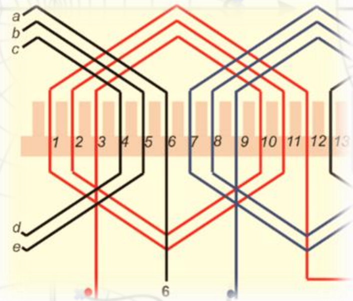
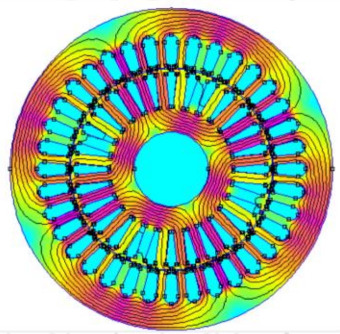
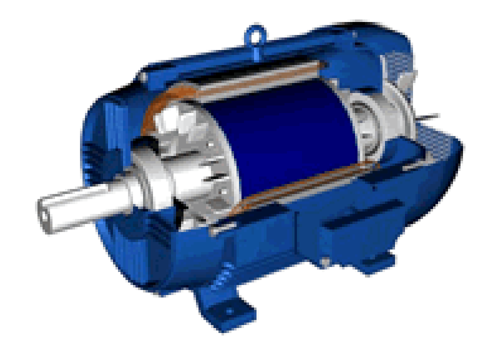


Máquina de corrente contínua operando como motor

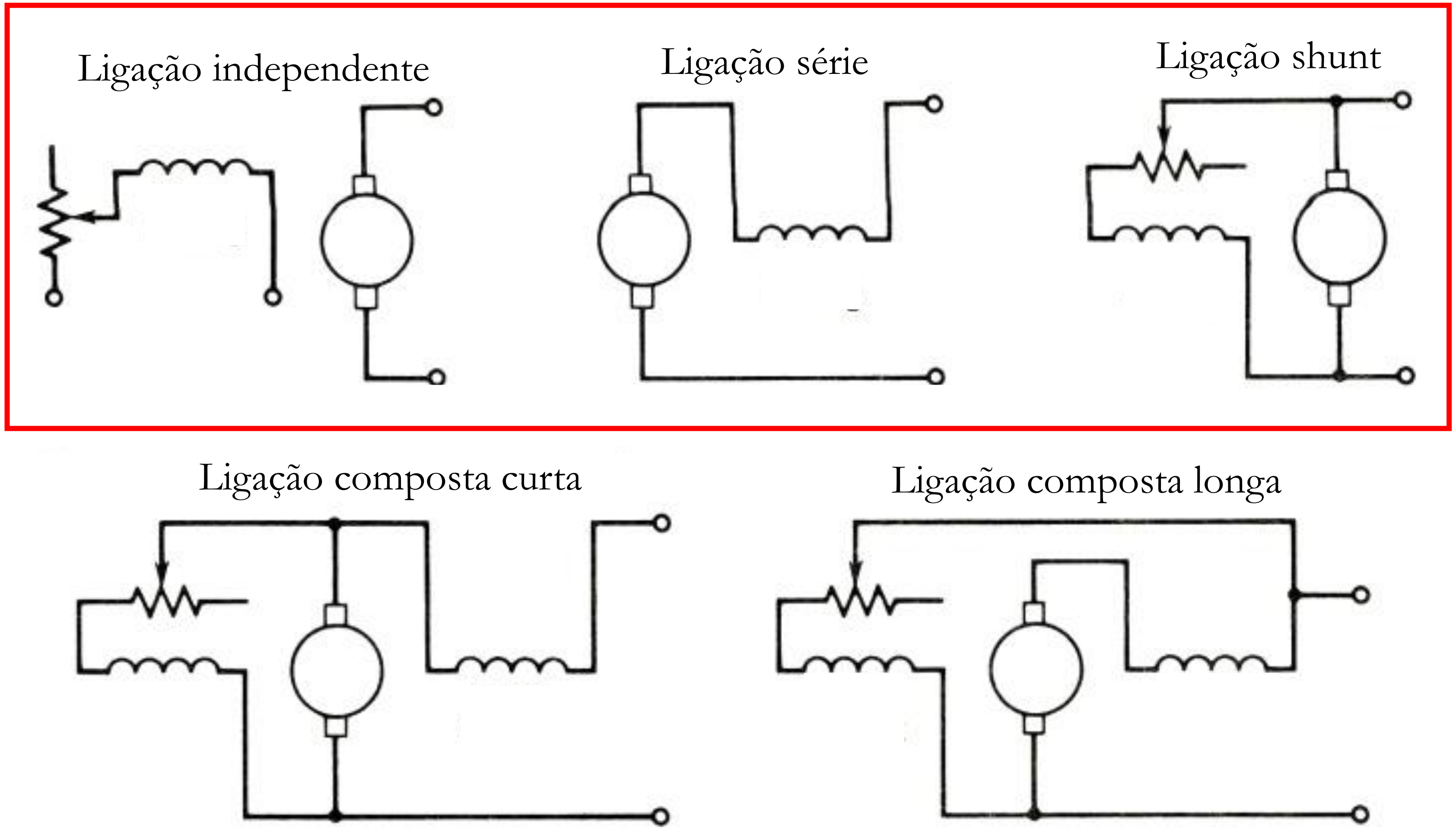
Prof. Allan Fagner Cupertino
afcupertino@ieee.org





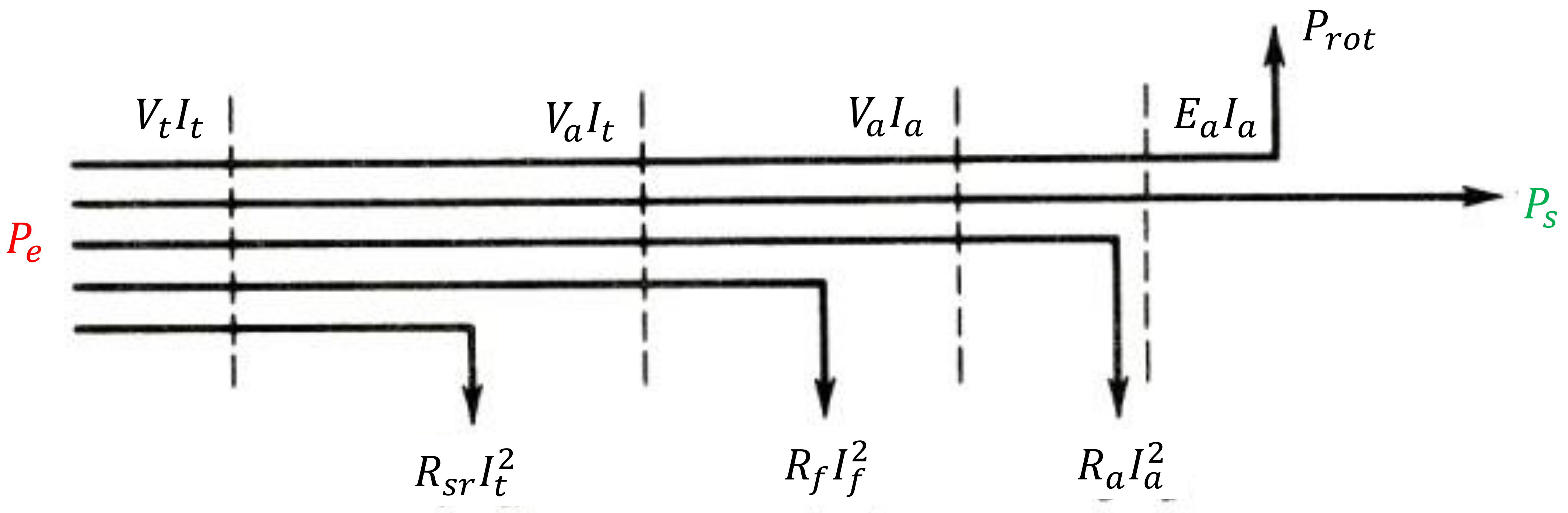
http://www.semage.com.br/calternada.php

Classificação das máquinas de corrente contínua



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

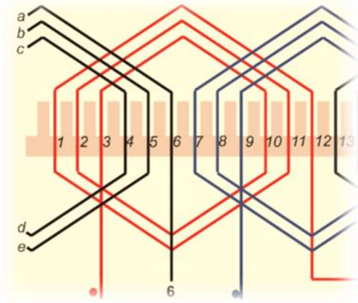
Fluxo de potência e eficiência de motores CC



$$\eta = 100 \times \frac{P_s}{P_e}$$

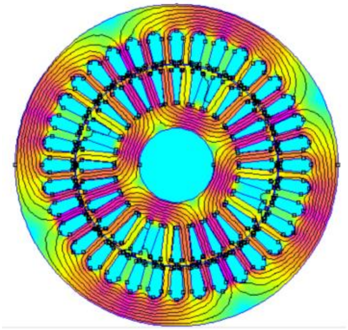
O diagrama de cálculo acima se refere a qual ligação de motor CC?

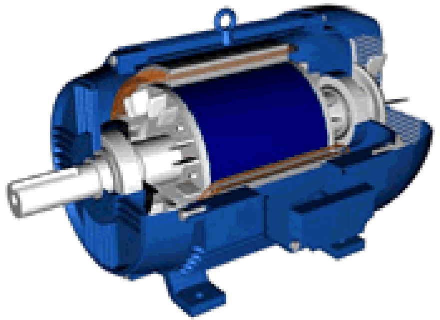
Fonte: P. C. Sen. "Principles of Electrical Machines and Power Electronics".



Ligação independente e shunt

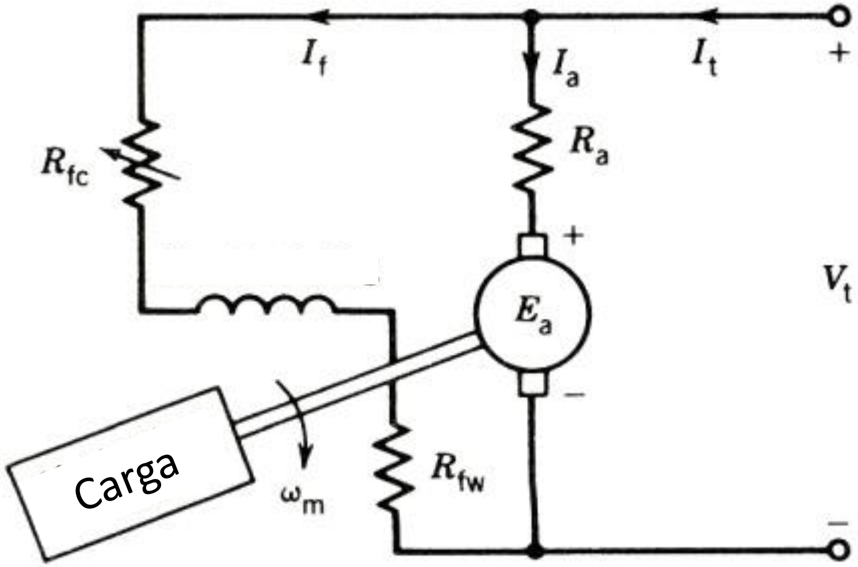
Prof. Allan Fagner Cupertino
afcupertino@ieee.org





http://www.semage.com.br/calternada.php

Motor CC com ligação shunt



$$V_t = I_a R_a + E_a$$

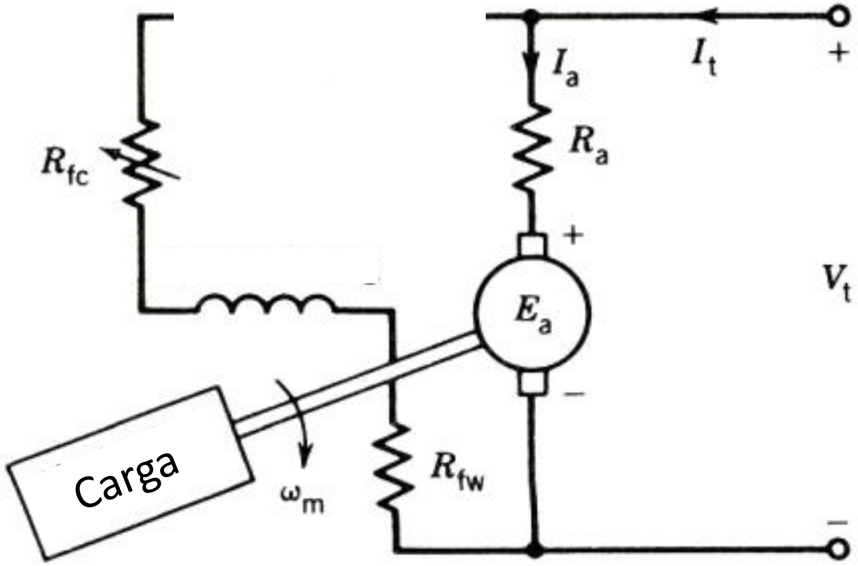
$$I_t = I_a + I_f$$

$$E_a = K_a \Phi \omega_m$$

- Velocidade de operação: $$\omega_m = \frac{V_t - I_a R_a}{K_a \Phi}$$
- Válida para ligação independente!!!

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

"Disparo" da motor de corrente contínua



$$\omega_m = \frac{V_t - I_a R_a}{K_a \Phi}$$

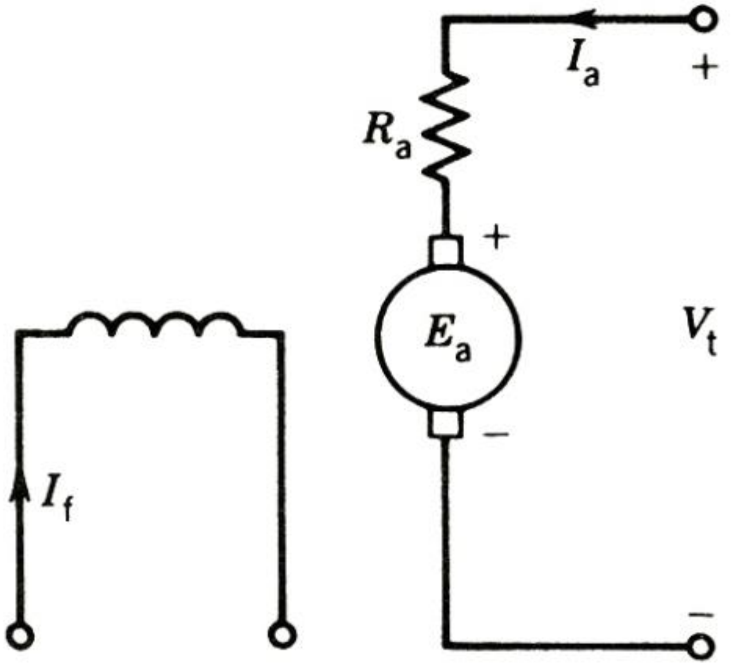
- Suponha a máquina operando em uma dada condição;
- Se a corrente de campo reduz subitamente → máquina acelera = "disparo";
- Proteção de sobrecorrente de armadura.

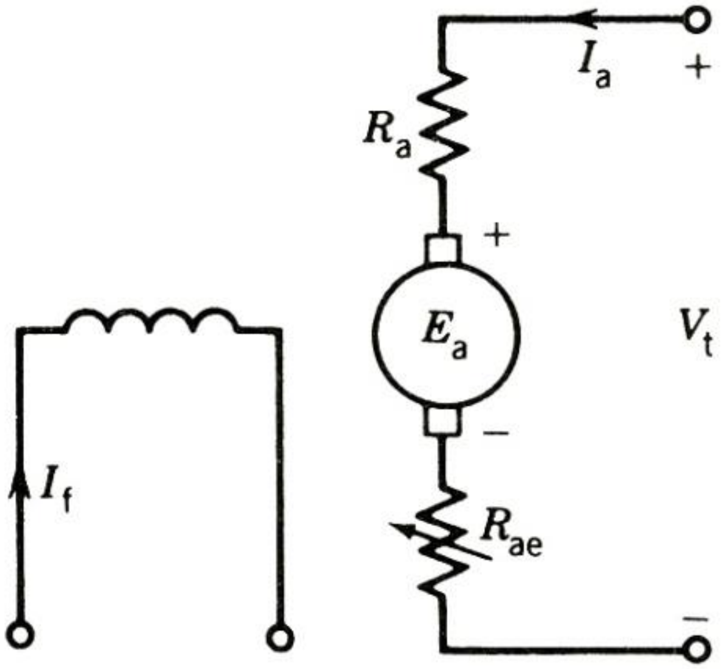
Fonte: P. C. Sen. "Principles of Electrical Machines and Power Electronics".

Corrente de partida – motor shunt

$$I_a = \frac{V_t - E_a}{R_a} \qquad I_a|_{start} = \frac{V_t}{R_a}$$

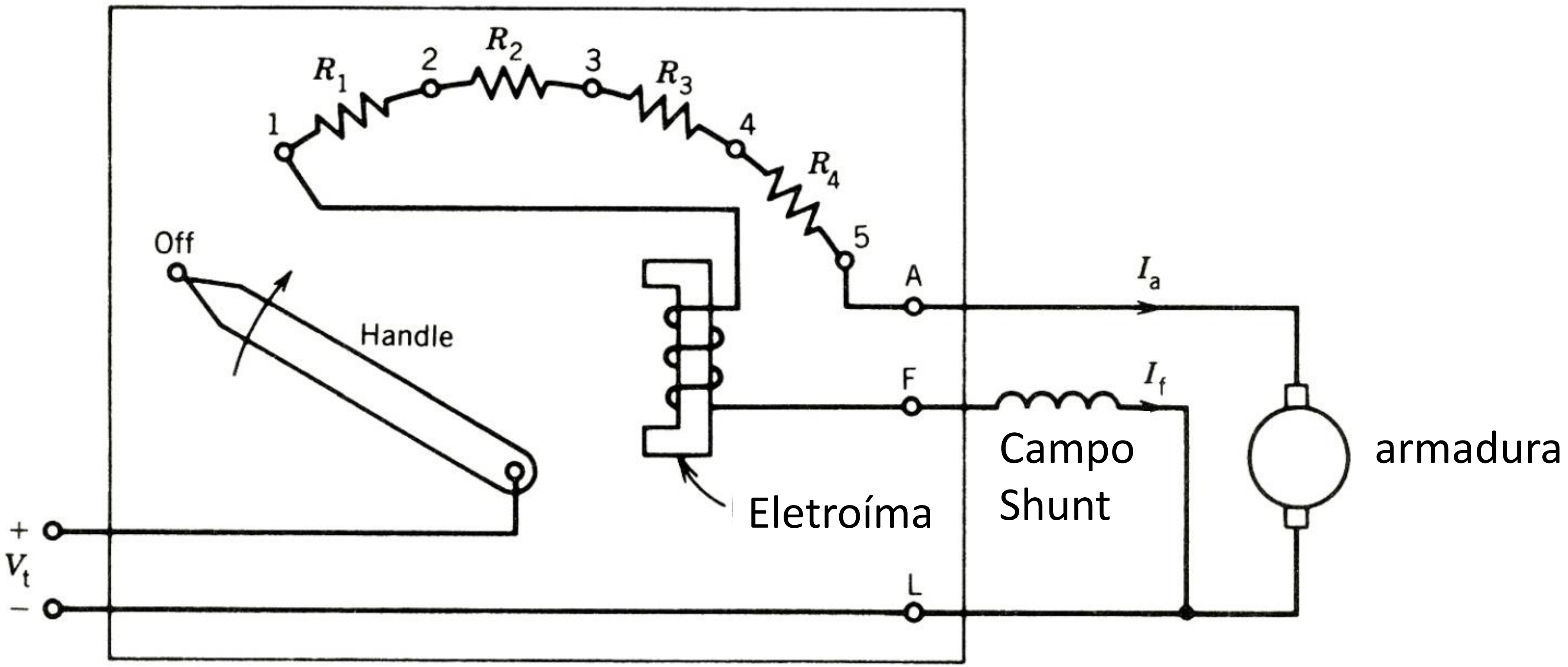
$$I_a = \frac{V_t - E_a}{R_a + R_{ae}}$$





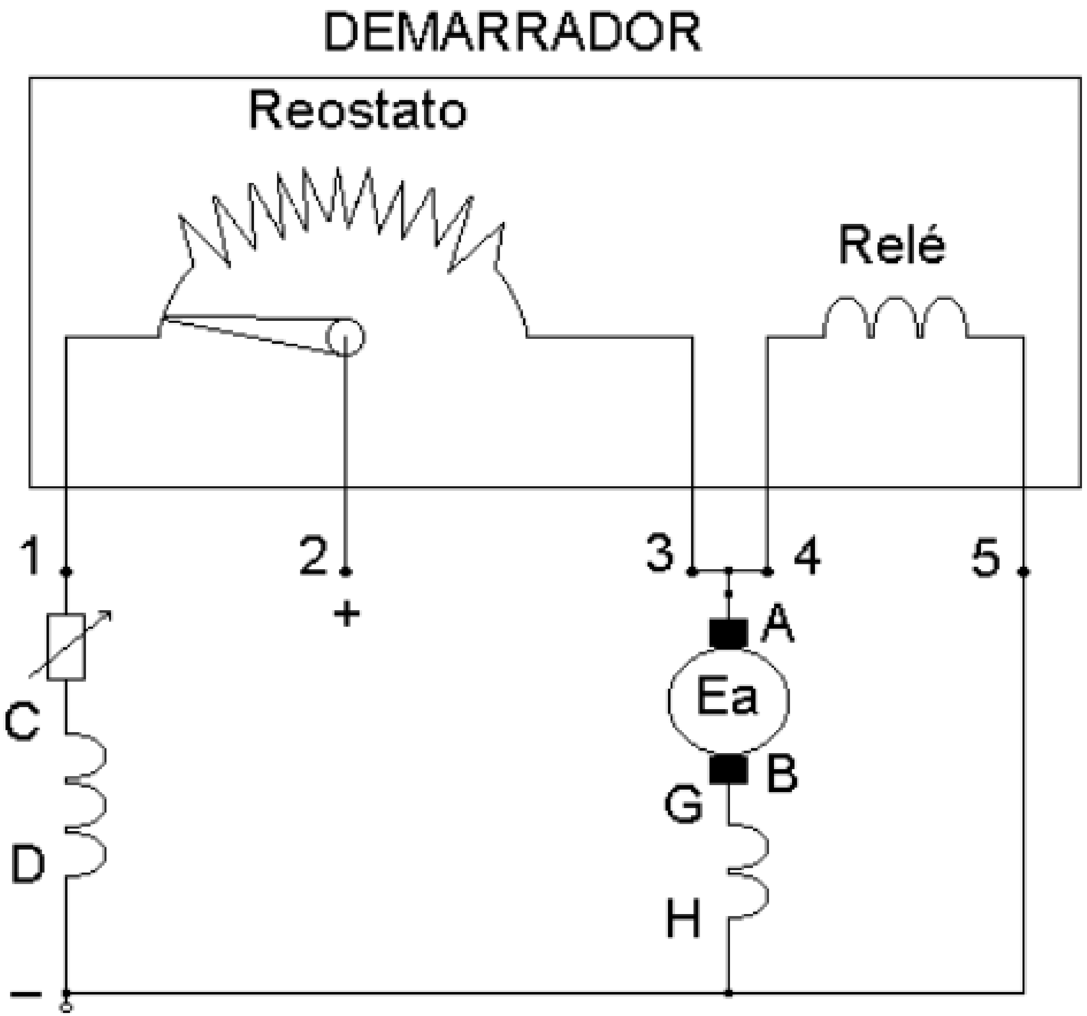
Fonte: P. C. Sen. "Principles of Electrical Machines and Power Electronics".

Exemplo: Chave de partida



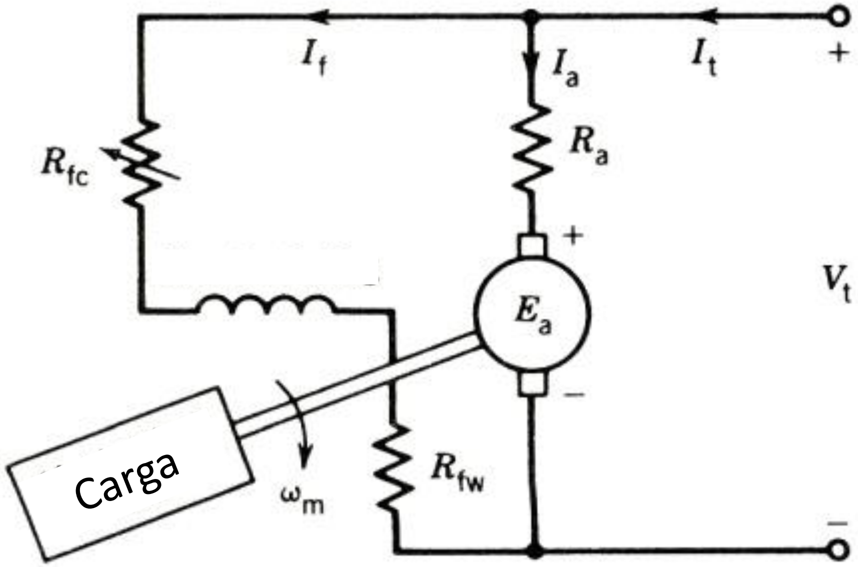
Fonte: P. C. Sen. "Principles of Electrical Machines and Power Electronics".

Exemplo: Demarrador



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

Característica de conjugado – Motor shunt



$$E_a = K_a \Phi \omega_m = V_t - I_a R_a$$

$$T = K_a \Phi I_a$$

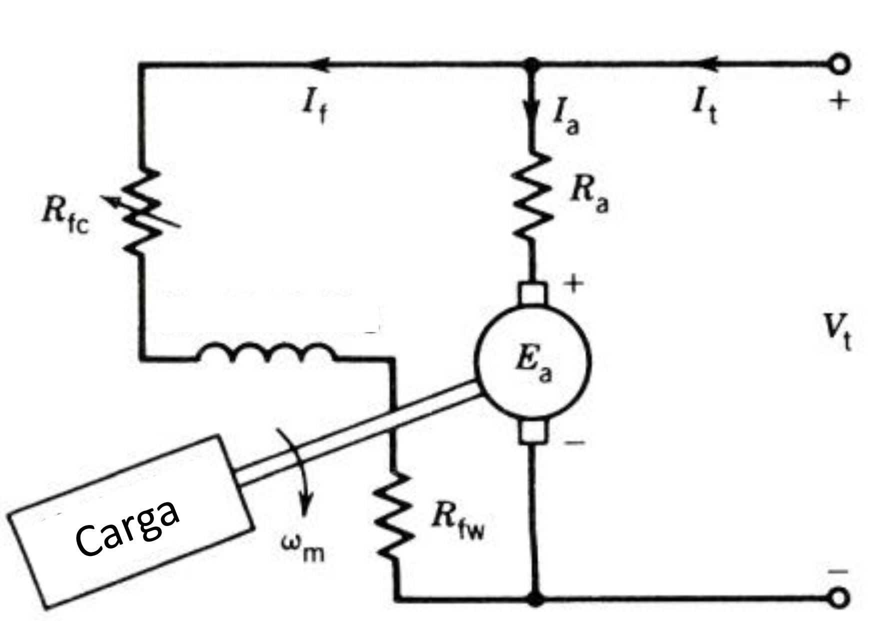
$$\omega_m = \frac{V_t - I_a R_a}{K_a \Phi}$$

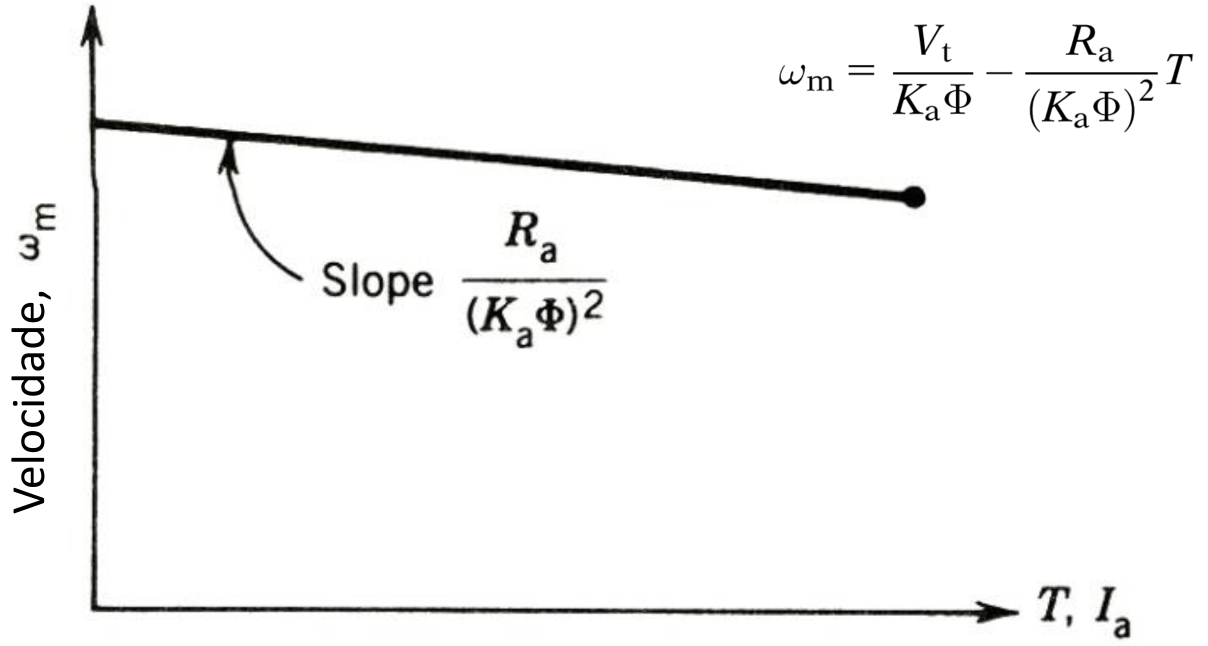
- Relação entre T e ω_m:

$$\omega_m = \frac{V_t}{K_a \Phi} - \frac{R_a}{(K_a \Phi)^2} T$$

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

Relação entre ω_m e T (fluxo constante)





- Conclusões para fluxo constante:
  - Comportamento linear → controle simples;
  - Velocidade cai com o conjugado;
  - Velocidade aumenta quando fluxo diminui →

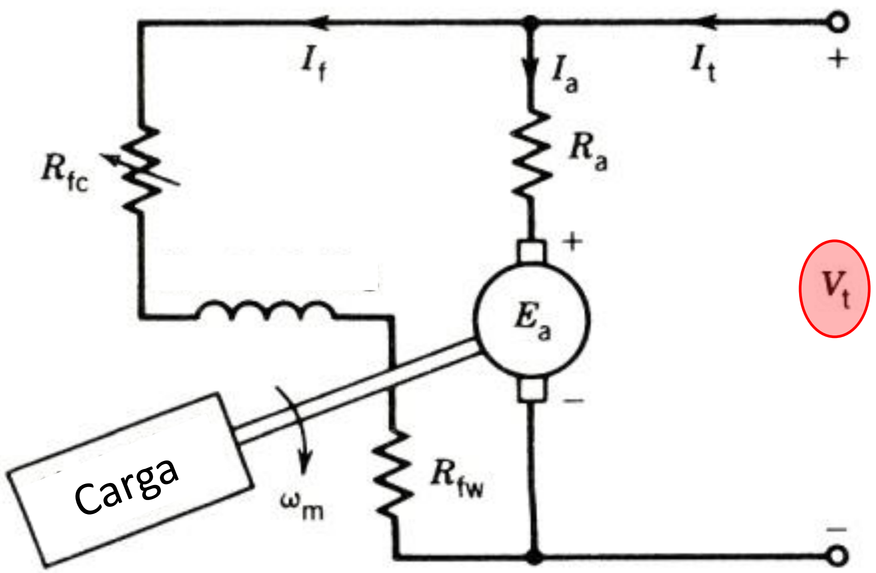
$$\omega_m = \frac{V_t - I_a R_a}{K_a \Phi}$$

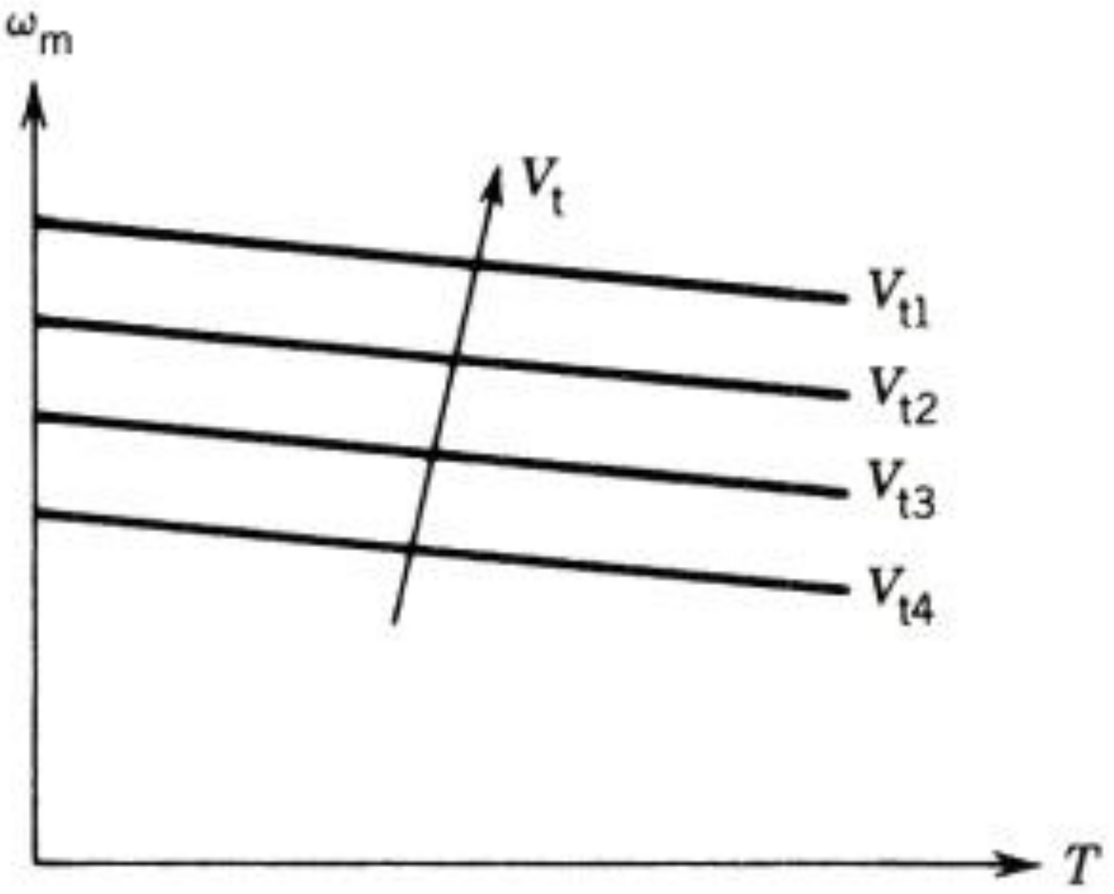
Fonte: P. C. Sen. "Principles of Electrical Machines and Power Electronics".

Controle de velocidade – Motor Shunt (I)

- Controle por tensão de armadura;

$$\omega_m = \frac{V_t}{K_a \Phi} - \frac{R_a}{(K_a \Phi)^2} T$$



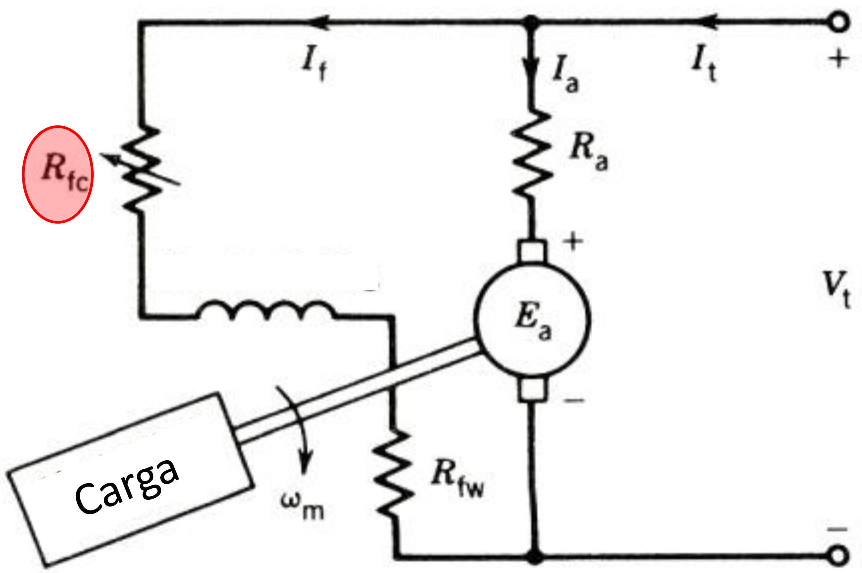


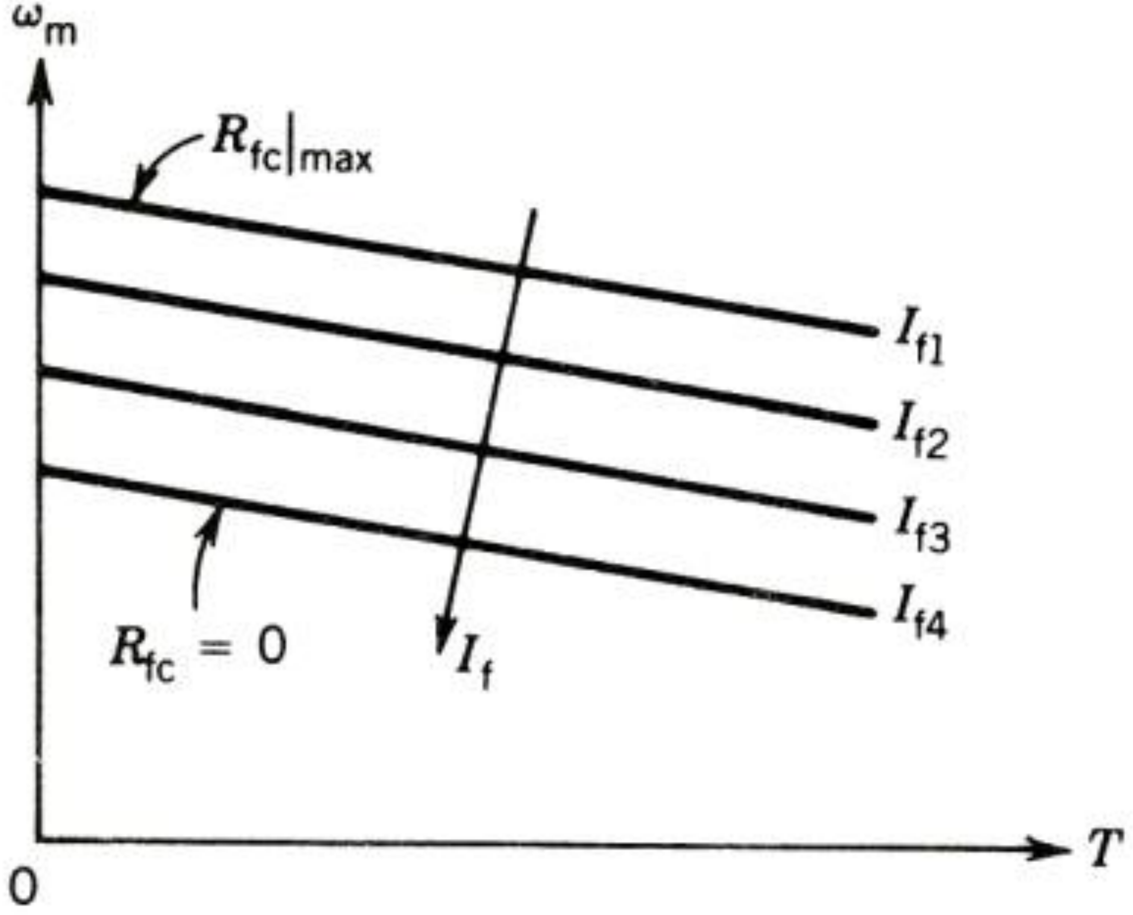
Fonte: P. C. Sen. "Principles of Electrical Machines and Power Electronics".

Controle de velocidade – Motor Shunt (II)

- Controle pela corrente de campo

$$\omega_m = \frac{V_t}{K_a\Phi} - \frac{R_a}{(K_a\Phi)^2}T$$



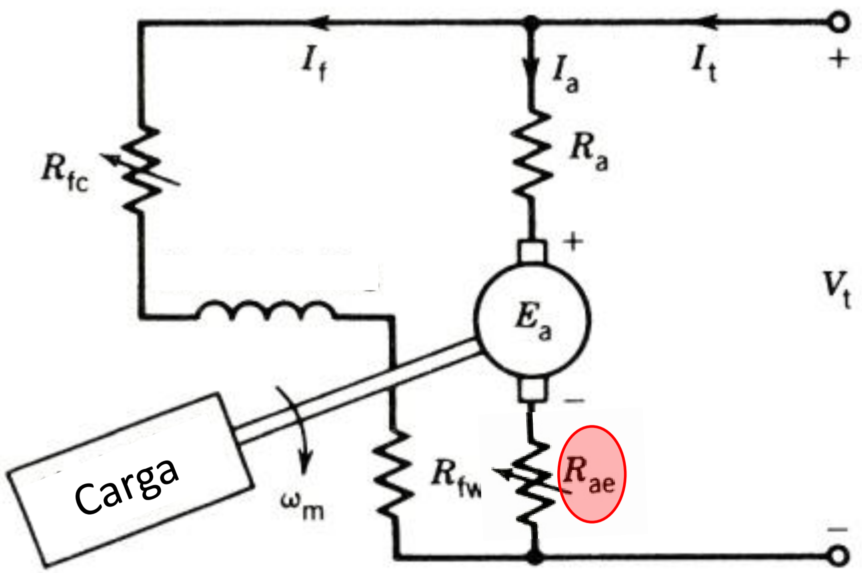


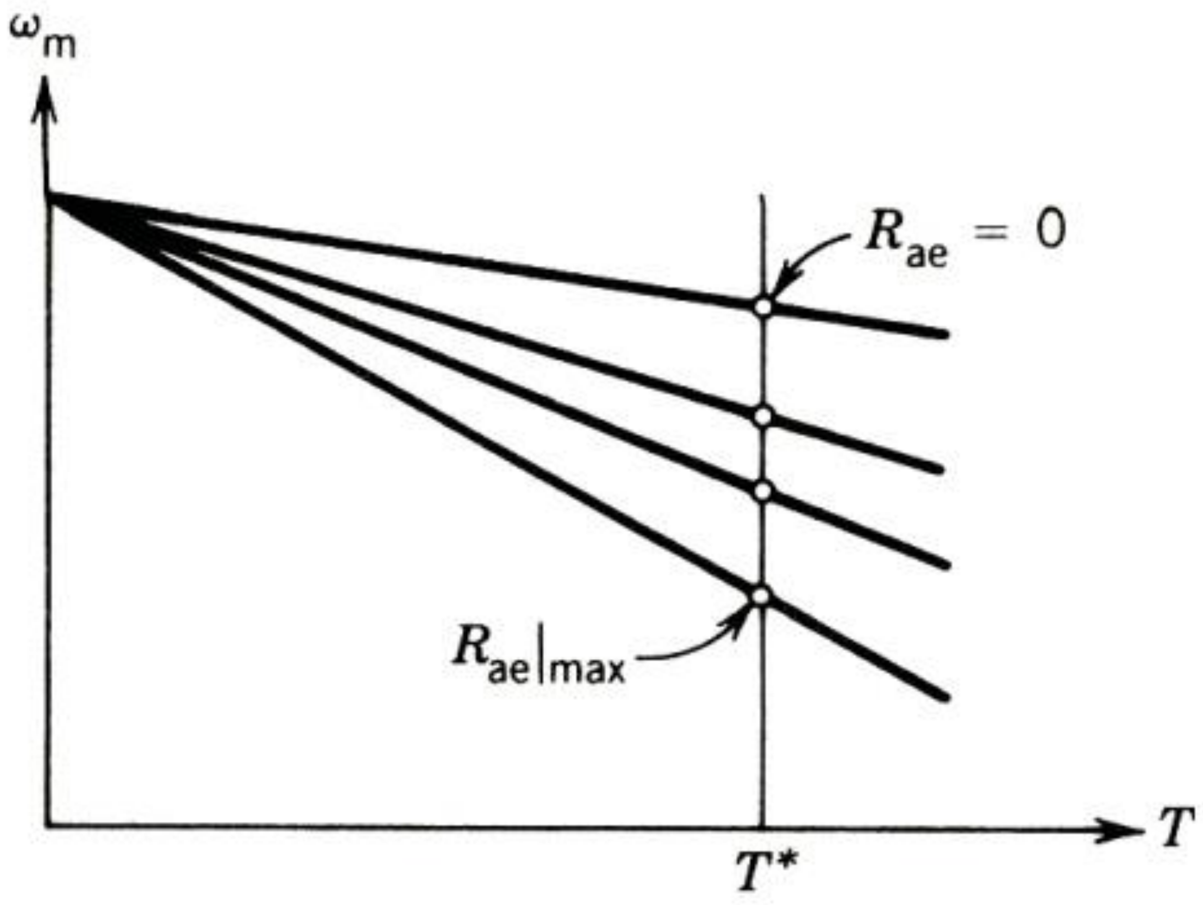
Fonte: P. C. Sen. "Principles of Electrical Machines and Power Electronics".

Controle de velocidade – Motor Shunt (III)

- Controle pela resistência de armadura

$$\omega_m = \frac{V_t}{K_a\Phi} - \frac{R_a}{(K_a\Phi)^2}T$$

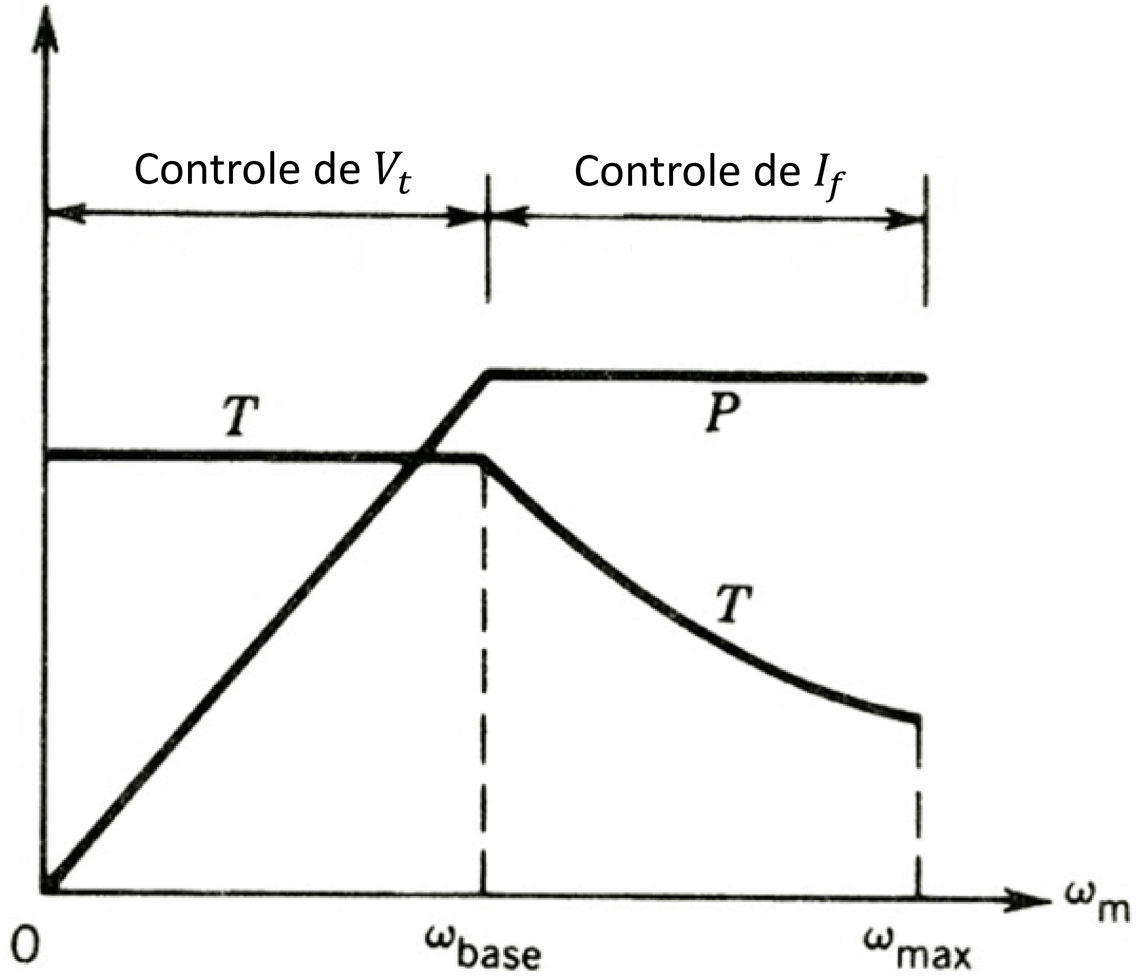




Fonte: P. C. Sen. "Principles of Electrical Machines and Power Electronics".

Regiões de controle do motor CC shunt/independente

- Abordagem usada na indústria;
- Controle de V_t até velocidade nominal;
- Enfraquecimento de fluxo para alto ω_m;
- Controle de conjugado da máquina!



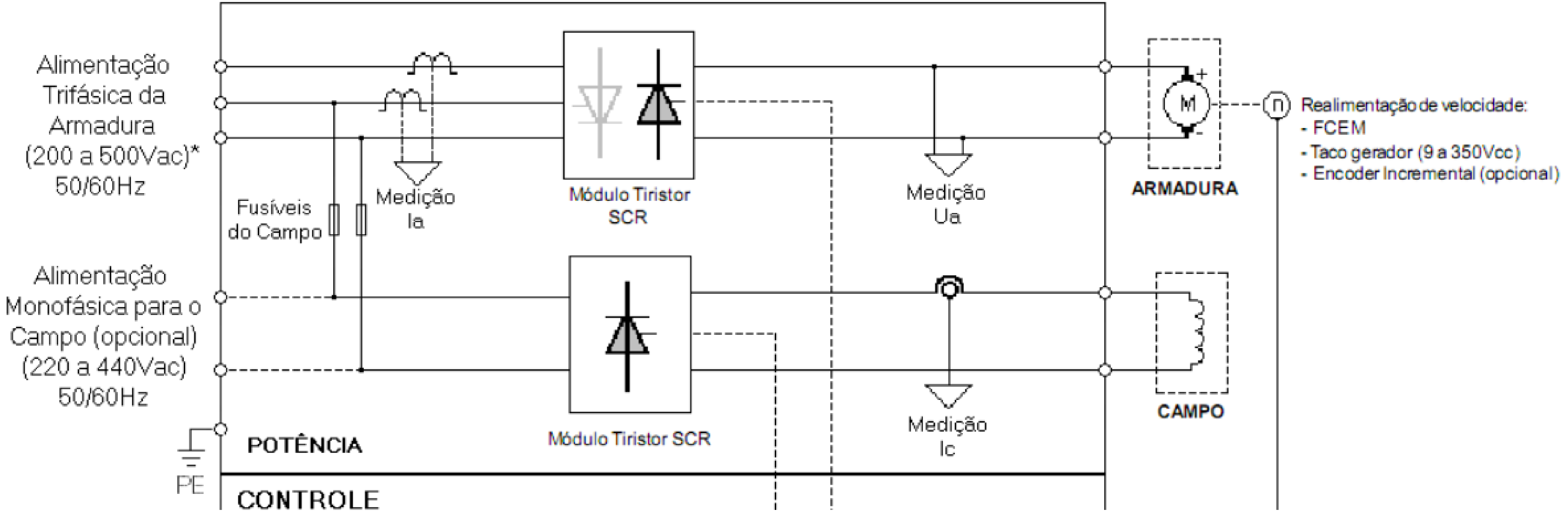
Fonte: P. C. Sen. “Principles of Electrical Machines and Power Electronics”.

Conversores comerciais – acionamento de máquina CC

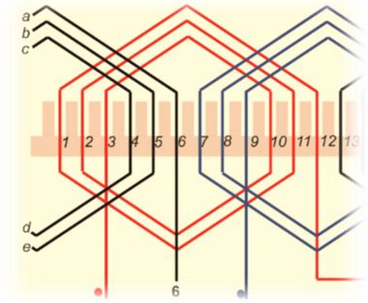
Fonte: WEG.

Fonte: Siemens.

Estrutura interna – conversor comercial

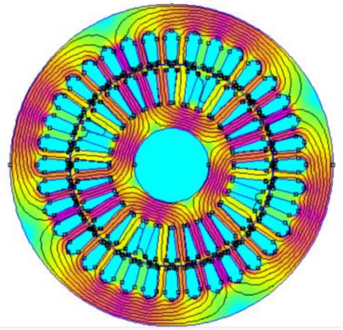


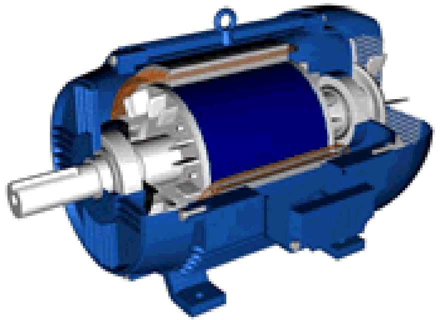
Fonte: WEG.



Ligação série

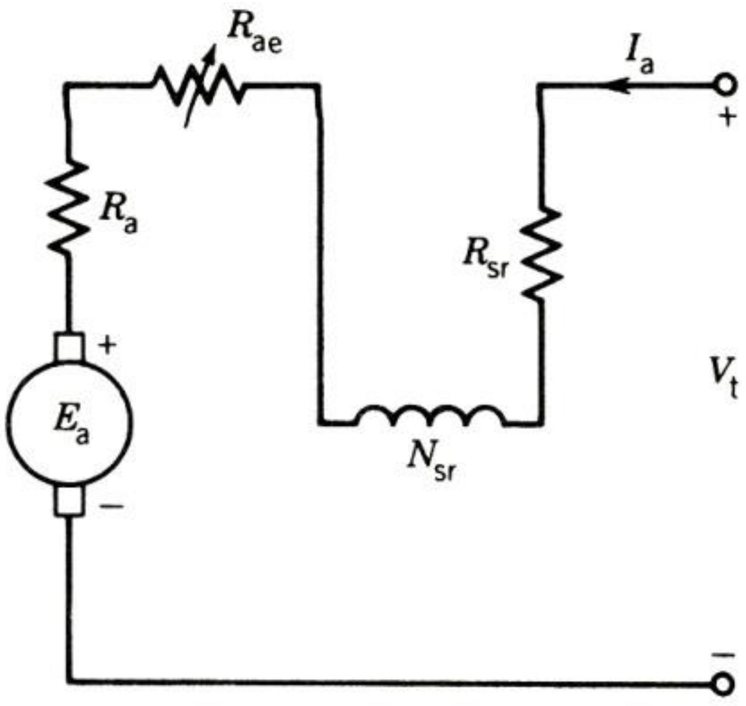
Prof. Allan Fagner Cupertino
afcupertino@ieee.org





http://www.semage.com.br/calternada.php

Motor CC com ligação série



$$K_a\Phi = K_{sr}I_a$$

$$E_a = K_{sr}I_a\omega_m$$

$$T = K_{sr}I_a^2$$

$$E_a = V_t - I_a(R_a + R_{ae} + R_{sr})$$

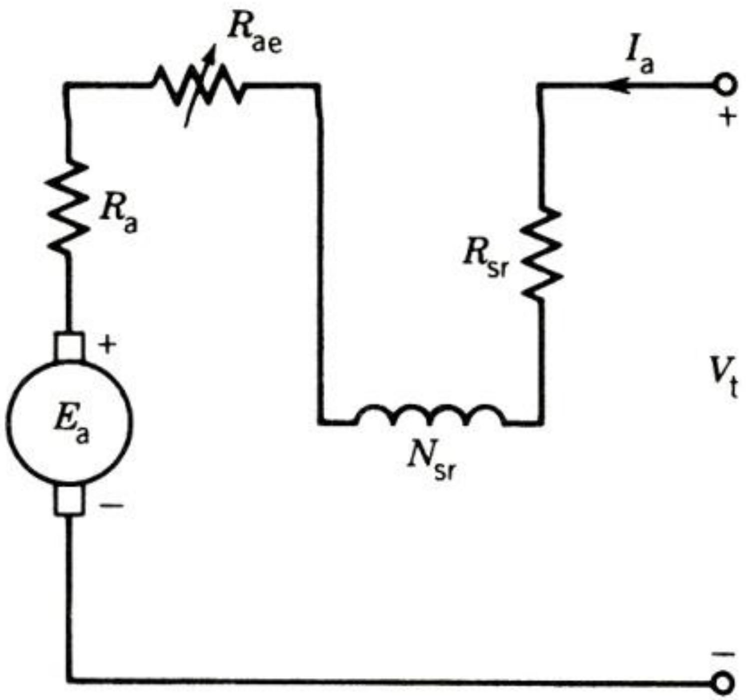
$$\omega_m = \frac{V_t}{K_{sr}I_a} - \frac{R_a + R_{sr} + R_{ae}}{K_{sr}}$$

- Característica ω_m versus T;

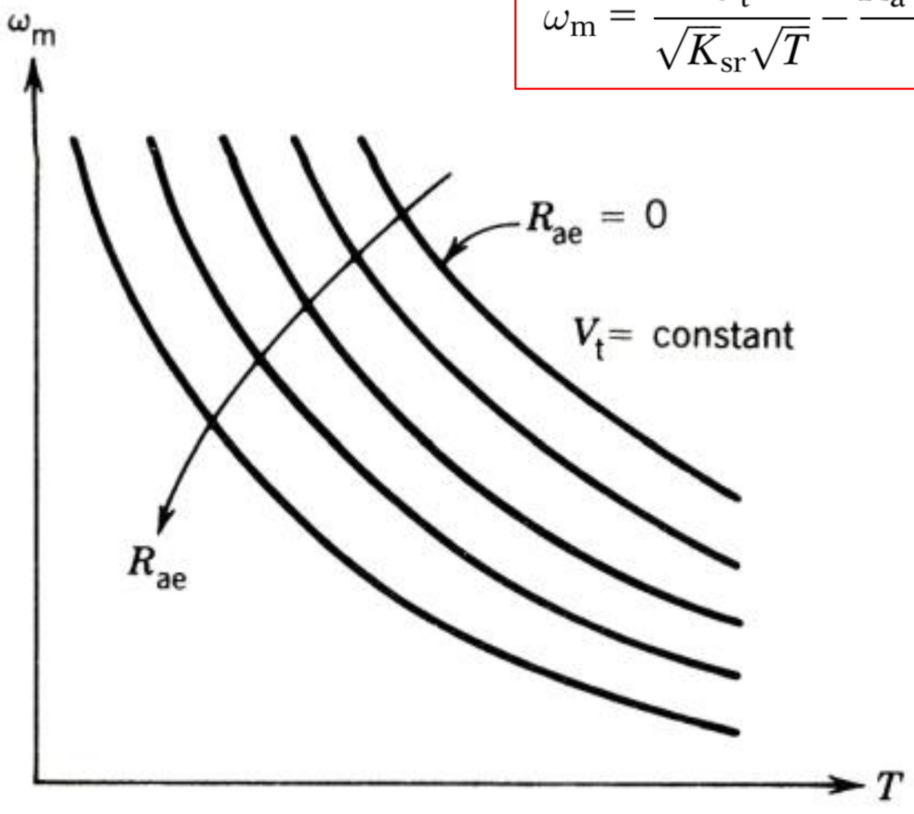
$$\omega_m = \frac{V_t}{\sqrt{K_{sr}}\sqrt{T}} - \frac{R_a + R_{sr} + R_{ae}}{K_{sr}}$$

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

Relação entre ω_m e T (fluxo constante)



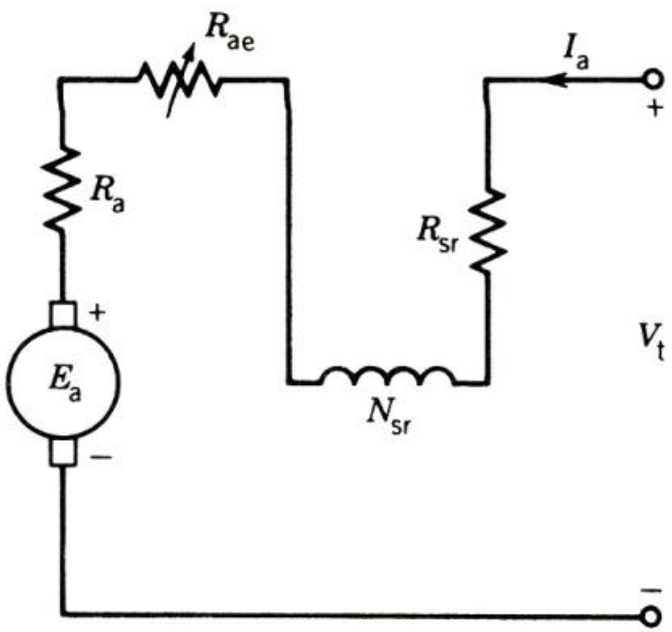
$$\omega_m = \frac{V_t}{\sqrt{K_{sr}}\sqrt{T}} - \frac{R_a + R_{sr} + R_{ae}}{K_{sr}}$$



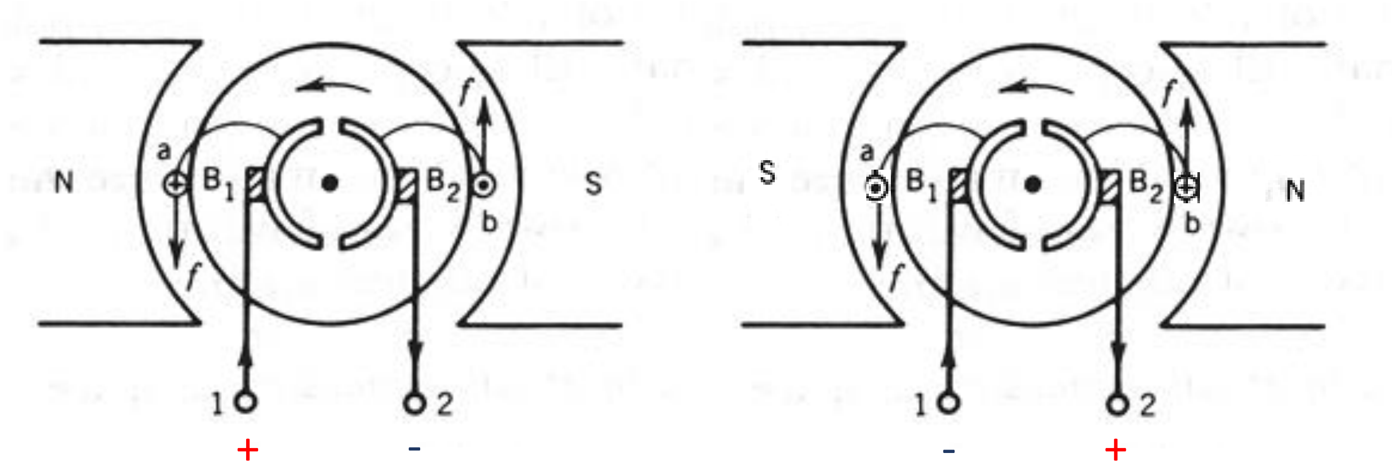
- ❑ Conclusões:
- ➢ Alto conjugado de partida;
- ➢ Conjugado inversamente proporcional a velocidade.

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

Característica interessante do MCC série



Efeito da inversão de polaridade da alimentação

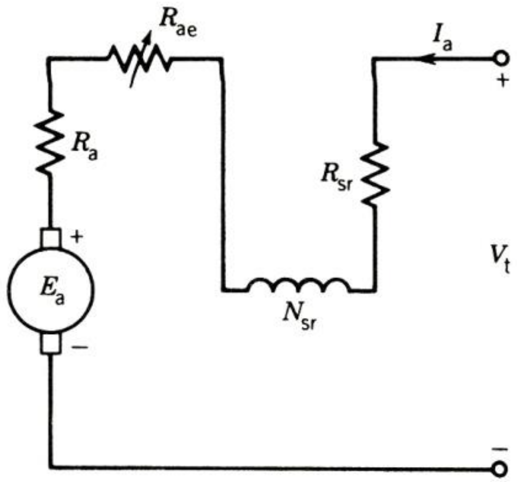


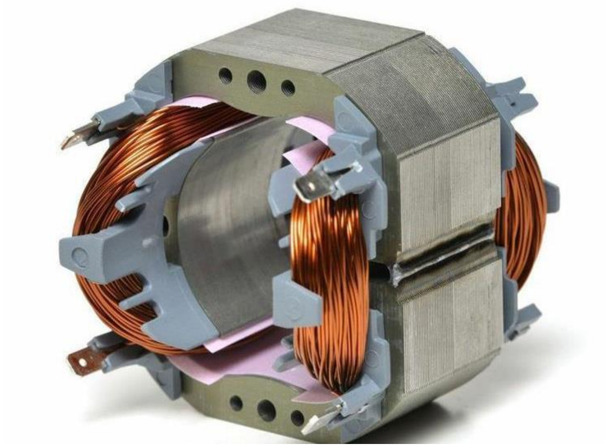
- Ao inverter a polaridade da tensão, o sentido de giro se mantém!
- **Conclusão:** Em teoria, pode ser alimentada com corrente alternada;
- Cuidado: Perdas por histerese e corrente de Foucault são importantes nesse caso.

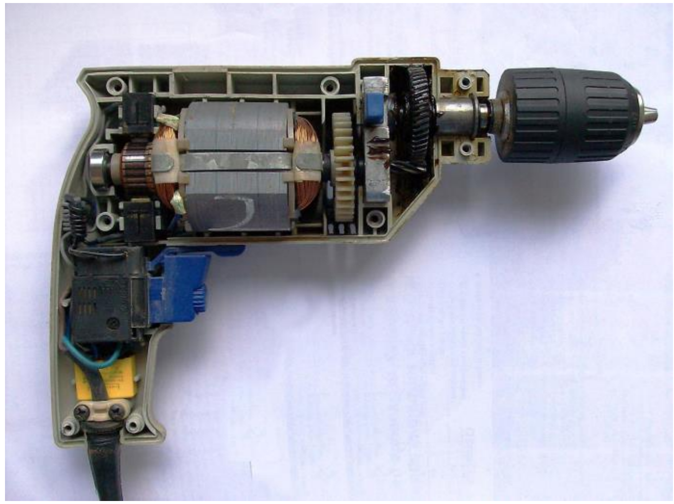
Fonte: P. C. Sen. "Principles of Electrical Machines and Power Electronics".

Motor universal

- Máquina CC série com laminação do circuito de campo e armadura;
- Permite obter alto conjugado de partida;
- Maior vibração (corrente não é constante no tempo);
- Utilizado em diversos eletrodomésticos e ferramentas.







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”

EStimate - Sistemas Fotovoltaicos

Google Play

Pesquise por: “EStimate”