

NOÇÕES DE MÁQUINAS DE CORRENTE ALTERNADA (ALTERNADORES)

Os geradores de C.A. (ou alternadores), cujo princípio de funcionamento foi estudado nos capítulos sobre produção de força eletromotriz induzida e de corrente alternada senoidal, são constituídos também por um ROTOR e um ESTATOR. Nos alternadores de pequenas capacidades, a construção é semelhante à de dínamo (nome dado às máquinas de C.C.), com as bobinas de campo no estator e o aparecimento da tensão induzida no rotor. Como sabemos, mesmo nos geradores de C.C. a tensão que aparece no enrolamento da armadura é alternada, sendo retificada, para uso externo, pelo comutador. Os geradores de C.A., como é evidente, não precisam de comutador; em seu lugar são dispostos ANÉIS COLETORES, um para cada extremo do enrolamento em que aparece a tensão induzida. Os anéis coletores fazem contato permanente com as escovas, e, por meio destas, são ligados ao circuito externo.

Quando as máquinas produzem tensões altas, é mais comum dispor as bobinas de campo no rotor. A tensão produzida no gerador aparece no enrolamento distribuído pelo estator. Este sistema é mais conveniente, porque a ligação do circuito externo é feita diretamente aos terminais do enrolamento do estator; com a ligação por meio de anéis e escovas sempre há o perigo de

curto-circuito, arcos voltaicos, etc. Os anéis servem então para a alimentação, por C.C., das bobinas de campo. Este tipo de construção também é mais conveniente devido à velocidade com que gira o rotor da máquina; a força centrífuga poderia provocar a saída dos condutores das ranhuras do rotor.

EXCITATRIZ é o nome dado a um gerador de C.C. utilizado para fornecer a corrente necessária à criação do campo magnético, em um alternador.

Há dois tipos básicos de alternadores:

- geradores SÍNCRONOS
- geradores de INDUÇÃO

O alternador SÍNCRONO é o mais comum, e seu funcionamento e sua constituição correspondem ao que foi dito nos parágrafos anteriores.

Os geradores de INDUÇÃO são de construção especial e de aplicação praticamente restrita à alimentação de dispositivos que trabalham com freqüências não comuns (90, 100, 175 ou 180 Hz). As freqüências usuais dos geradores de usinas fornecedoras de energia elétrica são 60 ou 50 Hz.

Os geradores de C.A. também são classificados como

- MONOFÁSICOS e
- POLIFÁSICOS

No gerador monofásico é produzida uma única tensão, pois há um único enrolamento submetido ao campo magnético.

Nas máquinas polifásicas há mais de um enrolamento submetido ao campo magnético, nos quais aparecem tensões independentes, porém iguais. O gerador com três enrolamentos independentes (TRIFÁSICO) é o mais comum.

Internamente ou externamente são efetuadas ligações entre os terminais dos enrolamentos onde aparecem as tensões induzidas, das quais resultam combinações de tensões e características especiais.

Num gerador trifásico são feitos dois tipos de ligação:

- em ESTRELA (Y)
- em TRIÂNGULO (Δ)

Sistemas Trifásicos

Os enrolamentos em que aparecem as tensões induzidas são as FASES do gerador.

Num gerador trifásico as FASES estão distribuídas de tal modo no induzido (parte da máquina em que aparecem as f.e.m. induzidas) que as três tensões obtidas estão defasadas, uma das outras, de 120 graus elétricos.

Na ligação em estrela, representada de acordo com a figura abaixo, os enrolamentos são ligados entre si por meio de um de seus extremos, dando origem a um ponto comum, de onde sai,

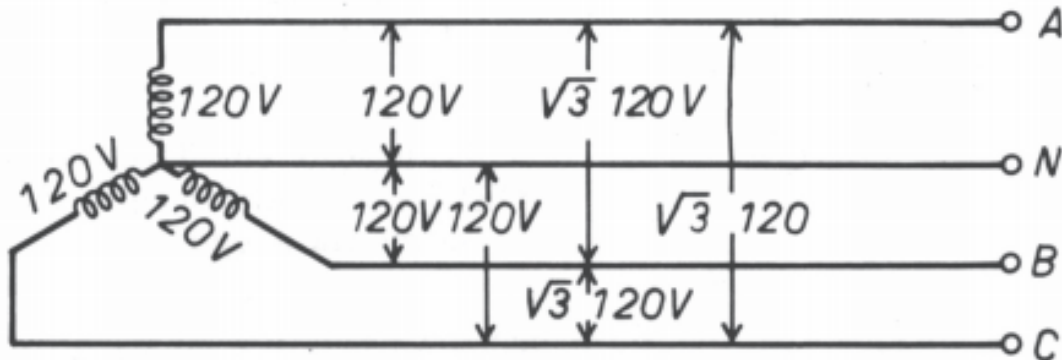


FIG. XXVIII-1

na figura, o fio designado com a letra N (FIO NEUTRO). Dos outros extremos saem os condutores (FIOS FASES) designados com as letras A, B e C.

Como mostra a figura em questão, podem ser obtidos dois valores de tensão: uma tensão menor, entre qualquer fio fase e o neutro (tensão esta igual à induzida num dos enrolamentos), e uma tensão maior, entre dois fios fases quaisquer; no nosso exemplo, 120 V e $\sqrt{3} \times 120 = 207,8$ V aproximadamente.

A intensidade da corrente em um fio fase é igual à intensidade da corrente em cada enrolamento do induzido da

máquina. A intensidade da corrente no fio neutro é a soma vetorial das **correntes de linha**, como são chamadas as correntes nos fios fases.

Para facilidade de expressão, designamos as grandezas em apreço do seguinte modo:

- I_L = corrente de linha
- I_F = corrente de fase
- E_L = tensão entre dois fios fases quaisquer (tensão de linha)
- E_F = tensão induzida em cada enrolamento.

No caso em estudo,

$$I_L = I_F$$

$$E_L = \sqrt{3} E_F$$

Esta última relação é determinada pelo fato de que corresponde à soma vetorial de duas tensões iguais defasadas de 120 graus elétricos, porém uma delas "invertida", o que se consegue com a escolha correta dos terminais dos enrolamentos.

A potência total num sistema trifásico alimentado por um gerador deste tipo é a soma das potências das três fases:

$$P (\text{de uma fase}) = E_F I_F \cos \varphi$$

$$P (\text{do sistema}) = 3 E_F I_F \cos \varphi$$

Mas $E_F = \frac{E_L}{\sqrt{3}}$
e

$$I_F = I_L$$

logo

$$P (\text{do sistema}) = 3 \times \frac{E_L}{\sqrt{3}} \times I_L \times \cos \varphi$$

ou

$$P (\text{do sistema}) = \sqrt{3} E_L I_L \cos \varphi$$

OBSERVAÇÃO: O nosso estudo foi limitado a um sistema equilibrado, em que as cargas são distribuídas igualmente pelas três fases. NESTE CASO PARTICULAR, A CORRENTE NO FIO NEUTRO É NULA.

Na ligação em TRIÂNGULO (ou DELTA), os enrolamentos são ligados como mostra a figura:

Três fios saem do gerador (A, B

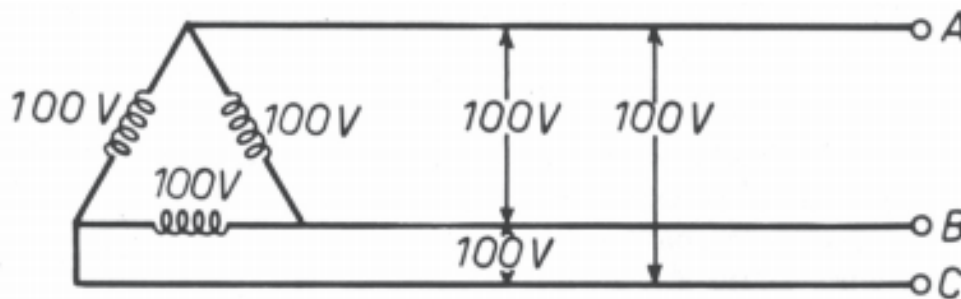


FIG. XXVIII-2

e C), e a tensão entre cada par de fios (E_L) corresponde à tensão induzida em cada enrolamento (E_F). A corrente em cada fio (I_L) que sai do gerador é a soma vetorial das correntes de duas fases:

$$I_L = \sqrt{3} I_F$$

$$E_L = E_F$$

A potência por fase é determinada com a expressão

$$P = E_F I_F \cos \varphi$$

A potência total do sistema é igual a 3 vezes a de uma fase:

$$P = 3 E_F I_F \cos \varphi$$

Mas

$$E_F = E_L$$

e

$$I_F = \frac{I_L}{\sqrt{3}}$$

logo

$$P (\text{do sistema}) = 3 \times E_L \times$$

$$\times \frac{I_L}{\sqrt{3}} \times \cos \varphi$$

ou

$$P (\text{do sistema}) = \sqrt{3} E_L I_L \cos \varphi$$

EXEMPLOS:

1 – A corrente de fase em um sistema triângulo equilibrado é de 10 A. Qual o valor da corrente de linha?

SOLUÇÃO:

$$I_L = \sqrt{3} I_F = 1,732 \times 10 = 17,32 \text{ A}$$

2 – Em um sistema trifásico estrela equilibrado, a tensão de fase é 120 V. Determinar a tensão de linha.

SOLUÇÃO:

$$E_L = \sqrt{3} E_F = 1,732 \times 120 = 208 \text{ V aprox.}$$

3 – No sistema da Fig. XXVIII-3, determinar I_1 , I_2 , E_1 , E_2 , Z_1 , Z_2 e Z_3 . Trata-se de um circuito equilibrado. .

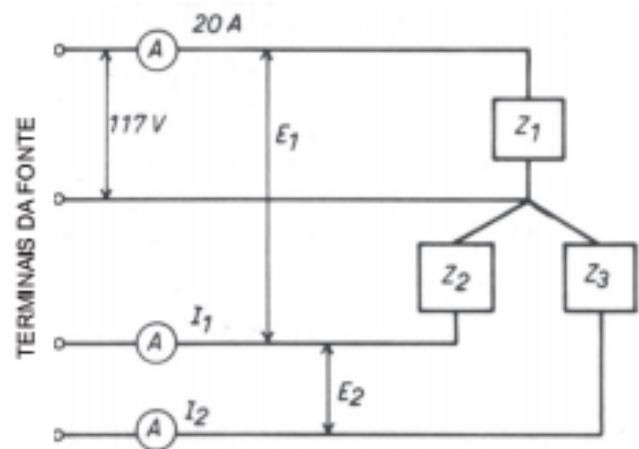


FIG. XXVIII-3

SOLUÇÃO:

$$I_1 = I_2 = 20 \text{ A}$$

$$E_1 = E_2 = \sqrt{3} \times 117 = 1,732 \times 117 = 202,6 \text{ V}$$

$$Z_1 = Z_2 = Z_3 = \frac{117}{20} = 5,85 \text{ ohms}$$