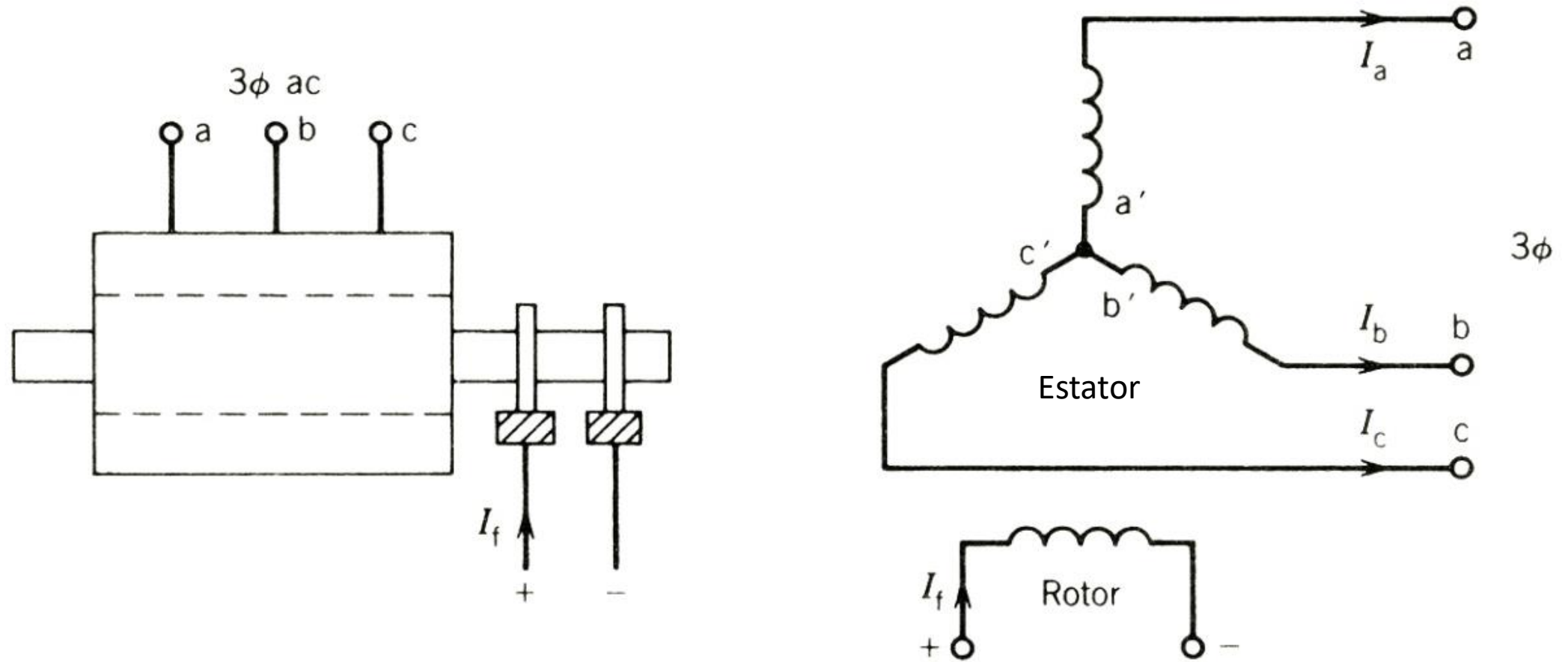


Circuito equivalente da máquina síncrona

Prof. Allan Fagner Cupertino
afcupertino@ieee.org

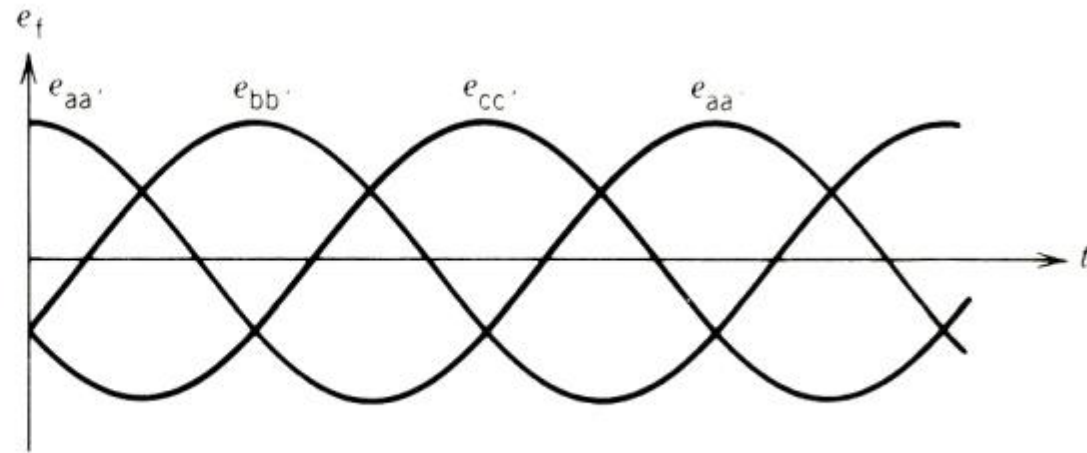
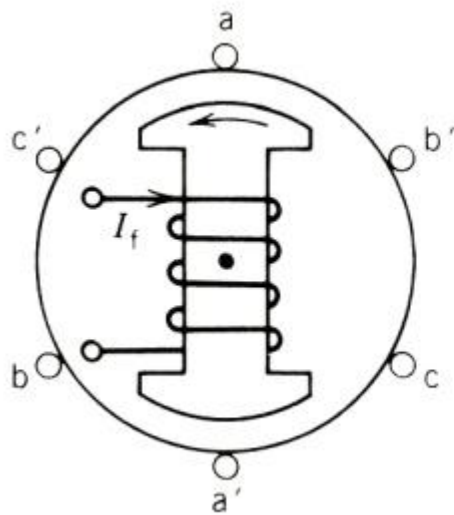


Estrutura interna da máquina síncrona



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

Tensão de excitação



$$E_f = K_a \Phi_f \omega_m$$

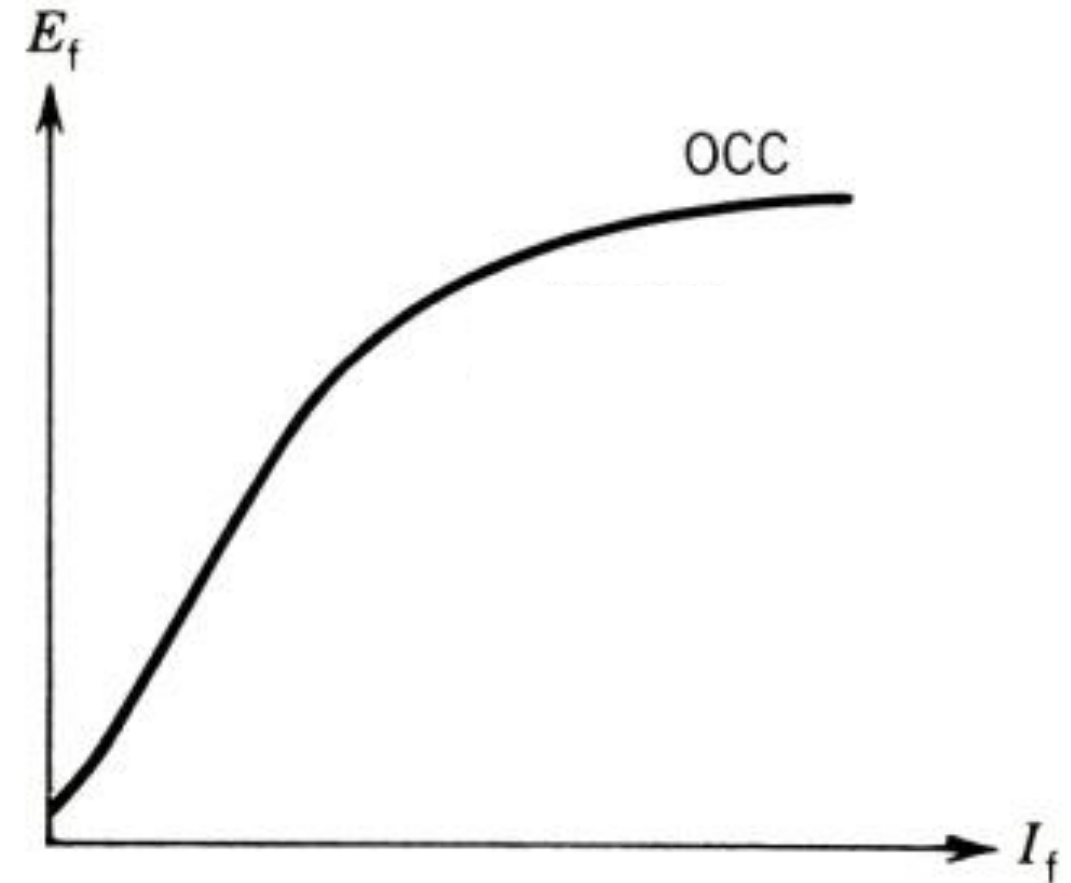
$$n_m = n_s = \frac{120 f}{p}$$

- ❑ K_f depende de aspectos construtivos da máquina (pode já incluir dispersão);
- ❑ Φ_f é o fluxo magnético gerado pela bobina do circuito de campo.

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

Característica em circuito aberto – gerador síncrono

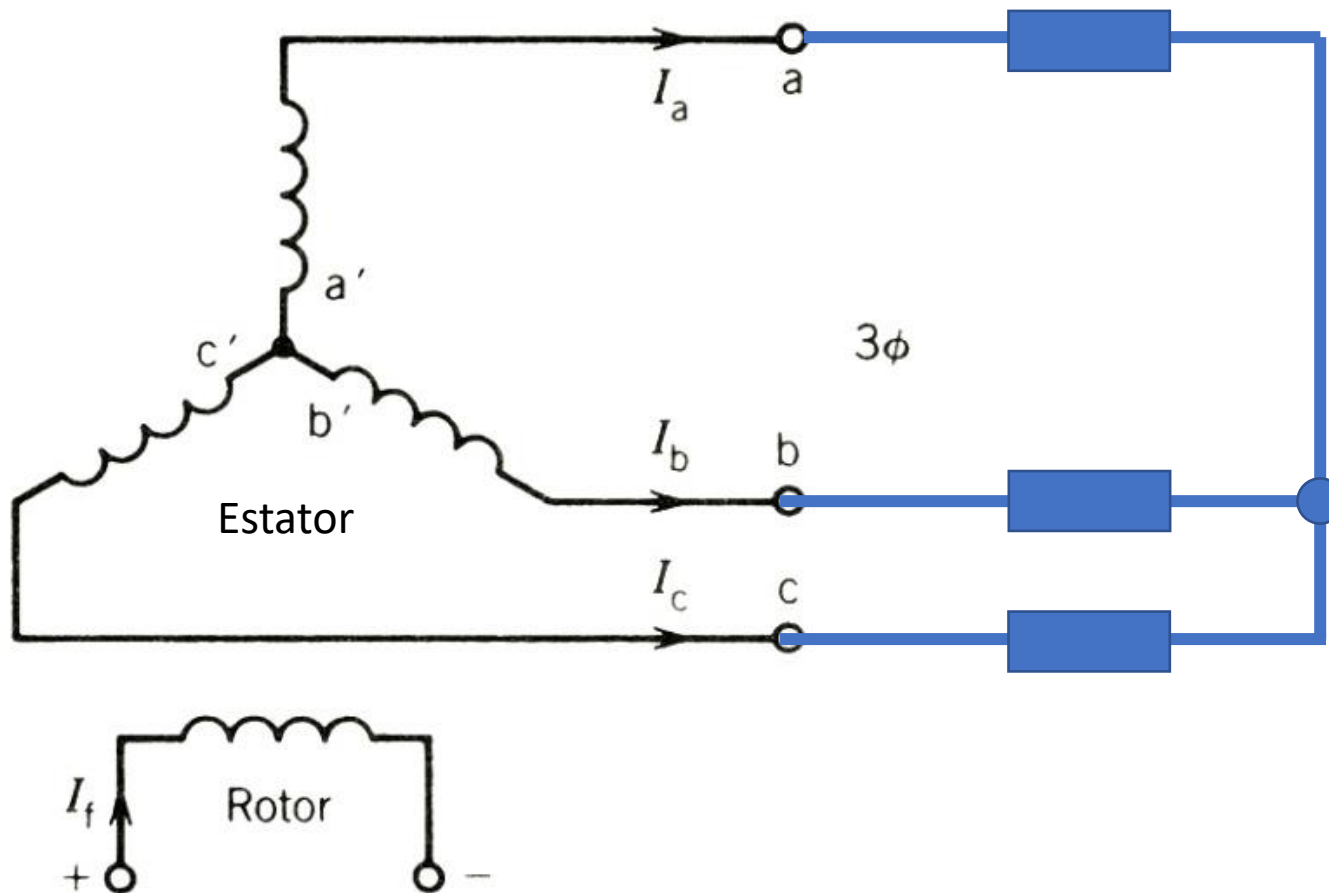
- ❑ Open-circuit characteristic (OCC);
- ❑ Curva obtida para uma velocidade constante;
- ❑ Presença de uma região linear ($\Phi_f \propto I_f$);
- ❑ Saturação do circuito magnético.



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

Efeito da corrente do estator

- Suponha agora que o estator da máquina é conectado a uma carga;



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

Efeito da corrente do estator

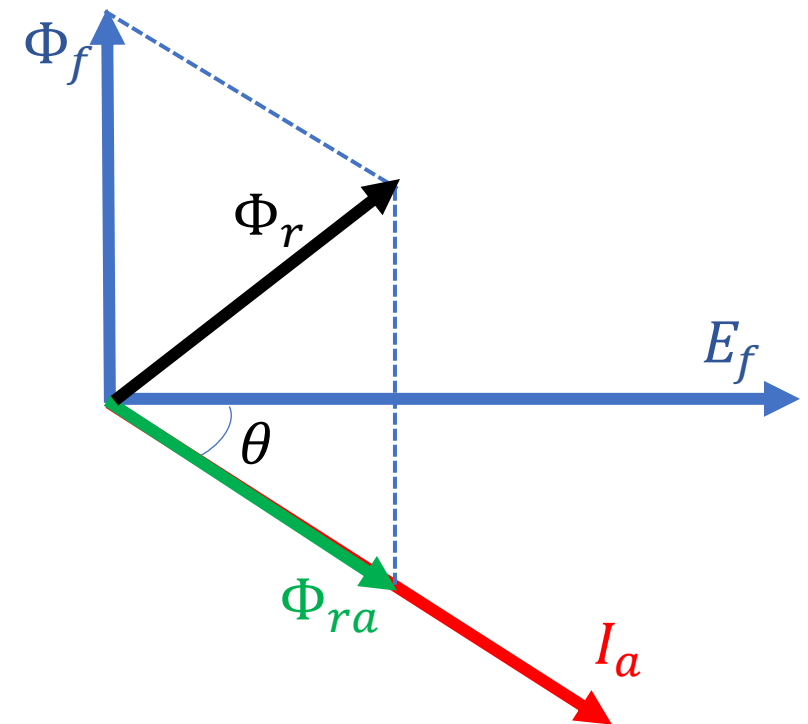
- ❑ Espera-se que ocorra dispersão nas bobinas de estator;
- ❑ Circulação da corrente na bobina gera um fluxo magnético;
- ❑ O fluxo resultante no entreferro da máquina é o valor resultante dos efeitos da corrente de armadura e da corrente de campo;
- ❑ Este efeito é conhecido como reação de armadura;
- ❑ Se não ocorrer saturação,

$$\Phi_r = \Phi_f + \Phi_{ar}$$

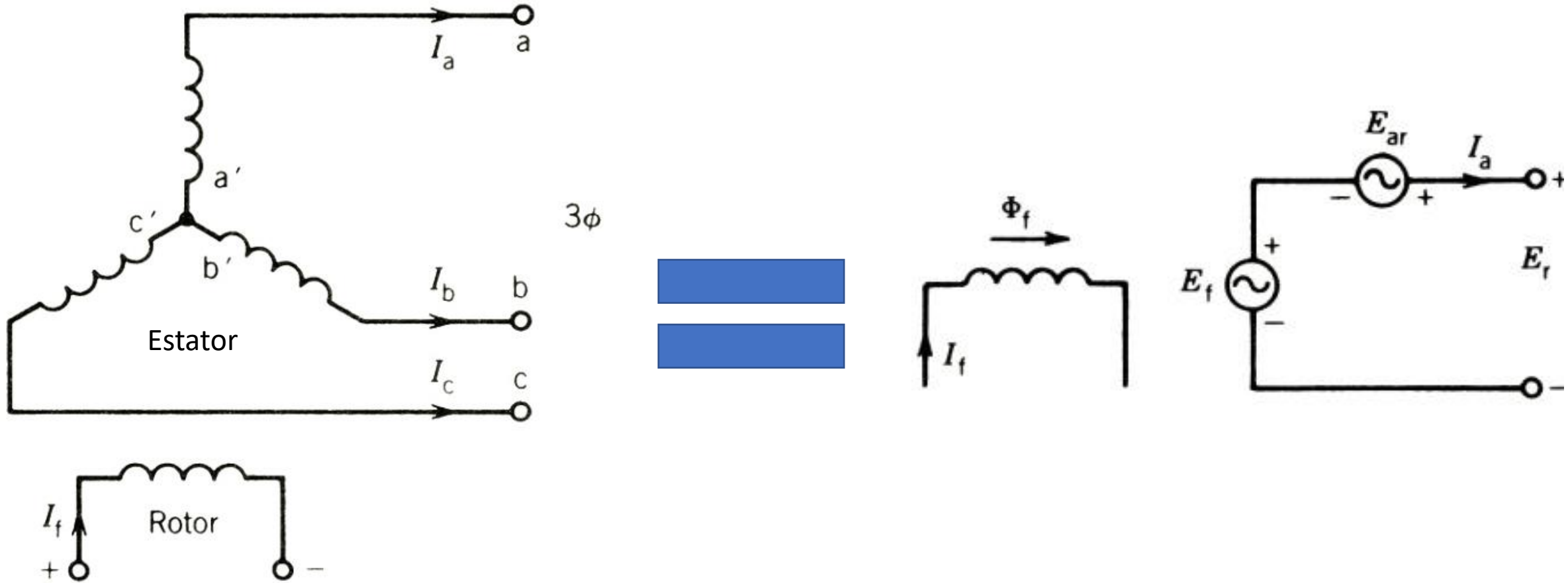
Diagrama fasorial

- ❑ Note que os fluxos resultantes apresentam a mesma frequência!
- ❑ Isto permite compreender os efeitos de reação de armadura por meio de um diagrama fasorial;
- ❑ Suponha a máquina alimentando uma carga com uma impedância $Z \angle \theta$.

$$\Phi_r = \Phi_f + \Phi_{ar}$$

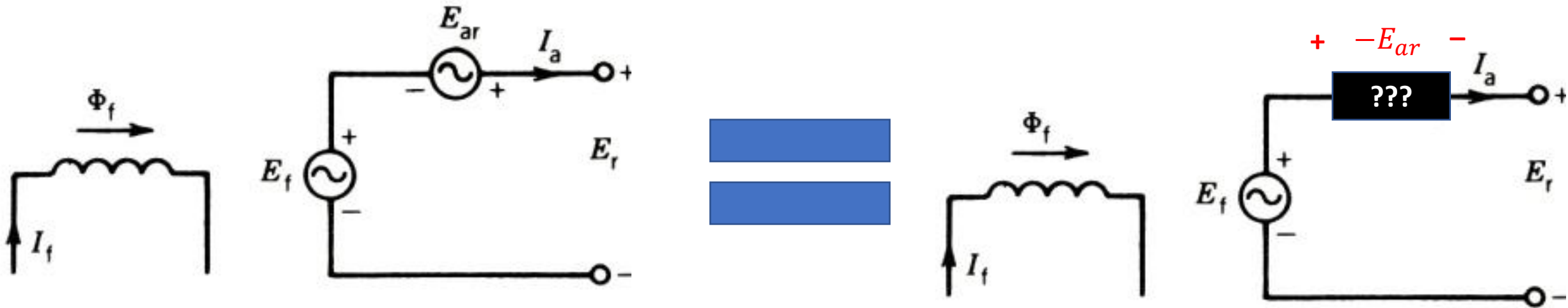


Efeito combinado – circuito de campo e armadura

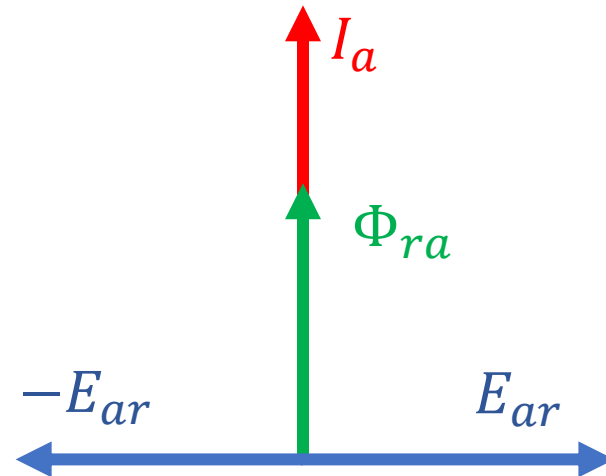


Fonte: P. C. Sen. "Principles of Electrical Machines and Power Electronics".

Modelo – reação de armadura

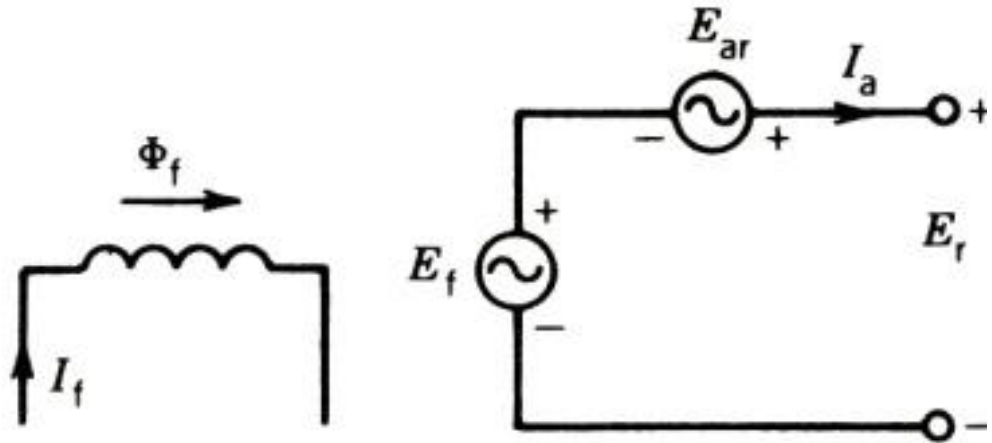


☐ Quem o element misterioso cuja queda de tensão é igual a $-E_{ar}$?



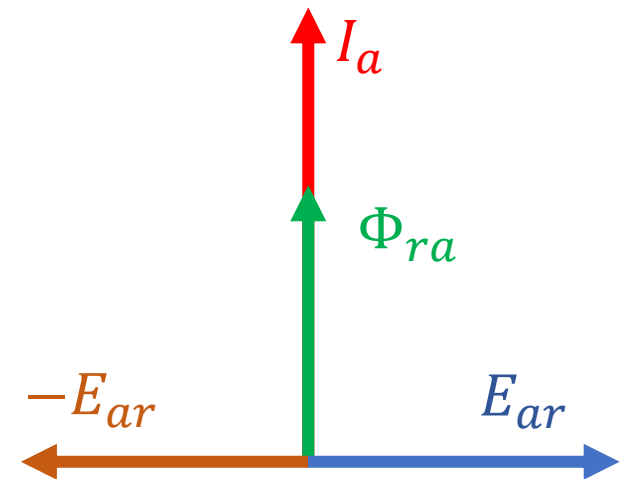
Fonte: P. C. Sen. "Principles of Electrical Machines and Power Electronics".

Modelo – reação de armadura



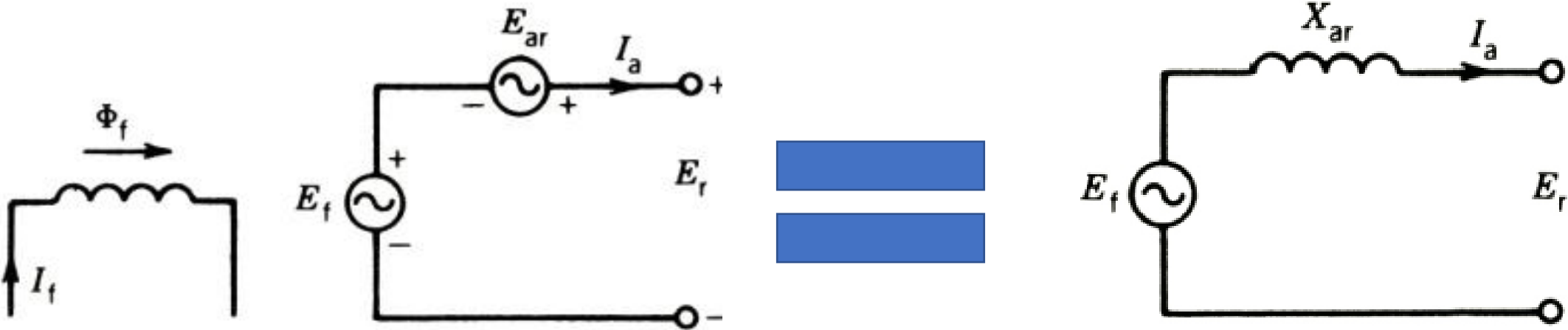
$$E_r = E_f + E_{ar} = E_f - (-E_{ar})$$

- ❑ Note que o fasor $-E_{ar}$ está 90 graus adiantado em relação a I_a ;
- ❑ Isto sugere o comportamento de um indutor!!!



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

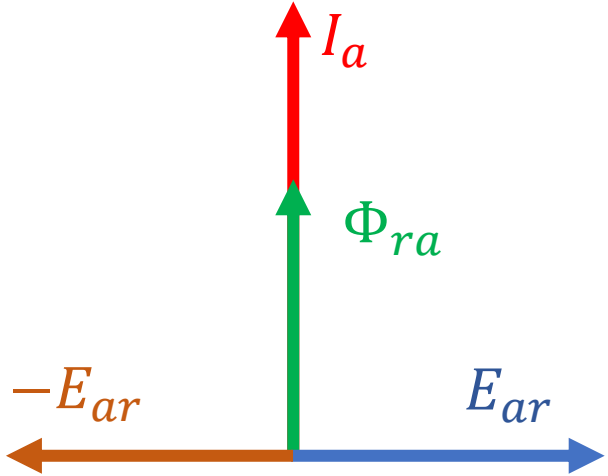
Modelo – reação de armadura



Portanto

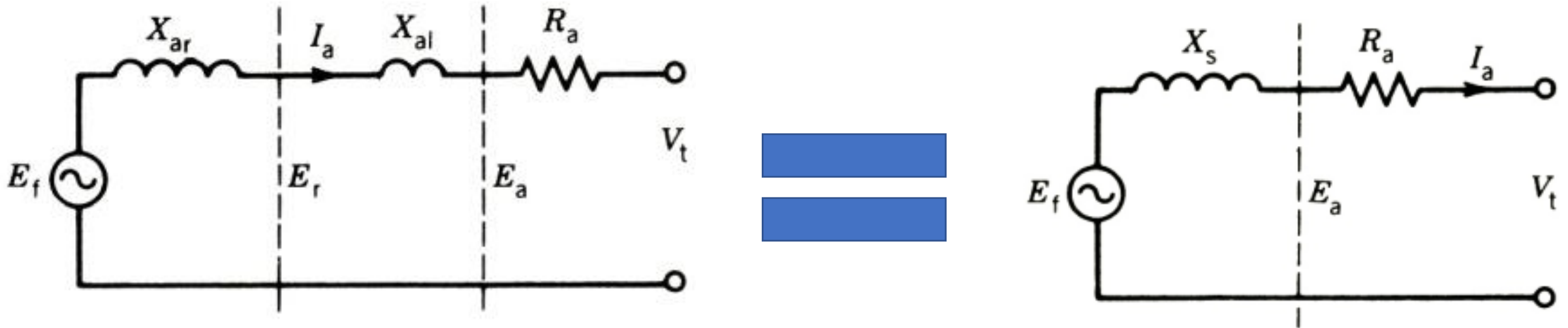
$$-E_{ar} = j X_{ar} I_a$$

$$E_r = E_f - j X_{ar} I_a$$



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

Circuito equivalente



- ❑ Inclusão do efeito de dispersão do fluxo no estator (X_{al});
- ❑ Inclusão da resistência da bobina de estator (R_a);
- ❑ Define-se a reatância síncrona como $X_s = X_{ar} + X_{al}$.

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

Valores típicos (por unidade)

	Dezenas de kVA	Dezenas de MVA
R_a	0.05–0.02	0.01–0.005
X_{al}	0.05–0.08	0.1–0.15
X_s	0.5–0.8	1.0–1.5

❑ Máquinas de potência maior apresentam:

- Menor resistência;
- Maior reatância;
- Maior dispersão.

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

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”