



## MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO

INSTITUTO FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

REITORIA

Avenida Rio Branco, 50 – Santa Lúcia – 29056-255 – Vitória – ES

27 3357-7500

## CONCURSO PÚBLICO EDITAL Nº 03 / 2015

**Professor do Magistério do Ensino Básico, Técnico e Tecnológico**

<b>ÍNDICE DE INSCRIÇÃO</b>	306/307/308
<b>CAMPUS</b>	São Mateus/Guarapari/Serra
<b>ÁREA/SUBÁREA</b>	Engenharia Elétrica I

### PROVA DE CONHECIMENTOS ESPECÍFICOS | DISCURSIVA MATRIZ DE CORREÇÃO

#### QUESTÃO 01

Tensões no gerador – sequência positiva

$$V_{AB} = 150 \angle 0^\circ \text{ [V]}$$

$$V_{BC} = 150 \angle -120^\circ \text{ [V]}$$

$$V_{CA} = 150 \angle 120^\circ \text{ [V]}$$

**a) Valor: 6 pontos**

a.1) Correntes de fase:

$$I_{AB} = \frac{V_{AB}}{Z_2} = \frac{150 \angle 0^\circ}{15 \angle 30^\circ} = 10 \angle -30^\circ \text{ [A]}$$

Uma vez que a Carga 2 está equilibrada:

$$I_{BC} = 10 \angle -30^\circ - 120^\circ = 10 \angle -150^\circ \text{ [A]}$$

$$I_{CA} = 10 \angle -30^\circ + 120^\circ = 10 \angle 90^\circ \text{ [A]}$$

a.2) Correntes de linha:  $30^\circ$  atrasadas em relação às de fase ( $I_L = \sqrt{3} \angle -30^\circ I_F$ ).

$$I_A = \sqrt{3} \angle -30^\circ \cdot I_{AB} = \sqrt{3} \angle -30^\circ \cdot 10 \angle -30^\circ = 10\sqrt{3} \angle -60^\circ \text{ [A]}$$

$$I_B = \sqrt{3} \angle -30^\circ \cdot I_{BC} = \sqrt{3} \angle -30^\circ \cdot 10 \angle -150^\circ = 10\sqrt{3} \angle -180^\circ \text{ [A]}$$

$$I_C = \sqrt{3} \angle -30^\circ \cdot I_{CA} = \sqrt{3} \angle -30^\circ \cdot 10 \angle 90^\circ = 10\sqrt{3} \angle 60^\circ \text{ [A]}$$

**b) Valor: 6 pontos**

Na carga 1, a corrente de linha dado no enunciado é  $I_{C1} = 20\angle 120^\circ$  [A]. A tensão sobre a impedância  $Z_1$  conectada ao nó C do gerador é calculada como:

$$V_{C1} = V_F = \frac{V_L}{\sqrt{3}\angle 30^\circ}$$

$$V_C = \frac{V_{CA}}{\sqrt{3}\angle 30^\circ} = \frac{150\angle 120^\circ}{\sqrt{3}\angle 30^\circ} = \frac{150\angle 90^\circ}{\sqrt{3}}$$

Para calcular a potência, antes calcula-se o ângulo de fase entre  $V_F$  e  $I_F$ , neste caso,  $V_C$  e  $I_{C1}$ :

$$\phi = \Delta\phi_{V_C I_{C1}} = 90^\circ - 120^\circ = -30^\circ$$

Potência ativa:

$$P_{3\phi} = \sqrt{3}V_L I_L \cos(\phi) = \sqrt{3}V_{CA} I_{C1} \cos(\phi)$$

$$P_{3\phi} = \sqrt{3} \times 150 \times 20 \times \cos(-30) = \sqrt{3} \times 150 \times 20 \times 0,87$$

$$P_{3\phi} = 2610\sqrt{3}W$$

Potência reativa

$$Q_{3\phi} = \sqrt{3}V_L I_L \sin(\phi) = \sqrt{3}V_{CA} I_{C1} \sin(\phi)$$

$$Q_{3\phi} = \sqrt{3} \times 150 \times 20 \times \sin(-30) = \sqrt{3} \times 150 \times 20 \times 0,50$$

$$Q_{3\phi} = 1500\sqrt{3} \text{ VAR}$$

**c) Valor: 6 pontos**

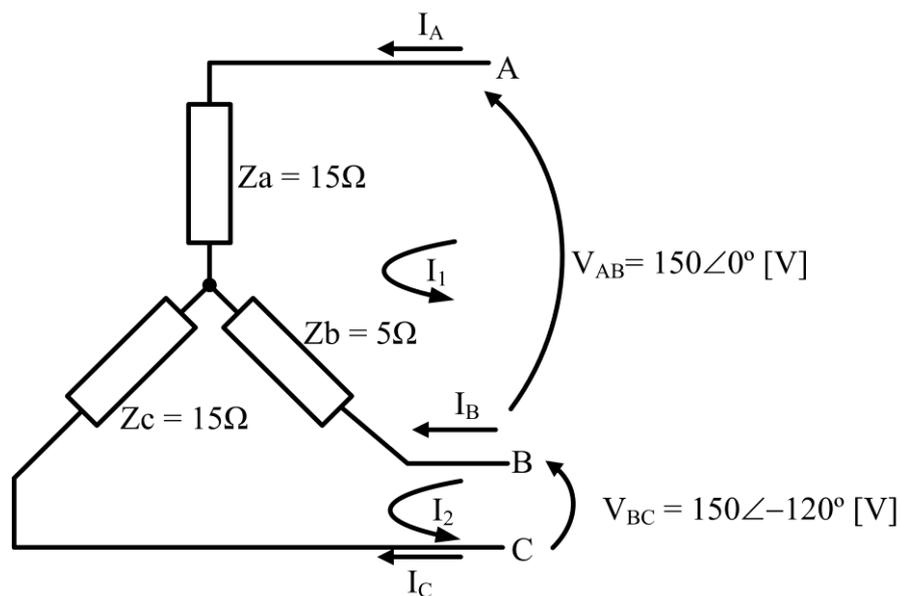


Figura 1: carga 3 em estrela.

Utilizando a Lei de Kirchhoff para Tensões (LKT) para analisar a carga 3, temos:

Malha  $I_1$ :  $20I_1 - 5I_2 = 150\angle 0^\circ$  (1)

Malha  $I_2$ :  $-5I_1 + 20I_2 = 150\angle -120^\circ$  (2)

Ao somar (1) + (2)x4

$$+20I_1 - 5I_2 = 150\angle 0^\circ \quad (1)$$

$$-20I_1 + 80I_2 = 600\angle -120^\circ \quad (2)\times 4$$

---

$$0 + 75I_2 = 150\angle 0^\circ + 150\angle -120^\circ$$

$$I_2 = \frac{150\angle 0^\circ + 600\angle -120^\circ}{75} = 2\angle 0^\circ + 8\angle -120^\circ$$

$$I_2 = 2 + 8\cos(-120^\circ) + j8\sin(-120^\circ) = 2 - 4 - j6,96$$

$$I_2 = -2 - j6,96 \text{ [A]}$$

$$I_1 = \frac{150\angle 0^\circ + 5I_2}{20} = \frac{150\angle 0^\circ + 5(2\angle 0^\circ + 8\angle -120^\circ)}{20}$$

$$I_1 = \frac{150\angle 0^\circ + 10\angle 0^\circ + 40\angle -120^\circ}{20} = \frac{160\angle 0^\circ + 40\angle -120^\circ}{20} = 8\angle 0^\circ + 2\angle -120^\circ$$

$$I_1 = 8 + 2\cos(-120^\circ) + j2\sin(-120^\circ) = 8 - 1 - j1,74$$

$$I_1 = 7 - j1,74 \text{ [A]}$$

Correntes de linha:

$$I_A = I_1 = 7 - j1,74 \text{ [A]}$$

$$I_B = I_2 - I_1 = -2 - 6,96 - (7 - j1,74) = -9 - j5,22 \text{ [A]}$$

$$I_C = -I_2 = 2 + j6,96 \text{ [A]}$$

## QUESTÃO 02

**a) Valor: 9 pontos**

Sabe-se que a potência ativa dissipada pela carga resistiva é dada por

$$P = \frac{(v_{0(rms)})^2}{R}. \quad [2.1]$$

Sabe-se que o valor eficaz da tensão de saída do circuito da Figura 1 é dado por

$$v_{0(rms)} = \frac{\sqrt{2}V_{rms}}{2}. \quad [2.2]$$

Assim, substituindo a equação [2.1] em [2.2], tem-se que a potência ativa dissipada pela carga resistiva é dada por

$$P = \frac{(V_{rms})^2}{2R}. \quad [2.3]$$

**b) Valor: 9 pontos**

Sabe-se, por definição, que o fator de potência do circuito da Figura 1 é calculado por

$$FP = \frac{P}{S}, \quad [2.4]$$

onde S é a potência aparente fornecida pela fonte senoidal, e P é a potência ativa fornecida pela fonte senoidal.

Neste circuito a corrente eficaz fornecida pela fonte senoidal é igual corrente eficaz da carga resistiva. Logo a corrente eficaz fornecida pela fonte senoidal é

$$I_{rms} = \frac{V_{0(rms)}}{R}. \quad [2.5]$$

Substituindo [2.2] em [2.5], tem-se que

$$I_{rms} = \frac{\sqrt{2}V_{rms}}{2R}. \quad [2.6]$$

Sabe-se que a potência aparente fornecida pela fonte é dada pelo produto de sua tensão eficaz pela corrente eficaz que flui pelos seus terminais, ou seja,

$$S = V_{rms} I_{rms}, \quad [2.7]$$

logo, substituindo [2.6] em [2.7] tem-se que

$$S = \frac{\sqrt{2}(V_{rms})^2}{2R}. \quad [2.8]$$

Por fim, substituindo [2.3] e [2.8] em [2.4], o fator de potência do circuito será

$$FP = \frac{\frac{(v_{0(rms)})^2}{R}}{\frac{\sqrt{2}(V_{rms})^2}{2R}},$$

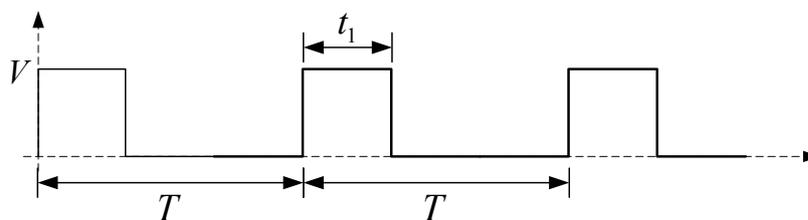
$$FP = \frac{1}{\sqrt{2}},$$

$$FP = \frac{\sqrt{2}}{2}.$$

### QUESTÃO 03

a) Valor: 9 pontos

Conforme se observa na figura abaixo a frequência de um sinal PWM é constante e a amplitude do sinal varia entre zero e um valor constante de tensão. Já a largura do pulso, intervalo de tempo  $t_1$ , pode variar.



A razão cíclica do sinal PWM é definida pela razão

$$k = \frac{t_1}{T},$$

onde  $k$  é a razão cíclica do sinal PWM,  $t_l$  é a largura do pulso e  $T$  é o período do sinal PWM.

b) Valor: 9 pontos

A equação é

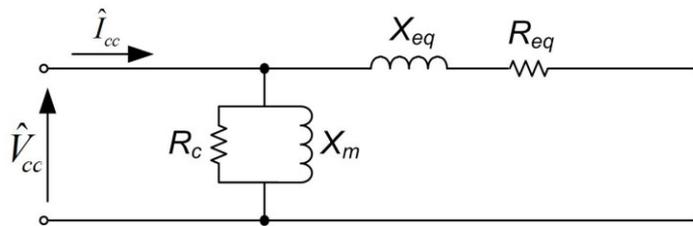
$$V_0 = \frac{1}{1-k} V_{in}.$$

#### QUESTÃO 04

a) Valor: 9 pontos

O **ensaio de curto-circuito** é utilizado para encontrar a impedância equivalente série  $R_{eq} + jX_{eq}$ . Neste ensaio, o curto-circuito é aplicado ao secundário do transformador e a tensão, ao primário. Por conveniência, o lado de alta é tomado usualmente como sendo o primário. Como a impedância equivalente em série é relativamente baixa, uma tensão da ordem de 10 a 15% ou menos do valor nominal, aplicada ao primário, resultará na corrente nominal.

A figura abaixo mostra o modelo L do transformador com o secundário curto-circuitado.



Sendo  $Z_\phi$  a impedância do ramo de excitação, a impedância de curto-circuito  $Z_{CC}$ , olhando para o primário, é

$$Z_{CC} = (Z_\phi) \parallel (R_{eq} + jX_{eq})$$

Como a impedância  $Z_\phi$  do ramo de excitação é muito maior do que  $R_{eq} + jX_{eq}$ , a impedância de curto-circuito pode ser aproximada por

$$Z_{CC} = R_{eq} + jX_{eq}$$

A instrumentação utilizada nesse ensaio mede, em módulo, os valores eficazes da tensão aplicada  $V_{cc}$ , da corrente de curto-circuito  $I_{cc}$ , e da potência  $P_{cc}$ . Baseando-se nestas medidas, a resistência e a reatância equivalentes, referidas ao primário, são dadas por

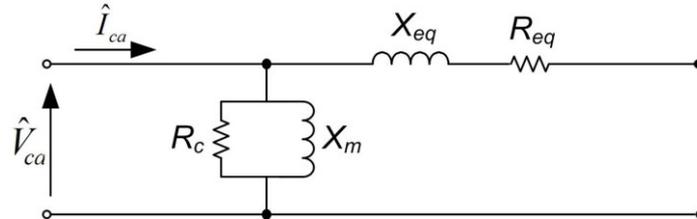
$$R_{eq} = \frac{P_{cc}}{(I_{cc})^2}$$

$$|Z_{CC}| = \frac{V_{cc}}{I_{cc}}$$

$$X_{eq} = \sqrt{|Z_{CC}|^2 - (R_{eq})^2}$$

O **ensaio de circuito aberto (ou a vazio)** é realizado com o secundário em aberto e a tensão nominal aplicada ao primário. Sob essas condições, uma corrente de excitação de alguns poucos por cento da corrente nominal é obtida. Por conveniência, o lado de baixa é tomado usualmente como sendo o primário. Se o primário nesse teste for escolhido como sendo o enrolamento oposto ao usado no ensaio de curto-circuito, deve-se assegurar-se de que as diversas impedâncias medidas sejam referidas ao mesmo lado do transformador.

A figura abaixo mostra o modelo L do transformador com o secundário em aberto.



a impedância de circuito aberto será a igual a impedância do ramo de excitação, ou seja,

$$Z_{ca} = Z_{\varphi} = \frac{R_c (jX_m)}{R_c + jX_m}$$

A instrumentação utilizada nesse ensaio mede, em módulo, os valores eficazes da tensão aplicada  $V_{ca}$ , da corrente de circuito aberto  $I_{ca}$ , e da potência  $P_{ca}$ . Baseando-se nestas medidas, a resistência e a reatância de magnetização, referidas ao primário, são dadas por

$$R_c = \frac{(V_{ca})^2}{P_{ca}}$$

$$|Z_{\varphi}| = \frac{V_{ca}}{I_{ca}}$$

$$X_m = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{1}{|Z_{\varphi}|}\right)^2 - \left(\frac{1}{R_c}\right)^2}}$$

**b) Valor: 9 pontos**

$$P_{ferro} = 300 \text{ W}$$

Do ensaio de curto circuito

$$V_{cc} = 130 \text{ V}$$

$$P_{cc} = 600 \text{ W}$$

$$I_{cc} = \frac{60.000}{3000} = 20 \text{ A}$$

Logo,

$$R_{eq} = \frac{P_{cc}}{(I_{cc})^2} = \frac{600}{400}$$

$$R_{eq} = 1,5\Omega$$

Cálculo do rendimento para 80%:

$$I_{I(80\%)} = \frac{60.000 \times 0,8}{3.000} = 16 \text{ A}$$

$$P_{\text{cobre}} = 16^2 \times 1,5 = 384 \text{ W}$$

$$P_{\text{saída}} = 60.000 \times 0,8 \times 0,7 = 33.600 \text{ W}$$

$$P_{\text{entrada}} = P_{\text{saída}} + P_{\text{ferro}} + P_{\text{cobre}} = 33.600 + 300 + 384 = 34.284 \text{ W}$$

Rendimento:

$$\eta_{80\%} = \frac{33.600}{34.284} = 0,9800 = 98,00\%$$

### QUESTÃO 05

**Valor: 18 pontos**

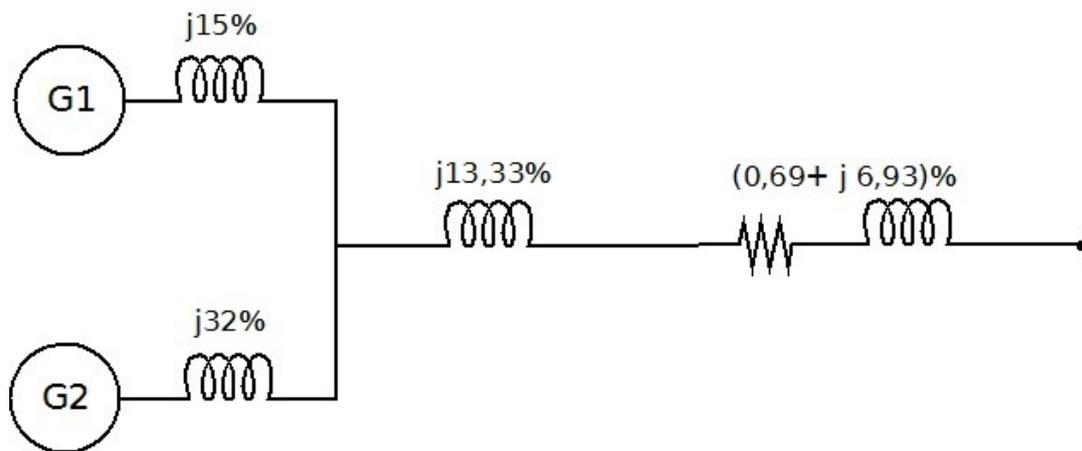
Para o gerador  $G_1$ , a impedância percentual será dada por:  $15 \left( \frac{20}{20} \right) = 15\%$ .

Para o gerador  $G_2$ , a impedância percentual será dada por:  $16 \left( \frac{20}{10} \right) = 32\%$ .

Para o transformador  $T_1$ , a impedância percentual será dada por:  $8 \left( \frac{20}{10} \right) = 13,33\%$ .

Para a linha de transmissão  $L_1$ , a impedância percentual será dada por:

$$(2 + j20) \left( \frac{20 \times 10^6}{(76 \times 10^3)^2} \right) \times 100 = (0,69 + j6,93)\%$$



Assinatura Presidente

Assinatura Membro

\_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ / 2015