



ET 520 - Princípios de Conversão Eletromecânica de Energia

1^a Semestre de 2010 – 2^a Prova – Prof. Edson Bim

Questão 1 (25 PONTOS):

Um gerador síncrono trifásico com seus enrolamentos de armadura conectados em estrela está ligado aos enrolamentos de um banco trifásico formado por três transformadores monofásicos idênticos, cujos dados nominais são 10 kVA, 8.000/230 V, 60 Hz e impedância equivalente $0,065 e^{j80^\circ}$ p.u., se o gerador pode gerar no máximo a tensão de fase $8,2/\sqrt{3}$ kV. Determinar a conexão adequada dos transformadores monofásicos, a impedância equivalente em Ohm (lado de alta), a magnitude da corrente e da tensão **nos enrolamentos primários** para que a carga seja alimentada com a tensão de linha $\sqrt{3}$ 230 V. Os dados das cargas são os seguintes: 5 motores de indução trifásicos, cada um funcionando com 5 kVA e fator de potência 0,82 atrasado, e aquecedores que absorvem 5 kW com fator de potência unitário.

Questão 2 (25 PONTOS):

Os terminais de alta tensão de um banco trifásico constituído por três transformadores monofásicos idênticos são conectados a um sistema alimentador a três fios, cujas tensões de linha são iguais à 13,8 kV. Os terminais de baixa tensão são conectados a uma subestação a três fios que possui uma carga nominal de 1500 kVA e 2,3 kV (linha-linha). Especificar, para o lados de alta e baixa tensões, a tensão, a corrente e o kVA nominais de cada transformador monofásico, com os enrolamentos de alta e de baixa conectados, respectivamente, em

- (a) $\Delta - \Delta$
- (b) $Y - Y$
- (c) $Y - \Delta$
- (d) $\Delta - Y$

Questão 3 (25 PONTOS):

Um transformador monofásico tem uma impedância equivalente de $j0,04$ p.u. As perdas cobre de plena carga são 0,015 p.u. e as perdas em vazio com tensão nominal são 0,01 p.u. O transformador entrega potência de plena carga com tensão nominal e com fator de potência 0,85 atrasado. Determine a eficiência do transformador.

Questão 4 (25 PONTOS):

Dois transformadores monofásicos com os seguintes dados são ligados em paralelo:

- transformador α : 150 kVA, 2.400/240 V, 60 Hz, $Z_{eq}=0,5 + j 1,5 \Omega$ (lado de alta);
- transformador β : 150 kVA, 2.400/240 V, 60 Hz, $Z_{eq}=0,45 + j 1,35 \Omega$ (lado de alta).

O conjunto alimenta uma carga de $S=250 e^{-j23}$ kVA com tensão de $V_c=240$ V, que pode ser tomada como referência para os fasores. Nessas condições, determinar a potência aparente complexa que cada um dos transformadores contribui para a carga, isto é, $S_\alpha = \hat{V}_c \times \hat{I}_{\alpha, carga}^*$ e $S_\beta = \hat{V}_c \times \hat{I}_{\beta, carga}^*$,



ET 520 - Princípios de Conversão Eletromecânica de Energia 1º
Semestre de 2010 – Solução-Prova 2Sub

Questão 1 (2,5 PONTOS):

- (a) $\Delta - Y$
- (b) A impedância equivalente do enrolamento de alta em Ohm é

$$\Rightarrow Z_{eq} = 0,065 e^{j80^\circ} \times \underbrace{\frac{8.000^2}{10.000}}_{Z_{base}} = 416 e^{j80^\circ} \Omega$$

que é a impedância do enrolamento. Como a solução é dada por equivalente Y, este valor deve ser dividido por 3, quando for calculada a tensão por fase.

- (c) A potência aparente total da carga é

$$S_{carga} = 5(5 \times 0,82) + 5 kW + j5(5 \times 0.5724) kVAR = 29,24 e^{j29,28^\circ} kVA$$

Assim, a corrente de carga referida para o lado de alta do Y equivalente é

$$\hat{I}_c = \frac{29,24 kVA/3}{8.000/\sqrt{3}} e^{-j29,28^\circ} = 2,11 e^{-j29,28^\circ} A$$

A tensão de fase no terminal de alta em equivalente Y do transformador é

$$\hat{V}_1 = \left(\frac{416}{3} e^{j80^\circ} \times 2,11 e^{-j29,28^\circ} \right) + 8.000/\sqrt{3} = 4,8093 e^{j2,69^\circ} V \text{ fase Y equivalente}$$

A magnitude da corrente e da tensão nos enrolamentos primários são

$$\Rightarrow I_1 = 2,11/\sqrt{3} = 1,2182 A$$

$$\Rightarrow V_1 = 4,8093 \times \sqrt{3} = 8,33 kV$$

Questão 2 (2,5 PONTOS):

Cada fase terá uma potência de 500 kVA.

(a) $\Delta - \Delta$

Entrada	Primário	Secundário
V	13,8 kV	2,3 kV
I	$62,75/\sqrt{3} A$	217,4 A
S	500 kVA	500 kVA

(b) $Y - Y$

Entrada	Primário	Secundário
V	$13,8/\sqrt{3} kV$	$2,3/\sqrt{3} kV$
I	62,75 A	$217,4\sqrt{3} A$
S	500 kVA	500 kVA

(c) $Y - \Delta$

Entrada	Primário	Secundário
V	$13,8/\sqrt{3} kV$	2,3 kV
I	62,75 A	217,4 A
S	500 kVA	500 kVA

(d) $\Delta - Y$

Entrada	Primário	Secundário
V	13,8 kV	2,3 kV
I	62,75 A	217,4 A
S	500 kVA	500 kVA

Questão 3 (25 PONTOS):

A potência ativa é

$$P_{carga} = 1 \times 0,85 = 0,85 \text{ pu}$$

A eficiência global do transformador será

$$\Rightarrow \eta = \frac{0,85}{0,85 + 0,015 + 0,01} * 100 = 97,14\%$$

Questão 4 (25 PONTOS):

A corrente da carga é

$$\hat{I}_{carga}^* = \frac{\hat{S}}{\hat{V}} = \frac{250kVA}{240} e^{-j23^\circ} = 1.041,67 e^{-j23^\circ} \text{ A}$$

Portanto, $\hat{I}_{carga} = \frac{250kVA}{240} e^{j23^\circ} \text{ A}$.

As correntes $\hat{I}_{\alpha(carga)}$ e $\hat{I}_{\beta(carga)}$ que compõem a corrente de carga, são

$$\hat{I}_{\alpha(carga)} = \frac{0,45 + j1,35}{0,95 + j2,85} \times 1.041,67 e^{j23^\circ} = 493,42 e^{j23^\circ} \text{ A}$$

$$\hat{I}_{\beta(carga)} = \frac{0,5 + j1,5}{0,95 + j2,85} \times 1.041,67 e^{j23^\circ} = 548,25 e^{j23^\circ} \text{ A}$$

A potência aparente complexa que cada um dos transformadores contribui para a carga é

$$\Rightarrow S_{\alpha} = 240 \times (493,42 e^{j23^\circ})^* = 118,4 e^{-j23^\circ} \text{ kVA}$$

$$\Rightarrow S_{\beta} = 240 \times (548,25 e^{j23^\circ})^* = 131,6 e^{-j23^\circ} \text{ KVA}$$