

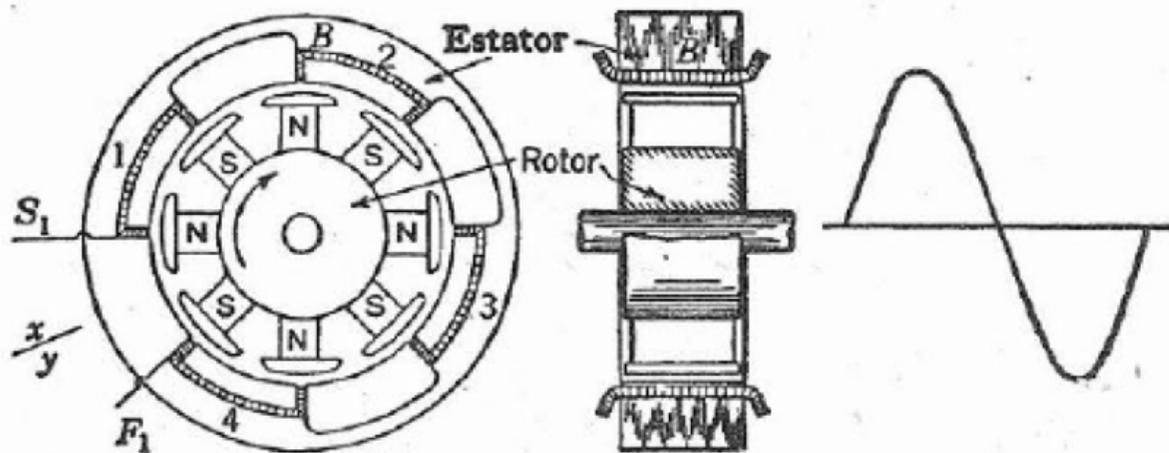


Alternadores e Circuitos Polifásicos

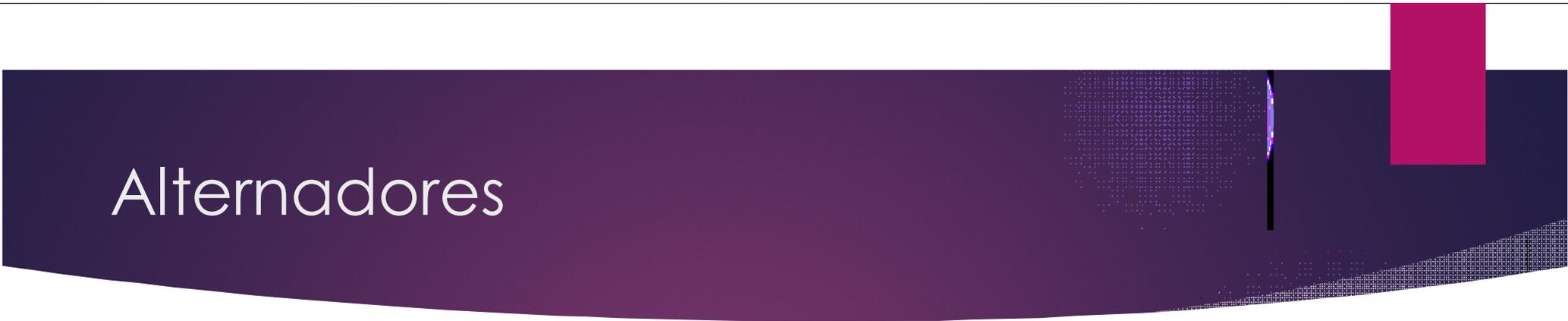
ADRIELLE DE CARVALHO SANTANA

Alternadores

- ▶ Um gerador é qualquer máquina que transforma energia mecânica em elétrica por meio da indução magnética.
- ▶ Um gerador de corrente alternada é chamado de **gerador CA ou Alternador**.
- ▶ A parte fixa que aloja os condutores que são cortados pelo campo rotatório é o **estator (induzido)** e o sistema de campo rotatório compõe o **rotor**.



Alternadores



- ▶ O núcleo do estator (B) é formado por lâminas de aço doce e possui ranhuras na periferia interior, nas quais se acham colocadas as bobinas do estator.

Tipos de Alternadores

- ▶ **CLASSIFICAÇÃO PELO TIPO DE EXCITAÇÃO**
- ▶ **Gerador CC de acoplamento direto:** Gerador CC no mesmo eixo do gerador CA para alimentação do campo.
- ▶ **Transformação e retificação do sistema CA:** Depende do magnetismo residual para a indução de tensão CA inicial após a qual o suprimento do campo é feito com tensão retificada do gerador CA.
- ▶ **Integrado sem escova:** Gerador CC no eixo do CA sendo o campo rotativo alimentado diretamente por retificadores, montados sobre o eixo do gerador também, que recebem a tensão diretamente do gerador CC sem coletor e escovas (de onde sai alternada).

Tipos de Alternadores

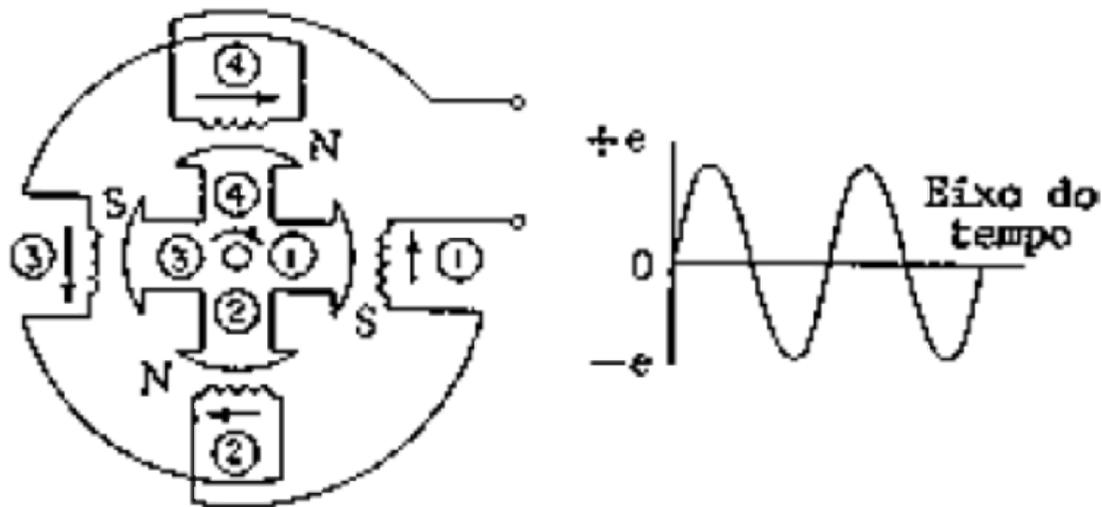
- ▶ **CLASSIFICAÇÃO DE ACORDO COM A QUANTIDADE DE FASES DE SAÍDA**
- ▶ Monofásicos.
- ▶ Bifásicos.
- ▶ Trifásicos.
- ▶ **CLASSIFICAÇÃO DE ACORDO COM A PARTE ROTATIVA**
- ▶ **Induzido rotativo:** Encontrado em alternadores de baixa potência. Normalmente não é usado
- ▶ **Campo rotativo.**

Alternadores

- ▶ Com o induzido estacionário pode-se ligar a carga diretamente a ele sem a necessidade de contatos móveis no circuito de carga (anéis coletores e escovas) os quais se desgastam e geram centelhamento. Geradores de alta tensão são geralmente do tipo campo rotativo.
- ▶ Anéis coletores e escovas são adequados para a alimentação do campo rotativo que trabalha com baixa corrente e tensão.

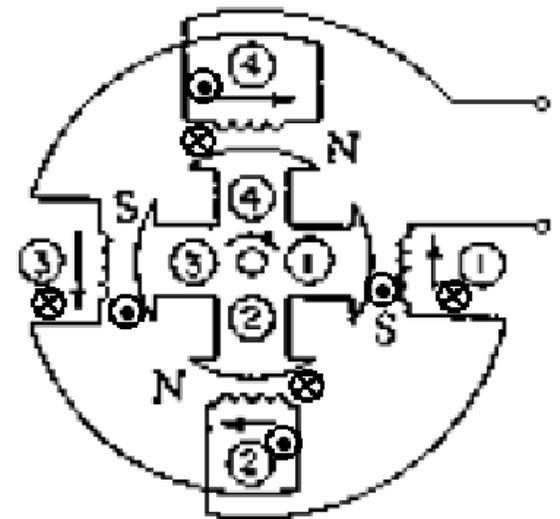
Alternador Monofásico

- ▶ Possui estator com vários enrolamentos em série formando um circuito único onde a saída é coletada. Na figura tem-se um alternador monofásico de quatro polos.
- ▶ O rotor também possui quatro polos e na medida em que ele vai girando uma tensão CA é induzida nos enrolamentos do estator.



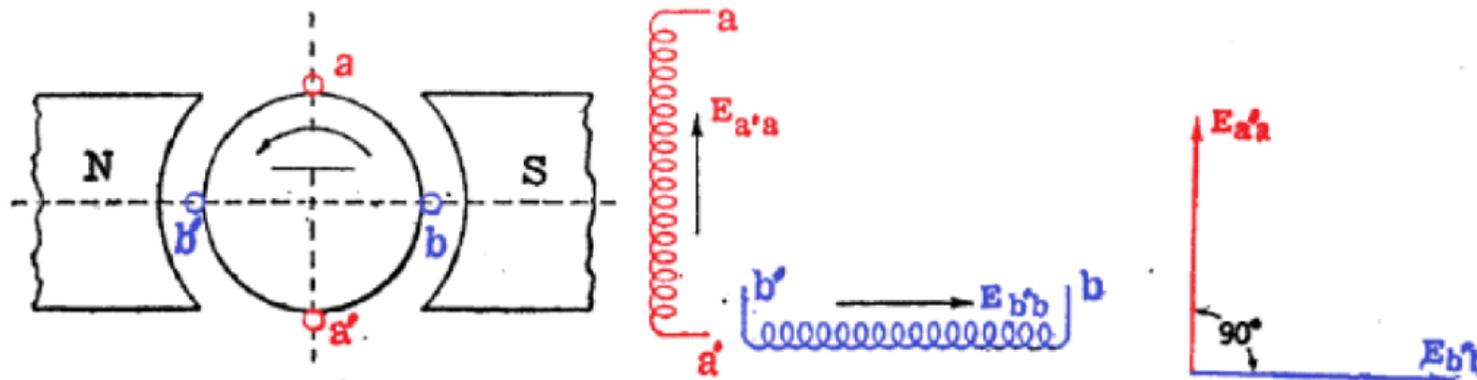
Alternador Monofásico

- ▶ A qualquer momento a posição de cada polo do rotor está com a mesma distância de um enrolamento do estator, que os outros polos e enrolamentos. Assim o mesmo número de linhas de indução é cortado por cada enrolamento do estator (induzido) induzindo as mesmas tensões em cada um.
- ▶ Com os enrolamentos ligados em série, a tensão de cada enrolamento estará em fase com os demais e a tensão de saída será a soma das tensões induzidas em cada enrolamento que é 4 vezes a tensão em qualquer enrolamento sozinho.
- ▶ O sentido das correntes induzidas é ilustrada na figura de acordo com a posição do rotor na figura.

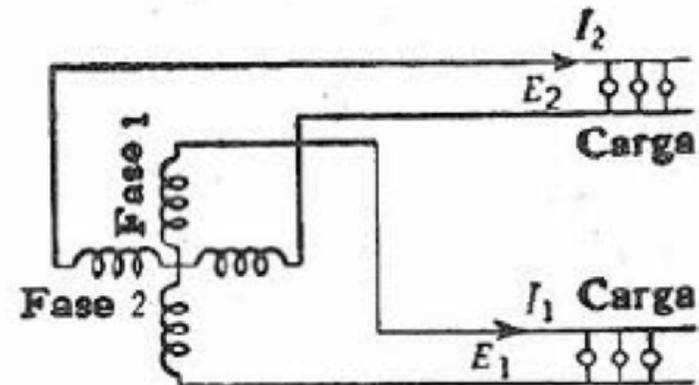
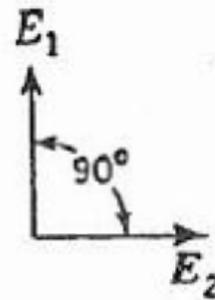
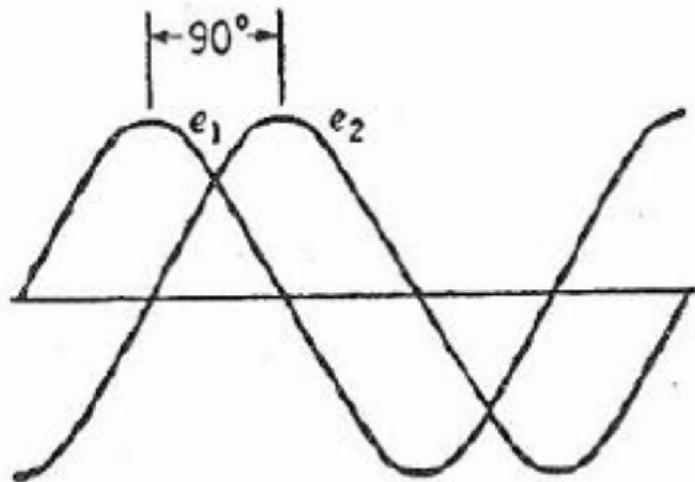


Alternador Bifásico

- ▶ Possuem dois enrolamentos monofásicos independentes espaçados simetricamente ao redor do estator de modo que a tensão CA induzida em um deles está defasada de 90 graus em relação à tensão induzida no outro.
- ▶ Quando um enrolamento está sendo cortado por um fluxo máximo o outro não está sendo cortado por nenhum fluxo mantendo os 90 graus.

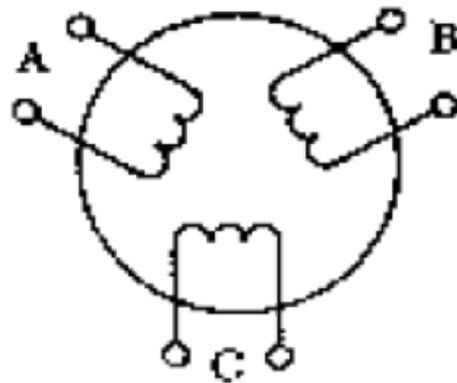


Alternador Bifásico

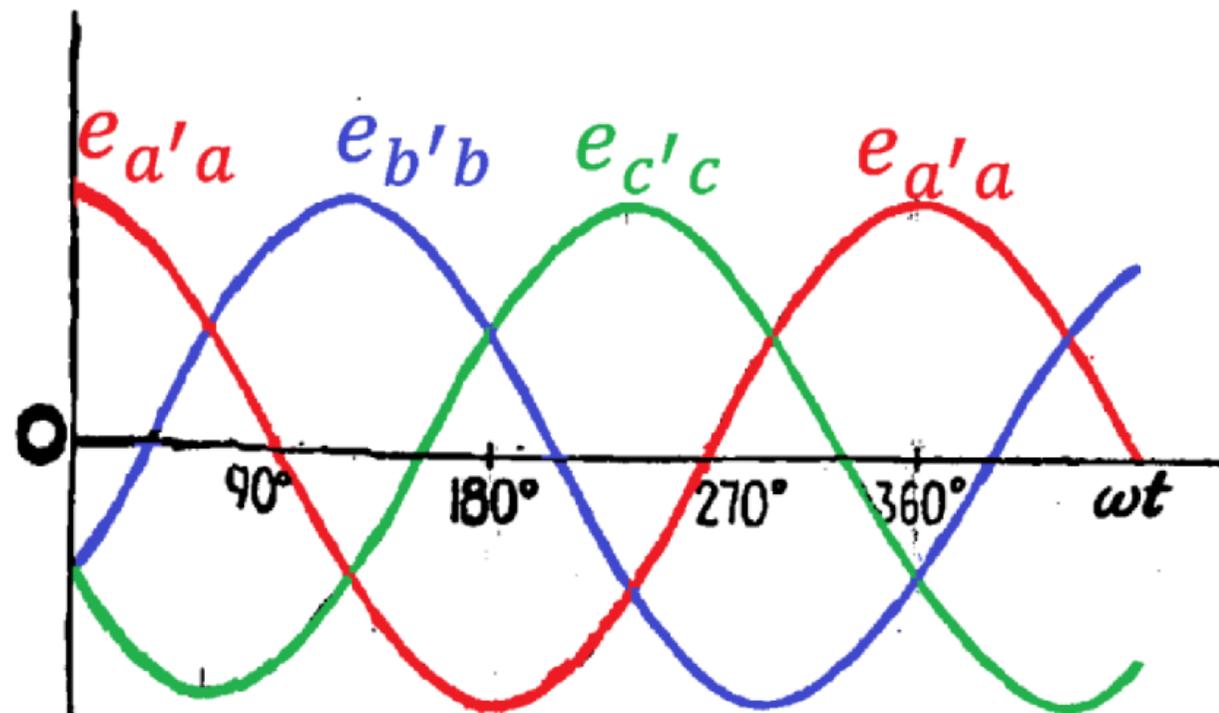
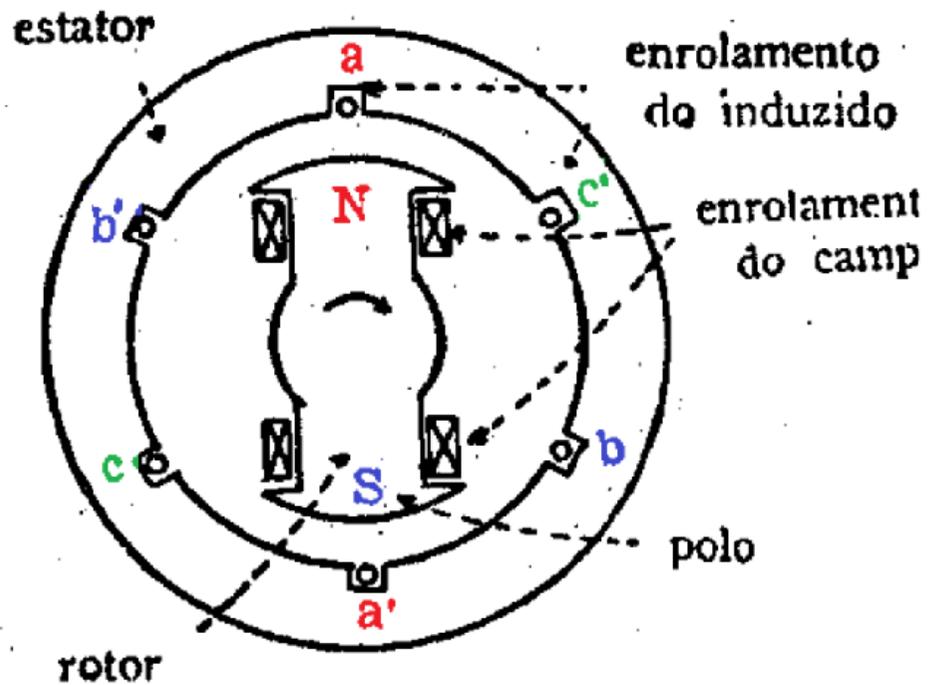


Alternador Trifásico

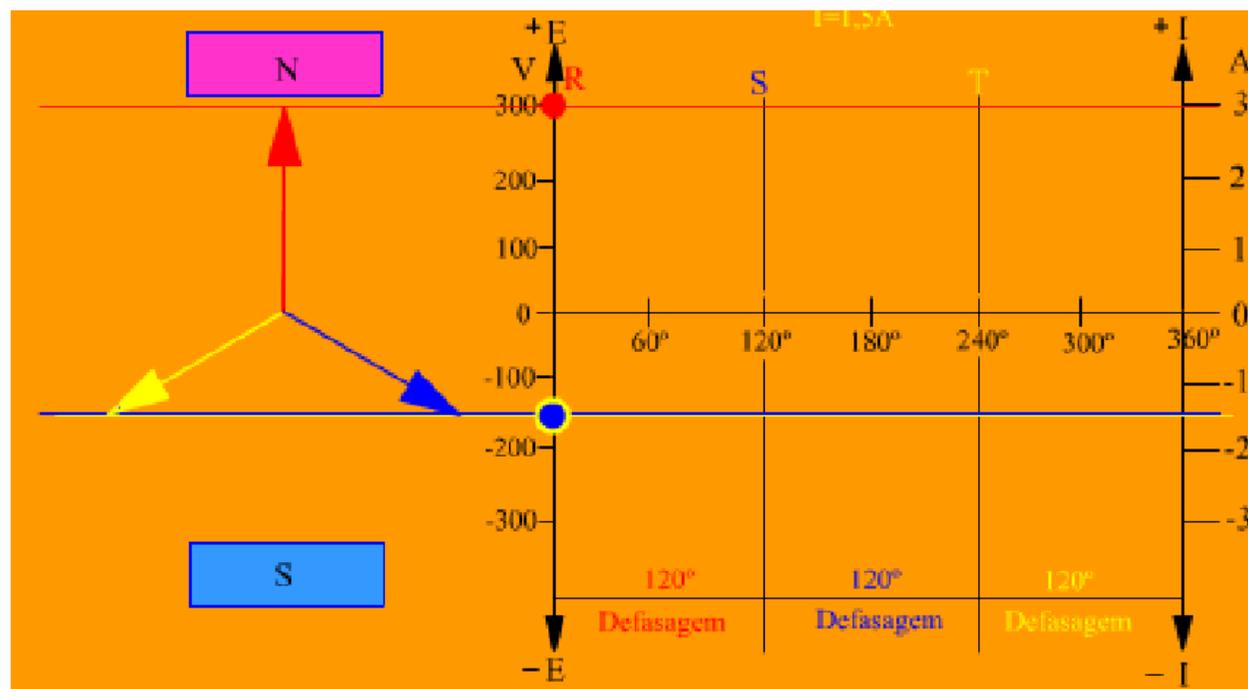
- ▶ O alternador trifásico possui dispostos sobre o estator 3 enrolamentos induzidos, eletricamente defasados de 120 graus entre si, ou seja, as tensões geradas são defasadas entre si de 120 graus.



Alternador Trifásico



Alternador Trifásico



Alternador Trifásico

- ▶ A corrente gerada no induzido de um alternador varia com a carga. Cargas que atrasam o fator de potência tendem a desmagnetizar o campo do alternador e a tensão de saída só é mantida pelo aumento do campo da excitatriz CC (com o aumento da sua corrente). Assim os alternadores são classificados pelo seu KVA, fator de potência, fases, tensão e frequência.
- ▶ Ex.: Gerador CA de 40 KVA, 208 V, 400 ciclos, trifásico e fator de potência de 75%.

Alternador Trifásico

► Frequência do alternador

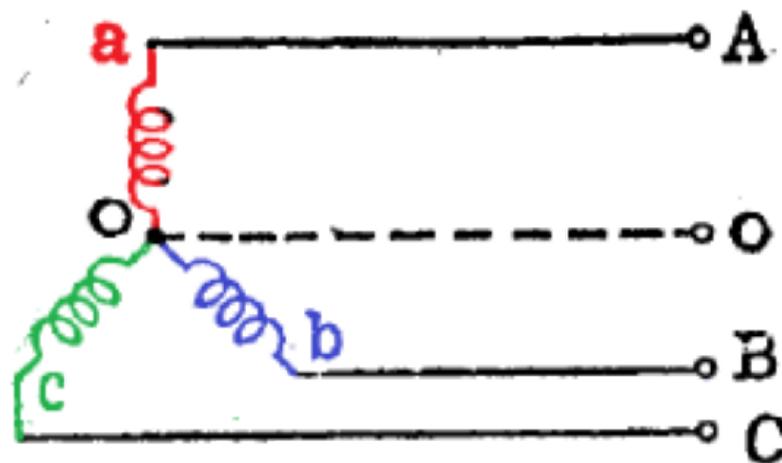
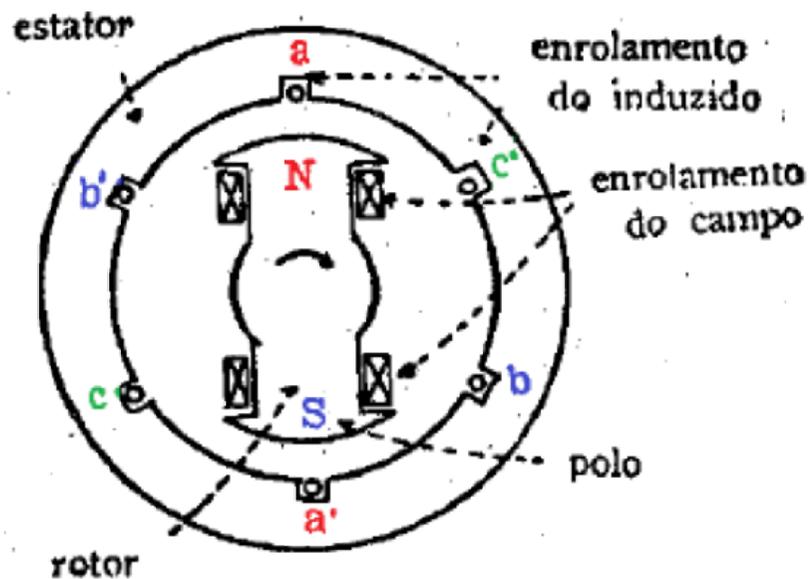
A frequência do alternador em ciclos por segundo (c.p.s.) ou Hz está relacionada com o número de polos e a velocidade de rotação do seu eixo:

$$F = \frac{P}{2} \times \frac{N}{60} = \frac{PN}{120}$$

Ex.: Alternador com 2 polos e 3600 RPM tem frequência de $2 \times 3600 / 120 = 60\text{Hz}$ ou cps.

Ligação em Estrela (Y)

- ▶ Na ligação em estrela os três enrolamentos do alternador são ligados conforme abaixo:

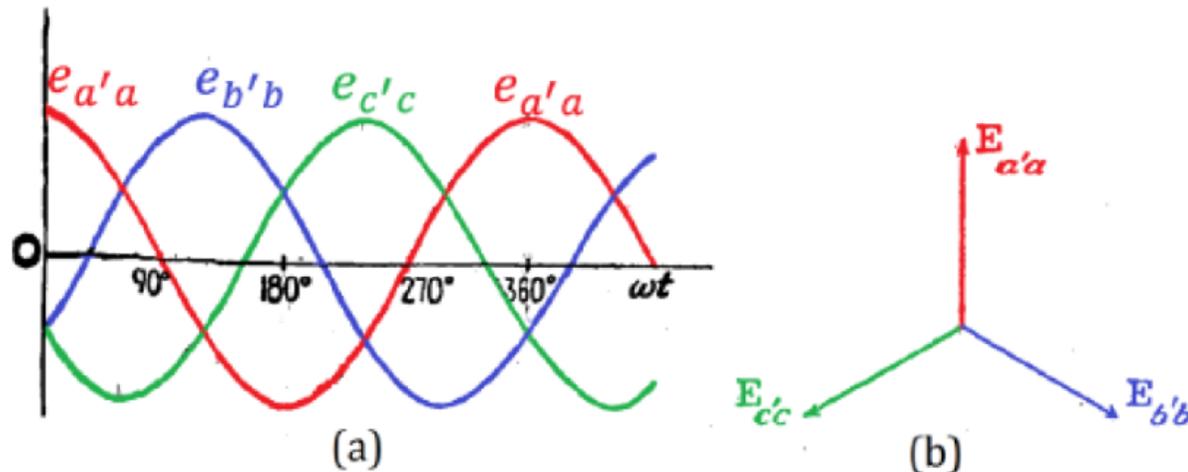


Ligação em Estrela (Y)

$$e_{a'a} = E_m \sin \omega t$$

$$e_{b'b} = E_m \sin(\omega t - 120^\circ)$$

$$e_{c'c} = E_m \sin(\omega t - 240^\circ)$$

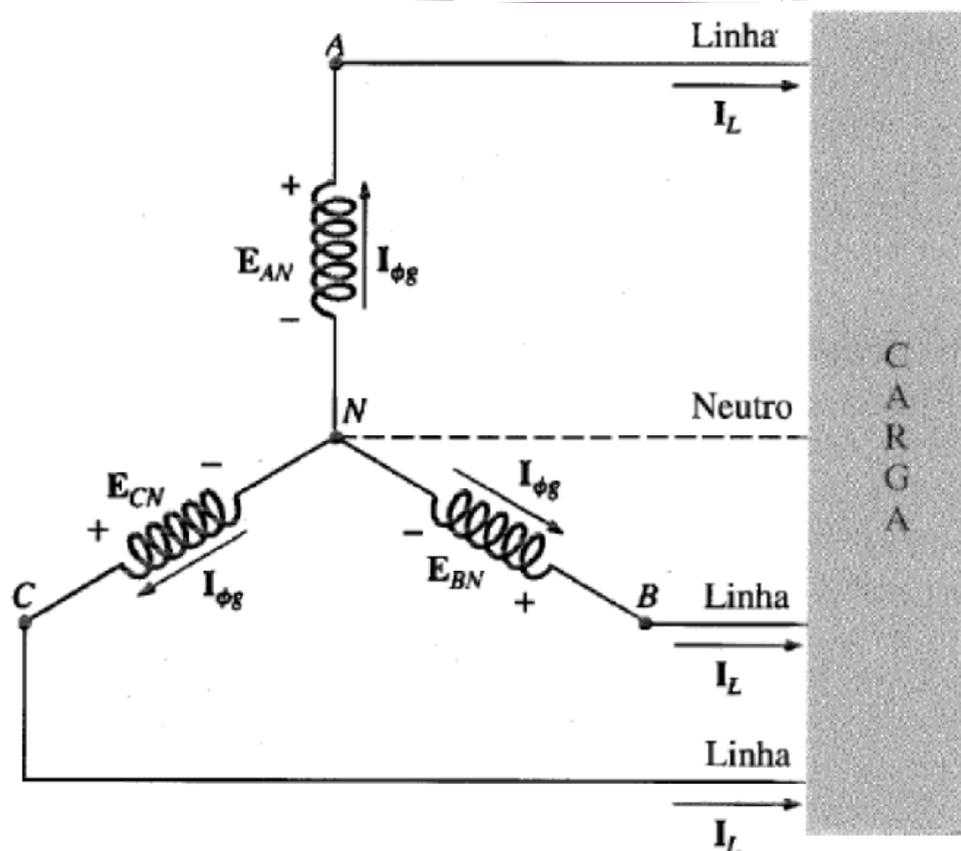


Diagramas senoidal e vetorial das f.e.ms. trifásicas

“Em um sistema trifásico simétrico, a soma dos valores instantâneos das f.e.ms. nas 3 fases é zero.”

“Se o sistema for ainda balanceado, a soma das correntes instantâneas também será 0.”

Ligação em Estrela (Y)



Ligação em Estrela (Y)

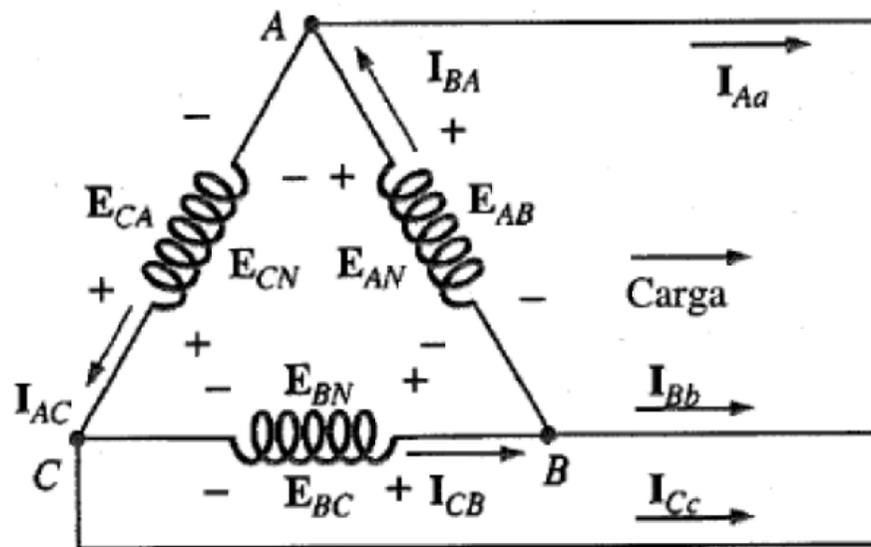
- ▶ O ponto comum é o **neutro**. Quando ele é utilizado tem-se o **gerador trifásico em Y de quatro fios**. Quando não é utilizado tem-se o **gerador trifásico em Y de três fios**.
- ▶ Os condutores A, B e C que conectam o gerador à carga são chamados de **linhas**.
- ▶ Para um sistema conectado em Y observa-se que:

$$I_L = I_f \quad (\text{corrente de linha é igual à corrente de fase})$$

- ▶ A tensão medida entre uma linha e outra é chamada de **tensão de linha**.
- ▶ A tensão medida entre o neutro e uma linha é chamada de **tensão de fase**.
- ▶ Sua relação é dada por: $E_L = \sqrt{3}E_f$

Ligação em Triângulo (Δ)

- ▶ Quando os três enrolamentos do do gerador trifásico são ligados conforme abaixo, tem-se um **gerador CA conectado em Δ trifásico com três fios**.



Ligação em Triângulo (Δ)

- ▶ Observe que nessa configuração:
- ▶ $E_L = E_f$ (tensão de linha é igual a tensão de fase)
- ▶ Já as correntes se relacionam conforme abaixo:
- ▶ $I_L = \sqrt{3}I_f$ (corrente de linha é $\sqrt{3}$ da corrente de fase)

Potência fornecida em circuitos Y ou

► CARGA EQUILIBRADA CONECTADA EM Y

A potência **aparente** em cada fase da ligação em Y é calculada fazendo-se

$$S_f = E_f I_f$$

Mas, $E_L = \sqrt{3}E_f$ ou seja, $E_f = \frac{E_L}{\sqrt{3}}$.

$$E I_f = I_L$$

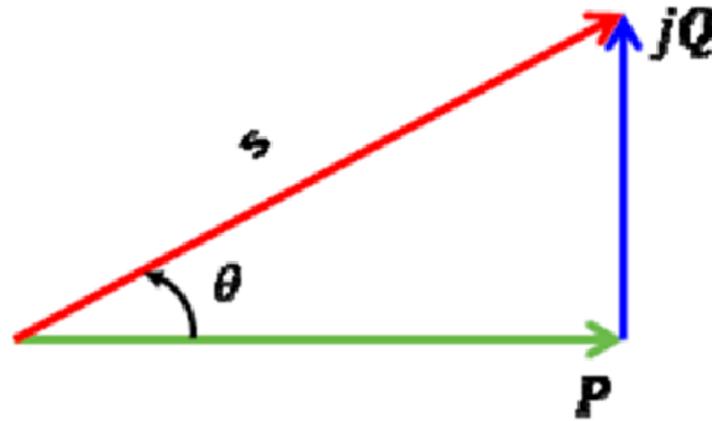
Como a potência aparente total é dada por: $S_T = 3S_f$

Substituindo os valores tem-se que:

$$S_T = \sqrt{3}E_L I_L$$

Potência fornecida em circuitos Y ou

- ▶ Utilizando o triângulo de potências, encontramos as potências **ativa e reativa**:



- ▶ $Q_T = \sqrt{3}E_L I_L \text{sen}\theta$

- ▶ $P_T = \sqrt{3}E_L I_L \text{cos}\theta$

onde θ é o ângulo entre corrente e tensão nas fases

Potência fornecida em circuitos Y ou

► CARGA CONECTADA EM Δ

Como $S=VI$, e em triângulo $I_L = \sqrt{3}I_f$ ou seja, $I_f = \frac{I_L}{\sqrt{3}}$ e $E_L = E_f$ então:

$$S_T = 3S_f \quad \text{e} \quad S_f = E_f I_f \quad \longrightarrow \quad S_T = \sqrt{3}E_L I_L$$

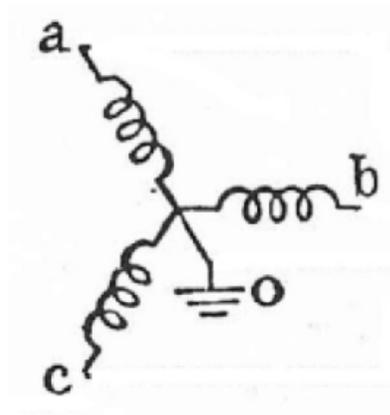
E pelo triângulo de potências obtemos:

$$Q_T = \sqrt{3}E_L I_L \text{sen}\theta$$

$$P_T = \sqrt{3}E_L I_L \text{cos}\theta$$

RESUMO

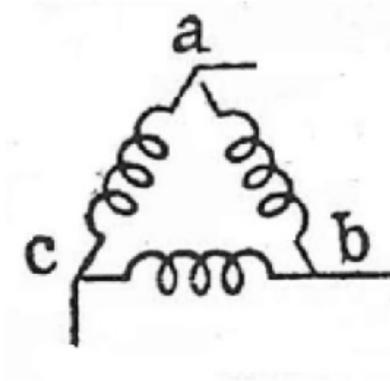
▶ Ligação em estrela (Y):



$$E_{linha} = \sqrt{3} \times E_{fase}$$

$$I_{linha} = I_{fase}$$

▶ Ligação em Triângulo (Δ)



$$E_{linha} = E_{fase}$$

$$I_{linha} = \sqrt{3} \times I_{fase}$$

Placa de motor 3~

WEG W22 Premium

MADE IN BRAZIL

11 6

3 kW(HP-cv) 0.75(1.0) 80 MOTOR INDUCAO - CAGOLA INDUCT. MOTOR-SQUIPHEL CAGE

220/380 V 13 → A 2.87/1.66

1725 RPM 10 → Hz 60 16 → FS SF 1.15 28 → W/H 7.3 14 → F.P. P.F. 0.83

82.6 NOV. EFF. 15 → AMB. 40°C 8 → ISOL INSL F 9 → ΔT 80 K L.F.S. S.F.A. -28

CAI DES N 7 → IP55 REG DUTY S1 ← 4 17 → Alt. 1000 m.asl

22 V → W2 U2 V2 23 V → W2 U2 V2 18 → Kg

220 V → U1 V1 W1 380 V → U1 V1 W1 -6204-ZZ-19

Δ L1 L2 L3 Y L1 L2 L3 -6203-ZZ-20

POLYREX EM-ESSO

21

11310148

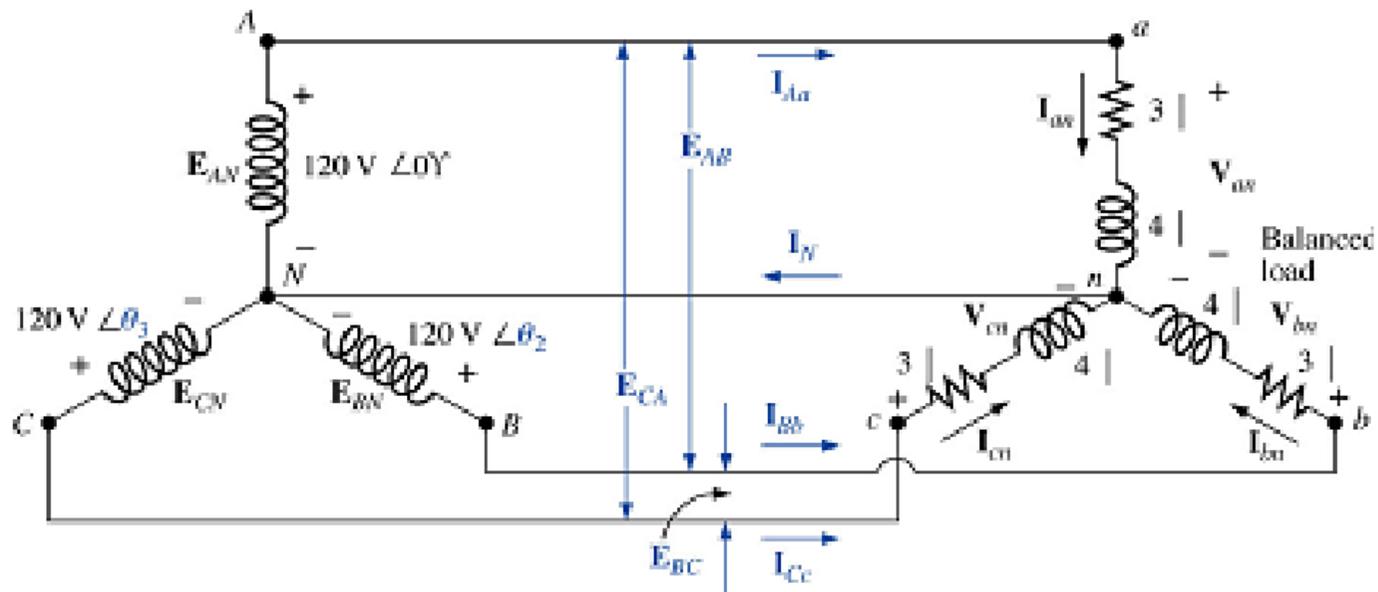
CE RENDIMENTO E FATOR DE POTENCIA APROVADOS PELO INMETRO

PROCEL

NBR - 17094-1:2008

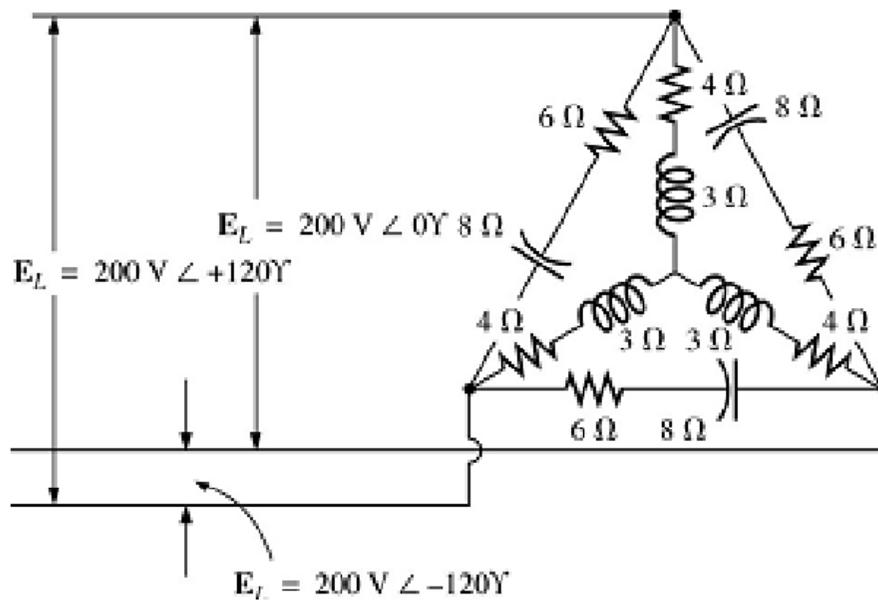
INMETRO

Exemplo 1



- Os ângulos de fase θ_1 e θ_2 ;
- As tensões de linha;
- As correntes de linha;
- Verifique que, como a carga é balanceada, a corrente no neutro é nula ($I_N = 0$);

Exemplo 2



- A potência ativa, reativa e aparente totais;
- O fator de potência da carga.