

1- Um alternador síncrono de polos lisos possui quatro polos, está ligado em estrela e apresenta potência nominal igual a 20kVA. Em vazio a tensão entre os terminais é igual a 440 V, quando o rotor da máquina gira a 1800 rpm e a corrente de campo é ajustada em 2 A. Sabe-se que a reatância síncrona da máquina em 60 Hz vale 15 Ω/fase e que o circuito magnético da máquina pode ser considerado linear.

- Determine o valor da corrente de curto circuito trifásico, quando a máquina é acionada em 1800 rpm e a corrente de campo é ajustada em 2 A.
- Determine o valor da corrente de curto circuito trifásico, quando a máquina é acionada em 1800 rpm e a corrente de campo é ajustada em 5 A.
- Determine o valor da tensão nos terminais da máquina e da potência ativa fornecida a uma carga resistiva ligada em estrela (15 Ω/fase), quando se ajusta a corrente de campo em 2 A e a velocidade em 1800 rpm. Nesta condição qual o valor do torque desenvolvido?
- Determine o valor da tensão nos terminais da máquina e da potência ativa fornecida a uma carga resistiva ligada em estrela (15 Ω/fase), quando se ajusta a corrente de campo em 2 A e a velocidade em 1500 rpm. Nesta condição qual o valor do torque desenvolvido?
- Calcule a corrente de campo desta máquina quando ela alimenta carga que absorve potência nominal sob tensão nominal, com fator de potência igual a 0.8 indutivo. Admita a velocidade igual a 1800 rpm. Nesta condição qual o valor do torque desenvolvido e da potência ativa fornecida?
- Admita que a corrente de campo e a carga do item e) sejam mantidos. Quais os novos valores de torque desenvolvido e da potência ativa fornecida se a rotação passar a 1500 rpm?

(todas as correntes e tensões no enrolamento trifásico são de fase)

- $I_{cc} = E_o / X_s = 440 / \sqrt{3} / 15 = 16,93 \text{ A}$
- Se $I_{campo} = 5 \text{ A}$ então a 1800 rpm
 $E_o = 2,5 \times 440 / \sqrt{3}$ (circuito magnético linear)
e $I_{cc} = E_o / X_s = 2,5 \times 17 = 42,5 \text{ A}$
- $E_o = 440 / \sqrt{3}$ e $R = 15 \text{ ohms}$
 $V = R * E_o / (R + jX_s) = 15 E_o / (15 + j15) = 179,6 \text{ V}$
 $P = 3 V^2 / R = 6453 \text{ W}$
 $n = 1800 \text{ rpm}$ $n = 30 \text{ rps}$ e $f = pn = 60 \text{ Hz}$
 $\Omega = 2 \pi f / p = 188,5 \text{ rad/s}$ $C = P / \Omega = 34,2 \text{ N.m}$
 δ é o ângulo entre E e V. então $P = 3VE \sin(\delta) / X_s = 6451 \text{ W}$
(diferença erro de truncamento).
- Se $n = 1500 \text{ rpm}$ então $X_s = (5/6) \times 15 = 12,5 \text{ } \Omega/\text{fase}$
e $E_o = (5/6) \times 440 / \sqrt{3} = 211 \text{ V}$
 $V = R * E_o / (R + jX_s) = 12,5 \times 211 / (15 + j12,5) = 162 \text{ } \angle -39$
 $P = 3 * V^2 / R = 5248 \text{ W}$
 $n = 1500 \text{ rpm}$ $n = 25 \text{ rps}$ e $f = pn = 50 \text{ Hz}$
 $\Omega = 2 \pi f / p = 157 \text{ rad/s}$ $C = P / \Omega = 33,4 \text{ N.m}$
 $P = 3VE \sin(\delta) / X_s = 5255 \text{ W}$
- $E_o = V + j X_s I$

$$V = V_{nom} = 254 \text{ V}$$

$$I = 20000 / \sqrt{3} / 440 = 26.24 \text{ A}$$

$$\text{Logo } E_o = V + jX_s I = 254 + j 15 \times 26.24 \quad | \underline{-36.86} = 582 \quad | \underline{32.7}$$

$$\text{Desta forma: } I_{campo} = 2 \times 582 / 254 = 4.58 \text{ A}$$

$$P = 3 \frac{VE}{X_s} \sin \delta = 3 \times 582 \times 254 \times 0.54 / 15 = 15965 \text{ W}$$

$$C = P / \Omega = 84,69 \text{ N.m}$$

$$f) E_o = \frac{1500}{1800} 582 = 485 \text{ V}$$

$$X_s = 12,5 \Omega/\text{fase}$$

$$\text{Carga no item e) } Z = 254/26 \quad | \underline{36.86} = 7.75 + j 5,80 \Omega$$

$$\text{Logo esta carga no item f) } 7.75 + j 5,80 * 1500/1800 = 7.75 + j4.84 \Omega$$

$$V = Z E / (Z + jX_s) = 7.75 + j4.84 * 485 / (12,5 + 7.75 + j4.84) = 233.32 \quad | \underline{-33.93}$$

$$\delta = -33.93^\circ$$

$$P = 3 \frac{VE}{X_s} \sin \delta = 3 * 233 * 485 * 0,558 / 12.5 = 15138 \text{ W}$$

$$C = P / \Omega = 96,55 \text{ N.m}$$

2- Uma máquina síncrona trifásica, rotor cilíndrico, seis polos, estator ligado em estrela, possui potência aparente trifásica nominal 25 kVA, tensão nominal 440 V (linha) e frequência nominal 60Hz. Admita circuito magnético linear e perdas desprezíveis. Girando na rotação de 1200 rpm e com a corrente de campo no rotor igual a 6 A, obteve-se no estator em vazio $E = 440\text{V}$ (linha). Com o estator em curto circuito trifásico, mantidos os valores de rotação e de corrente de campo, a corrente de linha no estator é igual a 163 A. Operando como alternador, a máquina foi ligada a uma carga trifásica configurada em estrela, cuja impedância por fase vale $(2.4 + j3)\Omega$ em 60 Hz.

- Qual o valor da reatância síncrona desta máquina, quando ela gira a 1200 rpm?
- Considere que a rotação da máquina vale 1200 rpm e a corrente de campo 6A. Determine a tensão de linha na carga, bem como a potência ativa absorvida?
- A rotação da máquina é alterada para 900 rpm e a corrente de campo para 8 A. Quais os novos valores de frequência e de tensão de linha nos terminais do alternador?

$$a) X_s = 440/\text{sqrt}(3)/160; \text{ Logo: } X_s = 1.5877 \Omega$$

$$b) V = z * E / (j * x_s + z) = 188.4995 \quad | \underline{-11.04^\circ} \text{ (valor de fase)}$$

$$\delta = -11.04^\circ$$

A tensão de linha valerá $\sqrt{3} \times 188.4995 = 326.50 \text{ V}$

$$P = \frac{3VE}{X_s} \sin(\delta) = 3 \frac{188.4995 \times 440 / \sqrt{3}}{1.5877} \sin(11.04) = 17332 \text{ W}$$

c) O novo valor de frequência será $3 \times \frac{900}{60} = 45 \text{ Hz}$

A rotação diminui de 3/4 e a corrente de campo aumenta de 4/3, logo E_o se mantém $= \frac{440}{\sqrt{3}}$

$$X_s = 1.5877 \times \frac{45}{60} = 1,19 \Omega \quad Z = 2.4 + j 3 \times \frac{45}{60} = 2.4 + j2,25$$

$$V = z * E / (j * x_s + z) = 153.95 | -11.94^\circ \text{ (valor de fase)}$$

$$\delta = -11.94^\circ$$

A tensão de linha valerá $\sqrt{3} \times 203.2558 = 352,05 \text{ V}$

3- Um gerador síncrono de dois polos, rotor cilíndrico, ligação estrela, tensão nominal de 440 V (linha), potência nominal de 50 kVA, trifásico, 60 Hz, necessita de uma corrente de excitação de 7,0 A para apresentar, em vazio, a tensão nominal. Em curto-circuito trifásico mantém a corrente nominal quando a excitação é de 5,5 A .

- Considerando a máquina não saturada, determine a reatância síncrona em Ω /fase. A máquina, além de linear, deve ser considerada sem perdas.
(Resposta: $X_s = 3,04 \Omega$ /fase).
- Este mesmo gerador alimenta, em condições nominais, uma carga trifásica de fator de potência 0,8 capacitivo. Qual a corrente de excitação ? (5,75 A).
- Nas condições da questão, determine a regulação do gerador, o ângulo de potência (δ) e o conjugado mecânico aplicado ao eixo. Desenhe um diagrama fasorial representando as tensões e a corrente. ($\Re = -18\%$; $\delta = 50^\circ$; $C = 106 \text{ Nxm}$)
- Repita os itens (a) e (b) para fator de potência 0,8 indutivo. ($I_{exc} = 11,2 \text{ A}$; $\Re = +60\%$; $\delta = 23,12^\circ$; $C = 106 \text{ Nxm}$).
- Idem para carga resistiva. ($I_{exc} = 8,9 \text{ A}$; $\Re = +27\%$; $\delta = 38,13^\circ$; $C = 132 \text{ Nxm}$).

4- Uma máquina síncrona trifásica, rotor cilíndrico, quatro pólos, estator ligado em estrela, possui potência aparente trifásica nominal 25 kVA, tensão nominal 220 V (linha) e frequência nominal 60Hz. Admita circuito magnético linear e perdas desprezíveis. Girando na rotação de 1800 rpm e com a corrente de campo no rotor igual a 5A, obteve-se no estator em vazio $E = 220 \text{ V}$ (linha). Com o estator em curto circuito trifásico, mantidos os valores de rotação e de corrente de campo, a corrente de linha no estator é igual a 63.5 A. Operando como alternador, a máquina foi ligada a uma carga trifásica configurada em estrela, cuja impedância por fase vale $(4 + j2) \Omega$

a) Qual o valor da tensão *de linha* na carga? Considere a rotação da máquina 1800 rpm e a corrente de campo 5A . (Resp: 173.9V)

b) A rotação da máquina é alterada para 1500 rpm e a corrente de campo para 6A .Quais os novos valores de frequência e de tensão nos terminais do alternador? Resp: frequência 50 Hz e tensão de linha (Resp: 219.7 V)

5) Uma máquina síncrona trifásica, rotor cilíndrico, quatro polos, estator ligado em estrela, possui potência aparente trifásica nominal 75 kVA, tensão nominal 380 V (linha) e frequência nominal 60Hz. Admita circuito magnético linear e perdas desprezíveis. Quando ela gira na rotação de 1800 rpm, com a corrente de campo no rotor igual a 3A, obteve-se no estator em vazio $E = 204V$ (linha). Com o estator em curto circuito trifásico, rotação igual a 1800 rpm e de corrente de campo igual a 6 A, a corrente de linha no estator vale 107 A. A máquina funciona como alternador e foi ligada a uma carga trifásica, ligada em estrela, cuja impedância por fase vale 2Ω com fator de potência igual a 0.8 em 60Hz.

- a) qual o valor da reatância síncrona desta máquina, quando ela gira a 1800 rpm?
(resp: $X_s = 2,2 \Omega$ /fase)
- b) qual o valor da tensão e da corrente de linha na carga? Considere a rotação da máquina igual a 1800 rpm e a corrente de campo 6A. [217.15 V 62.69 A]
- c) caso a corrente de excitação passe a 5 A e a rotação da máquina seja mantida em 1800 rpm, quais seriam os novos valores de frequência, de tensão e de corrente de linha do alternador, quando alimenta a carga anteriormente descrita? [60 Hz 180.95V 52.24A]
- d) caso a rotação da máquina seja alterada para 1500 rpm, mantida a corrente de excitação em 6 A, quais seriam os novos valores de frequência, de tensão e de corrente de linha do alternador, quando alimenta a carga anteriormente descrita?
[50 Hz 197.12 V 60.32A]