

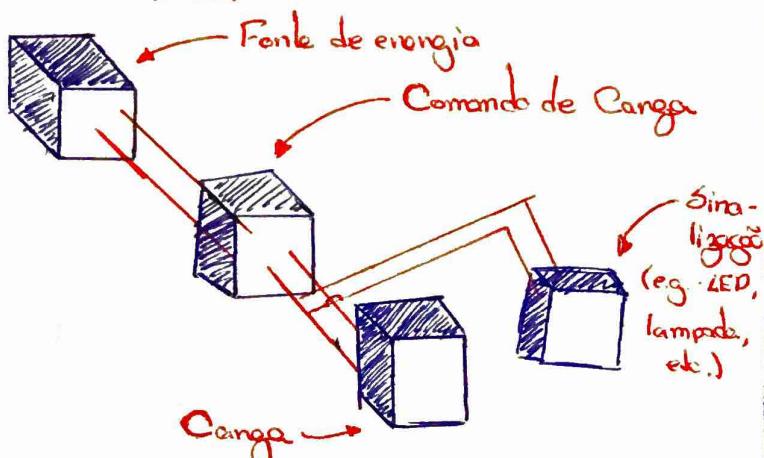
III) Laboratório 4: Dispositivos de Comando

→ Automação de sistemas.

• No contexto da industrialização, a automação está a um passo à frente da mecanização.

Mecanizado + Automação

- Depende de um operador
- Não depende do operador mas sim do sistema.
- Atividades intelectuais restritas responsabilidade do sistema.
- Atividades intelectuais são intelectuais restritos responsabilidade do sistema.



Em sistemas de automação mais antigos o acionamento de chaves se encontra próxima aos comandos de carga, no entanto, havia necessidade de circuitos longos, de manuseio mais frequente e a confiabilidade era reduzida. A solução encontrada foi a utilização de acionamentos de chaves a distância.

→ Contador

Trata-se de um eletrônico que é utilizado para acionamento e proteção. Possuem contatos normalmente abertos (NA) e normalmente fechados (NF), além de contatos auxiliares.

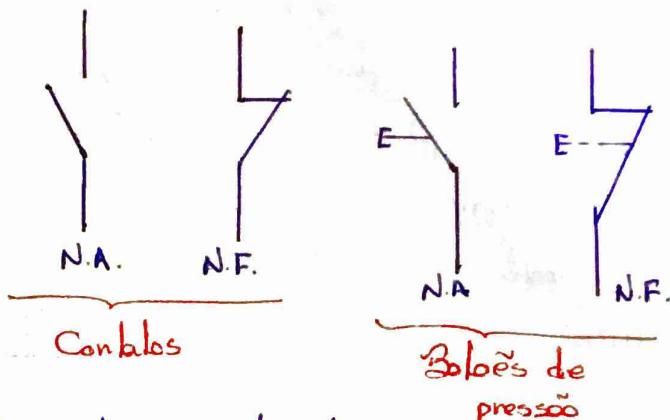
Devemos passar uma pequena corrente na bobina do contador para ele funcionar como chave. Dessa forma os contatos NA se fecham e os contatos NF se abrem. Assim podemos controlar as cargas ligadas ao circuito. Ligamos os sinalizadores (lâmpadas) e o

selo em conjunto contatos auxiliares. Nós que podemos controlar a corrente que passa pelo contador através de um fio fino ligado ao comando de carga.

→ Pode ser usado como dispositivo de proteção

O seletor serve para podemos tirar o dedo da bobina (ó NA). Quando acionado fecha, jogando assim que a bobina do contador continue a receber corrente. Normalmente, o seletor é ligado em um contato auxiliar.

Nólogos:

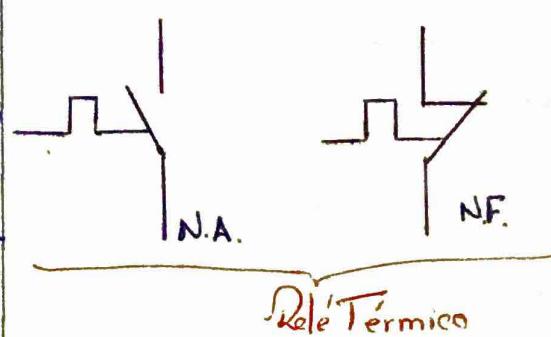


→ Dispositivo de proteção térmica

- é um elemento de proteção que conectamos em série com os contatos principais do contador
- o elemento possui um contato N.F. que é conectado em série com a bobina do contador. Quando é detectada uma sobrecorrente, seu contato em série abre, desligando a bobina do contador.

• Relé Térmico: protege a sobrecorrente devido ao aquecimento de um par bimetalico (normalmente não é possível relogá-lo instantaneamente).

Nólogos:

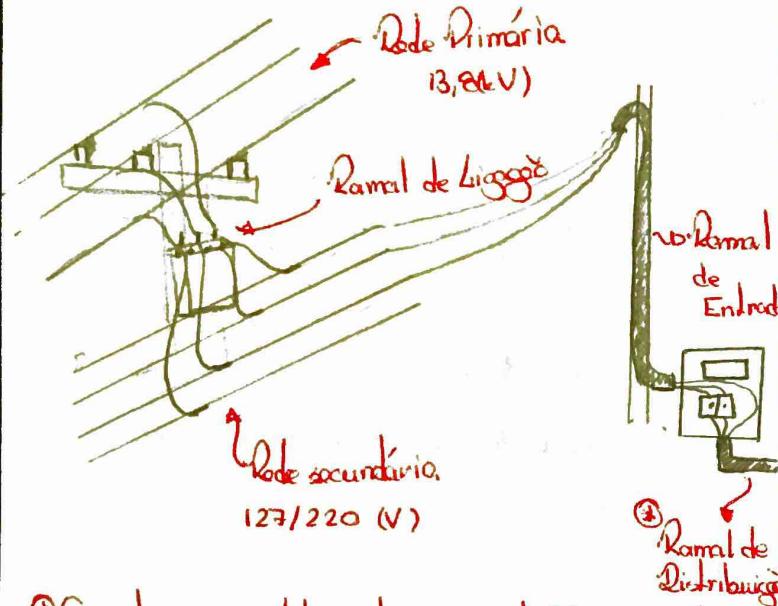


Relé Térmico

IV) Laboratório 5 : Instalações Elétricas de Edifícios Típicos

NBR 5410 :

- circuios CA alimentados com menos de 1000V e frequências inferiores a 400Hz
- circuios CC alimentados com menos de 1500V
- circuios CA funcionando com mais de 1000V mas sendo alimentado com menos de 1000V.
- linhas elétricas fixas desinal.



Conectam o painel de medição ou proteção aos painéis de distribuição de onde saem os circuitos parciais que alimentam a carga.

→ Quadro de distribuição (ou painel de distribuição)

• Fungo é distribuir a energia proveniente do ramo de distribuição em circuitos parciais

permite um maior equilíbrio entre o custo da instalação e a confiabilidade do sistema de distribuição.

• Caso todos os cargas fossem alimentadas pelo mesmo circuito o custo se reduziria mas surgiria problemas no sistema de distribuição (problemas na concessionária). Já se cada vanga fosse alimentada por um circuito o custo se elevaria mas a confiabilidade também aumentaria.

• É onde os dispositivos de proteção dos circuitos parciais são instalados

→ Laboratório de Projeto NBR 5410:

- Abrangão das partes de consumo : distribuição de bombas e iluminação.
- Abrangão do quadro de distribuição : minimizar da quantidade de condutores e disjuntores.
- Trago do eletródulo : minimizar interferência com as demais instalações (água, esgoto, etc.) para evitar grupos.
- Caias de passagem : facilitar o acesso aos condutores e a manutenção iluminação e tomada, manutenção e bateria.
- Definigão dos circuitos parciais
- Atribuição das cargas aos circuitos parciais
- Distribuição dos condutores dos circuitos parciais

Dimensionamento dos condutores

↳ amperabilidade : cálculo da máxima corrente admissível

↳ Máxima Queda de Tensão Admissível

↳ Estresses Mecânicos

Dimensionamento de proteção : disjuntores e fusíveis

Obs : Bombas para uso específico (TUE) devem ter a soma das potências igual a soma das potências nominais operacionais das máquinas que serão utilizadas.

Critérios para a divisão de cargas entre os circuitos

- prover circuitos individualizados em função das tipos de aparelhos que alimentam
- dividir a vanga de iluminação em vários circuitos
- prover circuitos compatíveis com os terminais e com as cargas das aparelhos e bombas que não serão divididas
- agrupar cargas nos circuitos de modo a respeitar a máxima capacidade de condução de corrente dos condutores e a queda de tensão admissível.

Obs : o condutor neutro deve ter a seção igual à do condutor de fase. Este condutor neutro não deve ser

ser compartilhado em mais de um circuito

Dispositivos de proteção: → sobreagens e curto-circuitos

Utilizar para cada circuito parcial e um para o circuito de entrada.

I_n = corrente nominal

I_b = corrente de projeto (corrente máxima que a carga pode solicitar)

I_z = capacidade máxima de curto-circuito do condutor

I_c = corrente de curto-circuito (corrente que assegura efetivamente a operação do dispositivo).

t = tempo de atuação dos dispositivos de proteção

→ Considerar na escolha do dispositivo.

Condições:

a) $I_b \leq I_n$:

b) $I_n \leq I_z$: dispositivo de proteção atua antes que atinja a corrente máxima suportada pelo condutor.

c) $I_c \leq 1,45 I_z$: margem de segurança que garante que o dispositivo de proteção atua quando ocorre uma corrente suficiente para menor que a máxima suportada pelo condutor.

Note que o dispositivo de proteção tem que ter a capacidade de suportar e interromper a corrente de curto-circuito em um intervalo de tempo inferior ao intervalo que danificaaria o condutor.

$$t < \frac{k^2 \cdot \delta^2}{I_{cc}^2}$$

cde 115 → PVC + cobre
135 → XPE + cobre

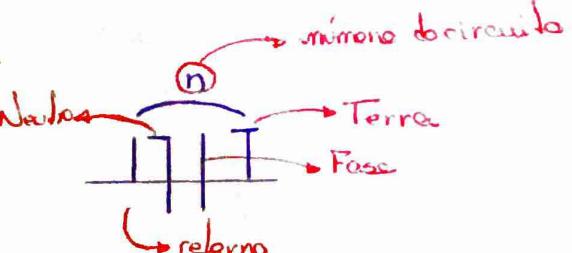
Importante!

Obs: se ligarmos o fusível no neutro o dispositivo de neutro irá abrir primeiro mudando a distribuição de correntes. Podendo causar dano aos cargas ligadas.

Obs: se ligarmos o disjuntor no neutro desligaremos todo o circuito quando necessitarmos fazer manutenção de apenas um componente deste circuito. Importante!

Encaminhamento de condutores em circuitos de iluminação

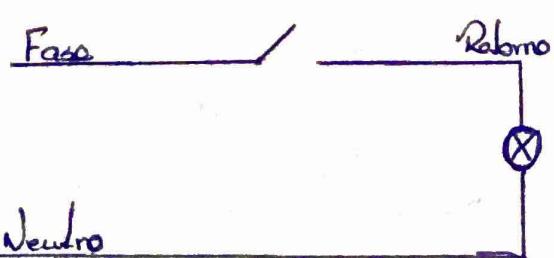
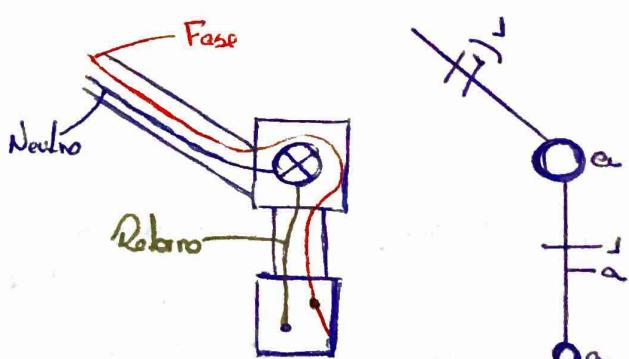
Nabão:



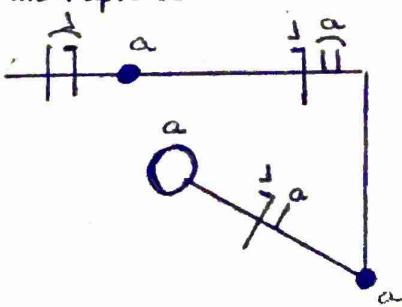
→ Retorno: nas instalações de iluminação é o condutor que liga a lâmpada ao interruptor. Ao acionar o interruptor fecha-se o circuito e a lâmpada acende. → nasce no interruptor!
(o interruptor não sai fio)

→ Terra: serve de referência para o potencial

→ Neutro: por onde as cargas retornam
→ sempre termina na lâmpada!



Obs: interruptor paralelo (three-way) → utilizamos dois interruptores e três retornos



V) Laboratório 6: Motores de Indução

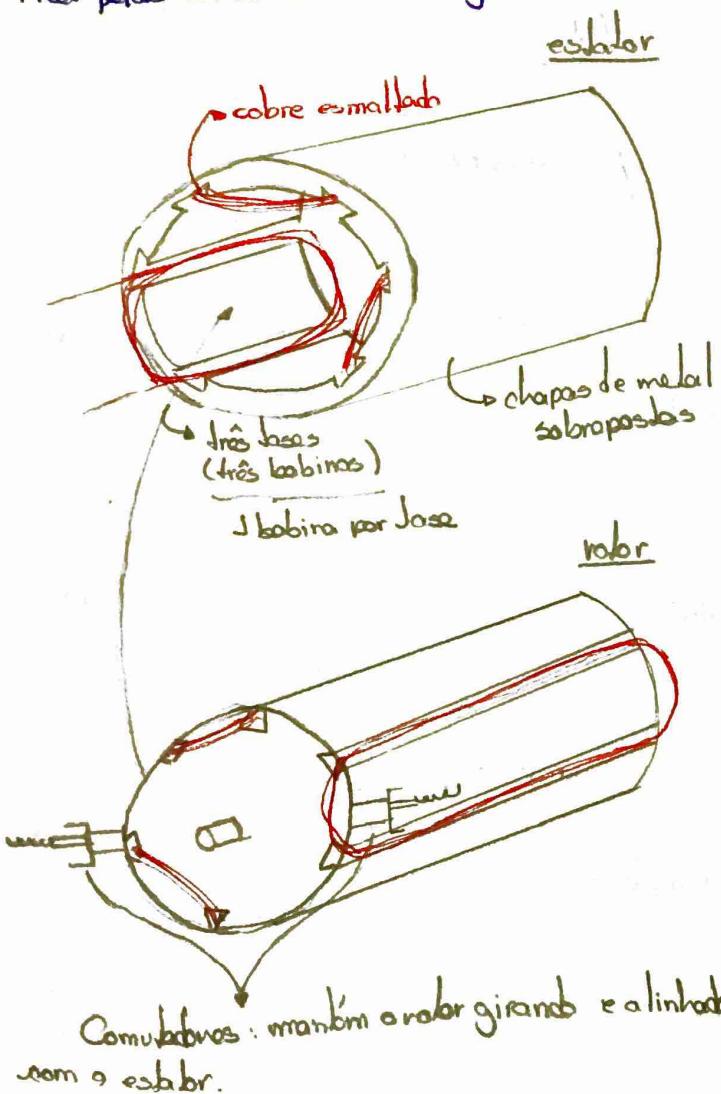
Motor: converte energia elétrica em energia mecânica.

Gerador: converte energia mecânica em energia elétrica.

Estatôr: parte estacionária da máquina.

Rotor: parte rotativa da máquina.

Entravento: espaço entre o estatôr e o rotor, por onde passa o fluxo magnético.



Comutadores: mantêm o rotor girando e alinhado com o estatôr.

→ Fluxos Magnéticos no estatôr e no rotor

- Máquinas de Corrente Contínua:

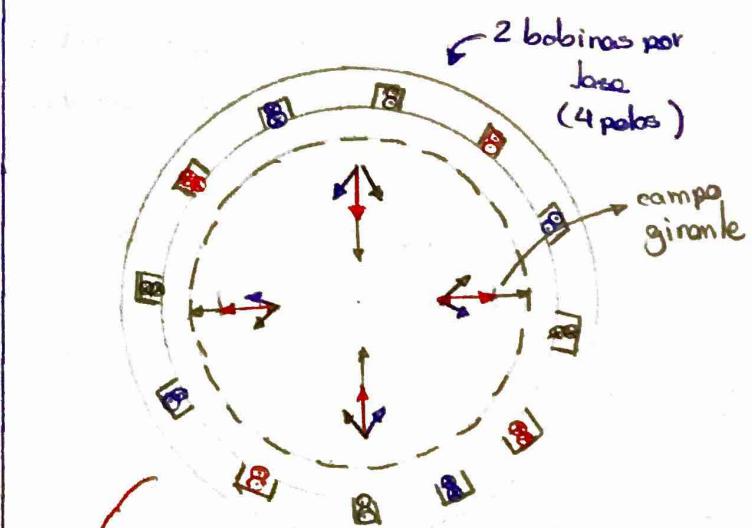
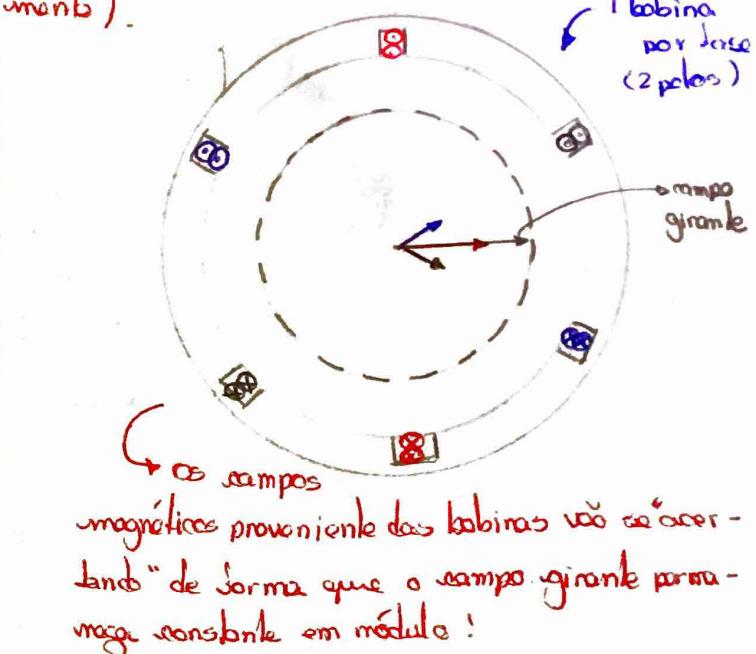
Φ_E tem direção fixa e Φ_R muda de direção em função de um comutador.

- Máquinas de Corrente Alternada:

Φ_E gira com velocidade constante e Φ_R segue Φ_E .

↳ Máquina Síncrona: rotor gira à mesma velocidade de Φ_E e Φ_R → velocidade do rotor é proporcional à frequência de sua alimentação.

↳ Máquina Assíncrona (indução): rotor gira a uma velocidade ligeiramente inferior à de Φ_E e Φ_R . → velocidade de rotação do rotor não é proporcional à frequência de alimentação (devido ao escorregamento).



→ o campo magnético tem metade da velocidade quando comparado a quando tem 2 polos. Isso é mecanicamente melhor, pois, os motores normalmente não suportam as 3600 rpm (60 Hz).

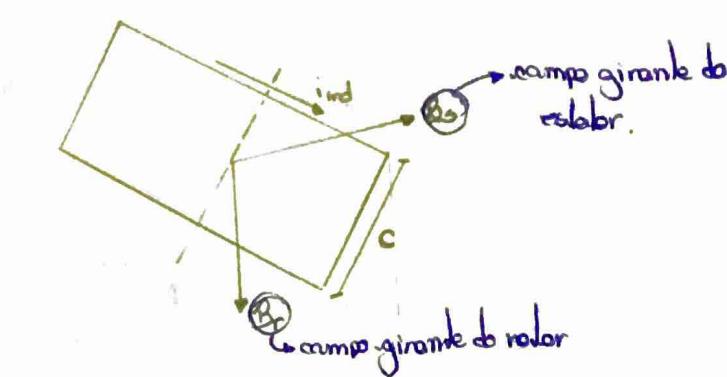
Dessa forma podemos concluir que a velocidade é proporcional ao número de bobinas por base.

$$w_b = \frac{2\pi f}{P} [\text{rad/s}] \Rightarrow n_s = \frac{60 f}{P} \text{ rpm}$$

per base

→ Motor Asíncrono (de indução)

Na bobina do rotor:



• B₀ gera uma variação de fluxo magnético no rotor. Dessa forma: $e = N \frac{d\Phi}{dt}$ (surgem tensões).

Portanto, há uma tensão induzida no rotor que é por sua vez gerada uma corrente induzida e um campo magnético que "segue" o B₀, juntos somam que o rotor gire (surgem torque).

Exemplos de rotores:

- Grau de esquife
- Anéis desligantes

Esvaziamento: quantifica a diferença de velocidade do campo girante (velocidade síncrona) e a velocidade do rotor:

$$\delta = \frac{\omega_s - \omega_r}{\omega_s} (\times 100\%)$$

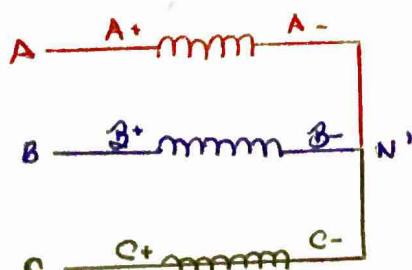
→ Rotor parado:

$$\delta = 1$$

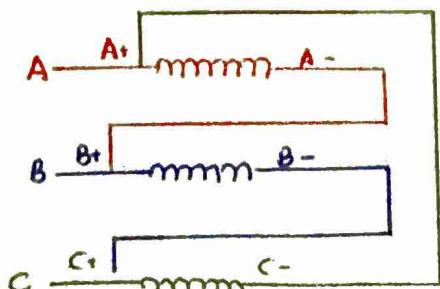
$$\omega_r \rightarrow \omega_s : \delta = 0$$

Chave Estrela-Triângulo:

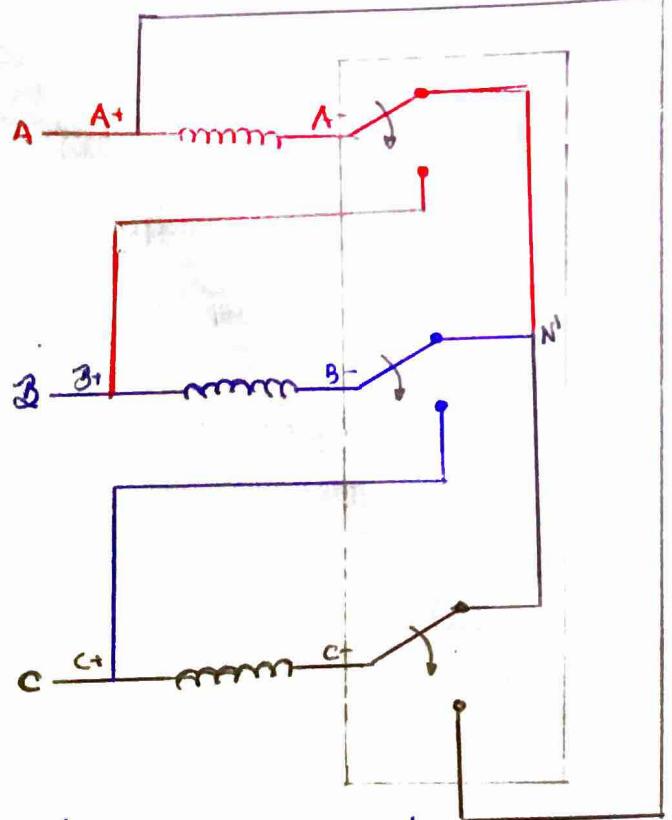
• Ligação Y:



• Ligação Δ:

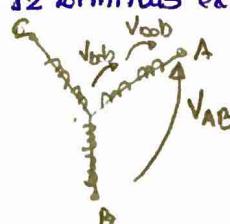


Chave:



Para o motor com 12 terminais existem 4 possibilidades:

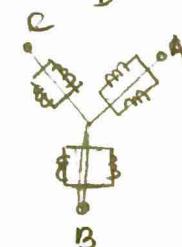
• Estrela série:



$$|V_{AB}| = 2\sqrt{3} |V_{bob}|$$

Potência baixa em cada bobina
para $V_{AB} = 220/\sqrt{3}$

• Estrela dupla:



$$|V_{AB}| = \sqrt{3} |V_{bob}|$$

Potência mais alta do que no caso anterior mas ainda sim baixa.

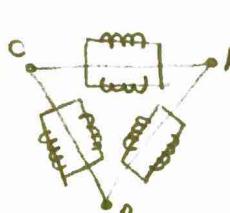
• Triângulo série:



$$|V_{AB}| = 2|V_{bob}|$$

Potência intermediária entre os casos anteriores

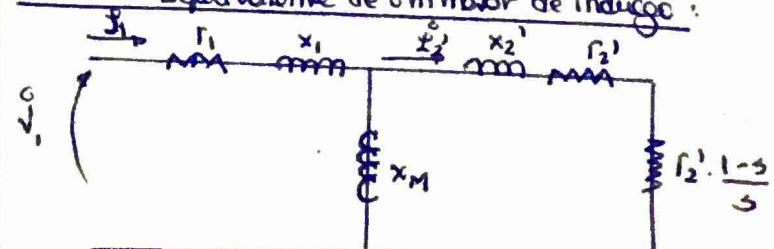
• Triângulo duplo:



$$|V_{AB}| = |V_{bob}|$$

Maior potência.
Melhor potência.

Circuito Equivalente de um motor de indução:



• r_1, r_2' : perdas de Joule nas bobinas do estator e rotor, respectivamente;

• x_1, x_2' : reatâncias de dispersão das bobinas do estator e rotor, respectivamente;

• x_M : reatâncias de magnetização + alinhamento dos domínios magnéticos do estator e rotor;

• $r_2' \frac{(1-s)}{s}$: a potência dissipada nesse elemento representa a potência mecânica convertida no rotor.
(pot. útil + perdas mecânicas) $\approx r_2' \frac{(1-s)}{s} \approx P_{mecânica}$

$$P_{mecânica} = 3P_2' \left| \frac{I_2}{3} \right|^2 \frac{(1-s)}{s} \quad P_{mecânica} = T \cdot \omega_r \Rightarrow \\ \Rightarrow T = \frac{P_{mecânica}}{(1-s) \omega_s}$$

Casos:

• $s \rightarrow 0$ ($\omega_r \rightarrow \omega_s$)

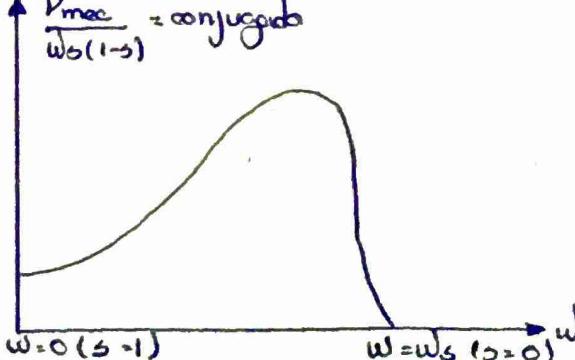
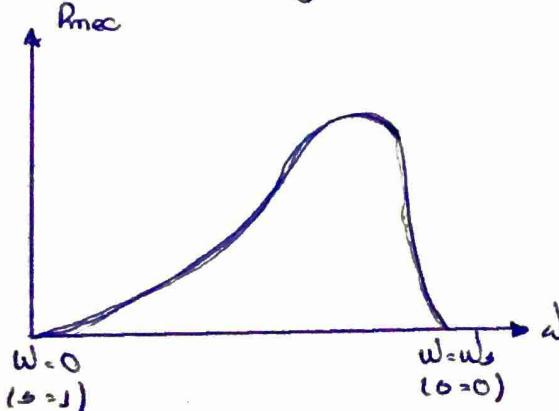
$$r_2' \left(\frac{1-s}{s} \right) \rightarrow \infty \text{ (aberto)}$$

$$P_{mec} = 0, T = 0$$

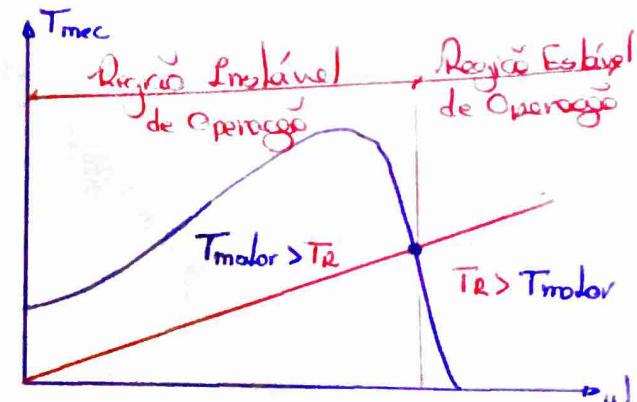
• $s \rightarrow 1$, ($\omega_r \rightarrow 0$)

$$r_2' \left(\frac{1-s}{s} \right) \rightarrow 0 \text{ (curto-circuito)}$$

$$P_{mec} = 0, T \neq 0 \text{ ("seguramos" o eixo).}$$



Torque resistente: torque se opõe a rotação do rotor que ocorre quando há aceleração.



Aceleração: $T_{motor} > T_{res}$

Desaceleração: $T_{motor} < T_{res}$

Velocidade Constante: $T_{motor} = T_{res}$

Obs: se a curva T_{res} estiver acima da curva T_{motor} no início do gráfico, o motor não parte.

Métodos de Partida:

No partida o rotor "perde" alta corrente!

• Solução: utilizar uma chave - ~~estrela-triangulo~~
ou ~~estrela-mesma corrente~~
utilizar autotransformadores
ou resistor

Obs: quando utilizamos a chave estrela-triangulo o torque diminui de inicio e depois aumenta abruptamente

Resistivo:

- 1) corrente diminui com o aumento da resistência,
- 2) conjugado de partida aumenta com o aumento da resistência,
- 3) velocidade em regime diminui com o aumento da resistência. \rightarrow reduzir resistência após partida.
- 4) terminais do rotor devem estar disponíveis.